

Nederlandse technische afspraak

# NTA 8800:2023

## (nl)

Energieprestatie van gebouwen -  
Bepalingsmethode

Energy performance of buildings -  
Determination method

Vervangt NTA 8800:2022

ICS 91.120.10; 91.140.30

januari 2023

## Programmaraad 'Stelsel energieprestatie gebouwen'



**THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED**

**DEZE PUBLICATIE IS AUTEURSRECHTELJK BESCHERMD**

Apart from exceptions provided by the law, nothing from this publication may be duplicated and/or published by means of photocopy, microfilm, storage in computer files or otherwise, which also applies to full or partial processing, without the written consent of Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut.

Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut shall, with the exclusion of any other beneficiary, collect payments owed by third parties for duplication and/or act in and out of law, where this authority is not transferred or falls by right to Stichting Reprorecht.

Auteursrecht voorbehouden. Behoudens uitzondering door de wet gesteld mag zonder schriftelijke toestemming van Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van fotokopie, microfilm, opslag in computerbestanden of anderszins, hetgeen ook van toepassing is op gehele of gedeeltelijke bewerking.

Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut is met uitsluiting van ieder ander gerechtigd de door derden verschuldigde vergoedingen voor verveelvoudiging te innen en/of daartoe in en buiten rechte op te treden, voor zover deze bevoegdheid niet is overgedragen c.q. rechtens toekomt aan Stichting Reprorecht.

---

Although the utmost care has been taken with this publication, errors and omissions cannot be entirely excluded. Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut and/or the members of the committees therefore accept no liability, not even for direct or indirect damage, occurring due to or in relation with the application of publications issued by Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut.

---

Hoewel bij deze uitgave de uiterste zorg is nagestreefd, kunnen fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten. Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut en/of de leden van de commissies aanvaarden derhalve geen enkele aansprakelijkheid, ook niet voor directe of indirekte schade, ontstaan door of verband houdend met toepassing van door Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut gepubliceerde uitgaven.



---

© 2023 Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut  
www.nen.nl

## Inhoud

### Voorwoord

- 1 Onderwerp en toepassingsgebied
- 2 Normatieve verwijzingen
- 3 Termen en definities
- 4 Symbolen, indexen en afkortingen
- 5 Toepassing en bepaling energieprestatie
- 6 Gebouwbegrenzing en schematisering
- 7 Bepaling warmte- en koudebehoefte
- 8 Transmissie
- 9 Verwarming
- 10 Koeling
- 11 Ventilatie
- 12 Bevochtiging en ontvochtiging
- 13 Bepaling energiegebruik warm tapwater
- 14 Verlichting
- 15 Gebouwautomatisering
- 16 Gebouwgebonden productie van elektriciteit
- 17 Klimaatgegevens

Bijlage A (normatief) Dynamische transparante gebouwelementen

Bijlage B (normatief) Bepaling effectieve interne warmtecapaciteit

Bijlage C (normatief) Bepaling van de warmteweerstand van afzonderlijke constructieonderdelen,  $R_C$

Bijlage D (normatief) Bepaling van maandelijkse warmtetransmissiecoëfficiënten,  $H_{g;mi}$

Bijlage E (normatief) Bepaling van de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt respectievelijk warmteweerstand van bouwmaterialen

Bijlage F (normatief) Equivalentie warmtegeleidingscoëfficiënt van luchtruimten exclusief die van ramen en kozijnen

Bijlage G (normatief) Warmtedoorgangscoëfficiënt van beglazing,  $U_{gl}$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), zonder meerekening van randeffecten

Bijlage H (normatief) Warmtegeleidingscoëfficiënten ( $\lambda$ -waarden) van geselecteerde materialen, toegepast in ramen en kozijnen

Bijlage I (normatief) Forfaitaire waarden voor de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van bouwkundige details en transmissie

Bijlage J (normatief) Bepalingsmethode voor de gedeclareerde waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt en warmteweerstand

Bijlage K (normatief) Bepaling oppervlakte van vlakvormige en lengte van lijnvormige elementen

Bijlage L (normatief) Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de beglazingsrand

Bijlage M (uit EN 15316-4-1) (normatief) Ruimteverwarmingssystemen, verbrandingssystemen (ketels, biomassa) – berekening met productwaarden

Bijlage N (normatief) Warmteopwekkers voor ruimteverwarming, luchtverwarming en plafondstralingssystemen voor verwarming, inclusief kachels (lokaal)

Bijlage O (Op basis van bijlage C van NEN 7120) (normatief) Bepaling elektrisch hulpenergiegebruik voor centrale verwarming met individuele toestellen

Bijlage P (normatief) Bepalingsmethode voor gebiedsmaatregelen

Bijlage Q (Op basis van bijlage Q en E van NEN 7120) (normatief) Bepaling opwekkingsrendement, energiefractie en hulpenergie W/W-, B/W-, L/W- en L/L-warmtepompen voor ruimteverwarming

Bijlage R (Op basis van NEN 7120/A1) (normatief) Grenswaarden voor de minimale verbrandingskwaliteit en het maximale emissieniveau van op biomassa gestookte kachels en ketels ten behoeve van de bepaling van de getalswaarden voor de primaire energiefactor van biomassa

Bijlage S (informatief) Systeemvarianten ventilatiesystemen

Bijlage T (normatief) Bepaling opwekkingsrendement warmtapwatertoestellen ten behoeve van de koppeling met Gaskeur

Bijlage U (normatief) Bepaling rendement douchewaterwarmteterugwinning

Bijlage V (normatief) Regeneratie bronsystemen bij toepassing warmtepompen

Bijlage W (normatief) Bepaling opwekkingsrendement boosterwarmtepompen

Bijlage X (normatief) Significante cijfers

Bijlage Y (normatief) Daglichttoetredingsfactor voor hellende ramen

Bijlage Z (normatief) Vermelding beleidsfactoren NTA

Bibliografie

## Voorwoord

### Doe

NTA 8800 heeft als doel een transparante en eenduidige bepalingsmethode te zijn voor de energieprestatie van gebouwen, gebaseerd op de EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) van de EU. De bepalingsmethode NTA 8800 is binnen randvoorwaarden ontwikkeld, zodat deze door de Rijksoverheid kan worden gebruikt voor het stellen van energieprestatie-eisen in de Nederlandse bouwregelgeving.

### Wijzigingen ten opzichte van vorige edities

NTA 8800:2023 vervangt NTA 8800:2022. In deze nieuwe editie zijn kleine aanpassingen en verduidelijkingen verwerkt als gevolg van o.a. ervaringen in de markt. Ook is alvast rekening gehouden met de overgang van het Bouwbesluit 2012 naar het Besluit bouwwerken leefomgeving. Daarnaast zijn inhoudelijke wijzigingen doorgevoerd op verzoek van de markt. De wijzigingen betreffen onderwerpen waarvoor nieuwe inzichten zijn verkregen, of nieuwe technieken die zich hebben bewezen. Voorbeelden van inhoudelijke wijzigingen zijn:

- het toevoegen van de standaard voor woningisolatie;
- het aanpassen van de  $b_U$ -factor voor de AOR in de basisopname;
- het bepalen van een vastgestelde rekenwaarde voor het hoogteverschil tussen een vloer en het maaiveld voor vloeren die boven het maaiveld zijn gelegen;
- de versimpeling bij het invoeren van elektroboilers:
  - het pricecapprincipe voor de inzet van hernieuwbare elektriciteit in grote warmtedistributiesystemen;
  - de waardering van add-onventilatoren op radiatoren;
- de toevoeging van een grenswaarde voor biomassa-inrichtingen;
- de verschillende verbeteringen bij warmtepompen, zoals:
  - het toevoegen van hogetemperatuurwarmtepompen;
  - het toevoegen van hogetemperatuurbronnen;
  - de waardering van warmtepompen voor tapwater met een mengsel van buitenlucht en ventilatieretourlucht.

In eerdere edities van NTA 8800 zijn NEN 1068 en NEN 7120 opgenomen. Er is naar gestreefd om in NTA 8800 minimaal de technieken als die in de vervangen NEN 7120 en NEN 1068 op te nemen.

De criteria voor selectie van een onderwerp in deze NTA zijn als volgt:

- De techniek is voldoende marktijp en toegepast.
- Toepassing van de techniek levert bewezen aanmerkelijke besparingen (als indicatie is aangehouden een effect van de invloedsfactor op het eindresultaat  $\geq 2\%$ ).
- De techniek is geschikt voor waardering binnen de bouwregelgeving (toetsbaar, eenduidig, handhaafbaar).

## Aansluiting regelgeving

Deze NTA bevat geen eisen aan de energieprestatie van gebouwen, maar bevat de bepalingsmethode waarmee kan worden vastgesteld of aan de eisen wordt voldaan. Deze eisen zijn opgenomen in wet- en regelgeving of instrumenten van de Nederlandse overheid, zoals het Bouwbesluit (te zijner tijd het Besluit bouwwerken leefomgeving), de bepaling van het energielabel of de energieprestatievergoeding (EPV). Ook de definitie van de gebruikte grootheden voor de energieprestatie zijn beleidsmatig vastgesteld en vallen buiten de verantwoordelijkheid van de samenstellers van deze bepalingsmethode. Uit het oogpunt van bruikbaarheid zijn deze in hoofdstuk 5 in de bepalingsmethode opgenomen.

Het voornemen is om NTA 8800:2023 vanaf 1 juli 2023 aan te wijzen in de bouwregelgeving.

Nederland is gebonden aan Europese regelgeving, in dit geval de EPBD (Richtlijn 2010/31/EU van het Europees Parlement en de Raad van 19 mei 2010 betreffende de energieprestatie van gebouwen en Richtlijn 2018/844 van het Europees Parlement en de Raad van 30 mei 2018 tot wijziging van Richtlijn 2010/31/EU betreffende de energieprestatie van gebouwen en Richtlijn 2012/27/EU betreffende energie-efficiëntie (herschikking)). Genoemde Nederlandse wet- en regelgeving is de uitwerking van (o.a.) de EPBD voor Nederland. Deze NTA betreft de methodologie voor het gebouwgebonden energiegebruik overeenkomstig het algemeen, gemeenschappelijk kader in bijlage I van de EPBD, zoals verwoord in artikel 3 van de EPBD.

De EPBD schrijft voor dat er in Europa een set normen voor de bepaling van de energieprestatie van gebouwen is ontwikkeld, de zogenoemde 'EPB standards'. NTA 8800 maakt gebruik van deze EPB-normen, die door NEN zijn gepubliceerd als NEN-EN- en NEN-EN-ISO-normen. Bij de ontwikkeling van NTA 8800 zijn de EPB-normen leidend geweest – ook met het oog op toekomstige wijzigingen – met nationale invulling en aanvulling waar nodig en toegestaan.

Meer informatie over energieprestatie van gebouwen in het kader van de Nederlandse regelgeving is te vinden op [www.gebouwenergieprestatie.nl](http://www.gebouwenergieprestatie.nl).

## Inklapbaarheid

Juist omdat alle situaties (woningbouw, utiliteitsbouw; nieuwbouw, bestaande bouw; eenvoudig, complex) met deze methode bepaald kunnen worden, is dit document zeer omvangrijk geworden. Het is echter niet nodig om alle bepalingen in alle situaties te volgen. Men zou kunnen stellen dat 80 % van wat nodig is voor de doorsnee dagelijkse toepassing, wordt beschreven in 20 % van de tekst. In de tekst staat daarom in voorkomende gevallen aangegeven voor welke situaties de betreffende bepaling wel of niet van toepassing is, en waar een bepaling kan worden vervangen door een eenvoudiger methode of door een forfaitaire waarde. Op deze wijze kan de methode worden 'ingeclapt'.

De forfaitaire waarden zijn principieel anders dan de vaste waarden, die ook in deze NTA worden gebruikt:

— *Vaste waarde*: parameter waarvan de waarde in deze NTA niet door de gebruiker kan worden aangepast.

Vaste waarden worden regelmatig door of namens de Rijksoverheid herzien, maar niet vaker dan eenmaal per 5 jaar, waarbij voorafgaand de consequenties voor beleidsinstrumenten in beeld worden gebracht.

Voorbeelden van vaste waarden zijn het buitenklimaat, de interne warmtelast, enz.

Specifieke waarden van technische gebouwinstallaties of van installatiecomponenten worden bepaald volgens de overeenkomstige Europese bepalingsmethode. Tenzij kan worden

aangetoond dat er daarbij sprake is van een praktijkrendement, wordt aangenomen dat er daarbij sprake is van een rendement onder ideale omstandigheden. In deze NTA zijn de rendementen daarom gecorrigeerd met een praktijkcorrectie met een vaste waarde, eventueel afhankelijk van praktijkomstandigheden. Ook zijn afrondingsregels opgenomen die ervoor zorgen dat eventuele meetverschillen niet leiden tot schijnnauwkeurigheden.

Er mag bij de bepaling van de energieprestatie van een specifiek gebouw niet van een vaste waarde voor het praktijkrendement worden afgeweken voor de bepaling van een publiekrechtelijk vereiste groothed, tenzij er sprake is van:

- meting van het praktijkrendement, of berekening van het praktijkrendement uit projectspecifieke meetresultaten; of
- projectspecifieke berekening van het praktijkrendement volgens een normatieve methode.
- *Forfaitaire waarde*: waarde in deze NTA die een gebruiker van de bepalingsmethode te allen tijde mag gebruiken in plaats van een gebouwspecifieke waarde.

Forfaitaire waarden mogen worden vervangen door een waarde ontleend aan een kwaliteitsverklaring van een toegepast product, materiaal of systeem.

Forfaitaire waarden zijn over het algemeen representatieve waarden, die een gemiddelde geven van wat op dat onderdeel in de praktijk gebruikelijk is. Door dit uitgangspunt wordt de noodzaak om specifieke waarden te gebruiken minder groot. Dit is met name van belang voor situaties waarbij een globale benadering van de energieprestatie van een gebouw voldoende informatie geeft en een grotere mate van nauwkeurigheid beperkte toegevoegde waarde heeft, of voor situaties waarin detailinformatie niet beschikbaar is, bijvoorbeeld omdat kwaliteitsverklaringen ontbreken bij bestaande gebouwen of tijdens een vroege ontwerpfase van een nieuw gebouw.

Uitzondering hierop vormen forfaitaire waarden die bedoeld zijn als vangnet voor parameters waarvan aard en kwaliteit onbekend zijn. In die gevallen wordt in deze NTA een veilige (lees: conservatieve) waarde voorgeschreven, die hoort bij de invoeroptie 'onbekend'.

Parameters waar een grote spreiding in waarden voorkomt, worden zoveel mogelijk opgedeeld in klassen van forfaitaire waarden. Een voorbeeld hiervan is de opdeling van HR-ketels in de klassen HR 100, HR 104 en HR 107.

Voor bestaande bouw is in de NTA vooralsnog op een aantal plaatsen vermeld dat, als de detailinfo onbekend is, dan de energetisch slechtste waarde gekozen moet worden. Soms is de informatie echter niet volledig onbekend, maar slechts gedeeltelijk (bijvoorbeeld: het precieze type ketel is onbekend, maar het is wel bekend dat het een HR-ketel is). In die gevallen zou een 'genuanceerde slechtste waarde' gekozen moeten worden (het slechtste rendement van een HR-ketel).

## **Beleidsfactoren**

In NTA 8800 zijn op diverse plaatsen in de lopende tekst beleidsfactoren opgenomen, om de leesbaarheid te vergroten. Beleidsfactoren zijn vaste waarden die door of namens de overheid worden vastgesteld. Dat wil zeggen dat voor alle berekeningen in het kader van de bouwregelgeving en andere wetten en overheidsbepalingen deze beleidsfactoren gerespecteerd moeten worden. In bijlage Z staat een overzicht van waar de beleidsfactoren worden genoemd.

## Inrichting van de norm – leeswijzer

De eerste vier hoofdstukken zijn algemeen van aard. Vanaf hoofdstuk 5 begint de bepalingsmethode. Deze methode volgt de ‘trias energetica’:

- Eerst wordt het gebouw en eventueel de omgeving in kaart gebracht. Daarmee kan bepaald worden of het gebouw een grote of kleine behoefte aan warmte of koude heeft. Ideaal is een gebouw dat zo weinig mogelijk nodig heeft.
- Vervolgens wordt bepaald hoeveel energie nodig is om aan deze vraag te voldoen. Het is de kunst om de systemen hier zo efficiënt mogelijk op in te richten.
- De energie die dan toch nodig is, moet zoveel mogelijk uit hernieuwbare bronnen komen. Daarom wordt ten slotte het aandeel hernieuwbare energie bepaald.

Tabel 0 geeft de indeling van NTA 8800 schematisch weer.

**Tabel 0 — Indeling NTA 8800**

Algemeen	Inleidende hoofdstukken (onderwerp en toepassingsgebied, normatieve verwijzingen, termen en definities, symbolen, indexen en afkortingen)							Hoofdstuk 1 t/m 4
Energieprestatie	Toepassing en bepaling energieprestatie							Hoofdstuk 5
Gebouw	Gebouwbegrenzing en schematisering							Hoofdstuk 6
	Bepaling warmte- en koudebehoefte							Hoofdstuk 7
	Transmissie							Hoofdstuk 8
Gebouwinstallaties	Verwarming	Koeling	Ventilatie	Bevochtiging en ontvochtiging	Warm tapwater	Verlichting	Gebouw-automatisering	Hoofdstuk 9 t/m 15
Hernieuwbare bronnen	Gebouwgebonden productie van elektriciteit							Hoofdstuk 16
Overig	Klimaatgegevens							Hoofdstuk 17
	Specifieke onderwerpen							Bijlagen

Deze NTA is opgesteld door de projectgroep NTA 8800 onder verantwoordelijkheid van de Programmaraad 'Stelsel energieprestatie gebouwen'. De NTA is ontwikkeld binnen de randvoorwaarden zoals gesteld door en onder verantwoordelijkheid van het Ministerie van BZK. Op het moment van publicatie van deze NTA was de Programmaraad als volgt samengesteld (in alfabetische volgorde):

- Aedes vereniging van woningcorporaties;
- Bouwend Nederland;
- Branchevereniging Nederlandse Architectenbureaus;
- De Woonbond;
- InstallQ;
- ISSO;
- I.V.B.N.;
- Koninklijke NLingenieurs;
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties;
- Nederlandse Vereniging Duurzame Energie;
- NEPROM;
- NVTB (Nederlands Verbond Toelevering Bouw);
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland;
- Techniek Nederland;
- VACpunt Wonen;
- Vastgoedbelang;
- Vereniging Eigen Huis;
- Vereniging Energie-Nederland;
- Vereniging FME-CWM;
- Vereniging van Nederlandse Gemeenten.

## 1 Onderwerp en toepassingsgebied

Deze NTA geeft termen, definities en de methode voor de bepaling van de getalswaarde van de energieprestatie en daaruit afgeleide indicatoren van een gebouw of een deel van een gebouw. Over het algemeen is dit een getalswaarde in kWh/m<sup>2</sup> per jaar, met uitzondering van het aandeel hernieuwbare energie, dat wordt weergegeven als percentage. Het toepassingsgebied strekt zich uit over alle gebouwen van alle gebruiksfuncties waarvoor de (bouw)regelgeving eisen stelt aan de energieprestatie, zoals woningen, woongebouwen en utiliteitsgebouwen, zowel nieuw als bestaand.

Indien aanwezig maken gebiedsmaatregelen voor energie- en warmtelevering deel uit van de energieprestatie van een gebouw. In de bouwregelgeving is bepaald welke maatregelen beschouwd worden als gebiedsmaatregelen en onder welke voorwaarden.

Richtlijnen voor het vaststellen van basisgegevens in de praktijk, bijvoorbeeld in de vorm van een opnameprotocol, vallen buiten het onderwerp en toepassingsgebied van NTA 8800.

De bepalingsmethode betreft uitsluitend gebouwgebonden maatregelen, zoals verwoord in de EPBD, bijlage I. Niet-gebouwgebonden energiegebruik in huishoudens en bedrijven, zoals voor huishoudelijke apparatuur, computers, machines, enz., ook wel aangeduid met gebruikersgebonden energiegebruik, blijft buiten beschouwing. Voor woningen en woongebouwen blijft verder de post verlichting buiten beschouwing, in tegenstelling tot eerdere versies van de energieprestatieberekening. De uitkomst van de berekening van de energieprestatie van een gebouw heeft dus slechts betrekking op een deel van de kWh-stand in de meterkast. Bovendien is er conform de EPBD sprake van een berekening van het primaire energiegebruik, dus inclusief de opwekkings- en distributieverliezen van de energiedrager buiten het gebouw, wat de vergelijking met de meterstand verder compliceert.

De bepalingsmethode geeft een benchmark. De berekening gaat uit van een standaardsituatie, om verschillende gebouwen met elkaar vergelijkbaar te maken. Het werkelijke energiegebruik voor de gebouwgebonden maatregelen kan daarom in de praktijk sterk afwijken van het berekende energiegebruik, onder invloed van het gebruikersgedrag (aantal bewoners of gebruikers van een gebouw, ventilatiegedrag, temperatuurinstelling, gebruik van zonwering, onderhoud en instelling van de apparatuur, enz.), externe invloeden (een zachte of strenge winter, beschaduwing of belemmeringen door belendende percelen, een afwijkende belending) en van de locatie van het gebouw in Nederland.

In NTA 8800 wordt de energieprestatie van een gebouw berekend op basis van de maandmethode. De uurlijkse methode valt buiten het toepassingsgebied van deze NTA; hiervoor wordt naar de EPB-normen verwezen.

## 2 Normatieve verwijzingen

Naar de volgende documenten wordt in de tekst zo verwezen dat de bepalingen ervan geheel of gedeeltelijk ook voor dit document gelden. Bij gedateerde verwijzingen is alleen de aangehaalde editie van toepassing. Bij ongedateerde verwijzingen is de laatste editie van het document (met inbegrip van eventuele wijzigingsbladen en correctiebladen) waarnaar is verwezen, van toepassing.

<b>Normnummer</b>	<b>Titel</b>
NEN 1087:2001	<i>Ventilatie van gebouwen – Bepalingsmethoden voor nieuwbouw</i>
NEN 2580:2007	<i>Oppervlakten en inhouden van gebouwen – Termen, definities en bepalingsmethoden</i>
NEN 2580:2007/C1:2008	
NEN 2778	<i>Vochtwering in gebouwen</i>
NEN 5060:2018+A1:2021	<i>Hygrothermische eigenschappen van gebouwen – Referentieklimaatgegevens</i>
NEN 5087	<i>Inbraakveiligheid van woningen – Bereikbaarheid van daken en gevelelementen: deuren, ramen en kozijnen</i>
NEN 5096	<i>Inbraakwerendheid – Dak- of gevelelementen met deuren, ramen, luiken en vaste vullingen - Eisen, classificatie en beproefingsmethoden</i>
NEN 8087:2001	<i>Ventilatie van gebouwen – Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen</i>
NPR 2068:2022	<i>Thermische isolatie van gebouwen - Vereenvoudigde rekenmethoden</i>
NPR 3378-20	<i>Praktijkrichtlijn gasinstallaties - Sectie gastoestellen en opstellingsruimten - Deel 20: Gasgestookte sfeertoestellen met aansluiting op een rookgasafvoersysteem - Leidraad bij NEN 1078 en NEN 2757</i>
NEN-EN 89	<i>Met gas gestookte warmwatervoorraadtoestellen voor de productie van heet water voor huishoudelijk gebruik</i>
NEN-EN 410	<i>Vlakglas voor gebouwen – Bepaling van de toetredingseigenschappen voor licht en zon van glas</i>
NEN-EN 442-2:2014	<i>Radiatoren en convectoren – Deel 2: Beproefingsmethoden en opgave van de prestatie</i>
NEN-EN 673:2011	<i>Glas voor gebouwen – Bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) – Berekeningsmethode</i>

NEN-EN 674:2011	<i>Glas voor gebouwen – Bepaling van de warmtedoorgangscōefficiēnt (U-waarde) – Methode met afgeschermde verwarmingsplaat</i>
NEN-EN 675:2011	<i>Glas voor gebouwen – Bepaling van de warmtedoorgangscōefficiēnt (U-waarde) – Methode met warmtestroommeter</i>
NEN-EN 1264:reeks	<i>Ingebouwde oppervlakteverwarmings- en koelsystemen met waterdoorstroming</i>
NEN-EN 1745:2020	<i>Metselwerk en metselwerkproducten – Methoden voor het vaststellen van thermische eigenschappen</i>
NEN-EN 12428	<i>Industriële, bedrijfs- en garagedeuren en hekken – Warmtetransmissie – Eisen voor de berekening</i>
NEN-EN 12664:2001	<i>Thermische eigenschappen van bouwmaterialelen en producten – Bepaling van de warmteweerstand volgens de methode met afgeschermde “hot plate” en de methode met warmtestroommeter – Droege en natte producten met een lage en een gemiddelde warmteweerstand</i>
NEN-EN 12667:2001	<i>Thermische eigenschappen van bouwmaterialelen en producten – Bepaling van de warmteweerstand volgens de methode met afgeschermde “hot plate” en de methode met warmtestroommeter – Producten met een gemiddelde en een hoge warmteweerstand</i>
NEN-EN 12939:2000	<i>Thermische eigenschappen van bouwmaterialelen en producten – Bepaling van de warmteweerstand volgens de methoden met de afgeschermde “hot plate” en de warmtestroommeter – Dikke producten met een hoge en een gemiddelde warmteweerstand</i>
NEN-EN 13125	<i>Luiken en zonneschermen - Aanvullende thermische weerstand – Toewijzing van een luchtdoorlatendheidsklasse aan een product</i>
NEN-EN 12831-3:2017	<i>Energieprestatie van gebouwen – Methode voor de berekening van de ontwerpwarmtebelasting – Deel 3: Ontwerpwarmtebelasting en karakterisering van de behoefté aan warm tapwater, Module M8-2, M8-3</i>
NEN-EN 13141-7	<i>Ventilatie van gebouwen - Prestatiebeproeing van onderdelen/producten voor woningventilatie - Deel 7: Prestatiebeproeing van mechanische toe- en afvoereenheden (inclusief warmteterugwinning) met luchtkanalen</i>
NEN-EN 13141-8	<i>Ventilatie van gebouwen - Prestatiebeproeing voor componenten/producten voor woningventilatie - Deel 8: Prestatiebeproeing van mechanische toe- en afvoereenheden (inclusief warmteterugwinning) zonder luchtkanalen</i>

NEN-EN 13142	<i>Ventilatie van gebouwen - Onderdelen/producten voor woningventilatie - Vereiste en optionele prestatiekenmerken</i>
NEN-EN 13162	<i>Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van minerale wol (MW) – Specificaties</i>
NEN-EN 13163	<i>Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxpandeerd polystyreen (EPS) – Specificatie</i>
NEN-EN 13164	<i>Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxtrudeerd polystyreen (XPS) – Specificatie</i>
NEN-EN 13165	<i>Producten voor de thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van hard polyurethaanschuim (PUR) – Specificatie</i>
NEN-EN 13166	<i>Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van fenolschuim – Specificatie</i>
NEN-EN 13167	<i>Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van cellulair glas (CG) – Specificatie</i>
NEN-EN 13168	<i>Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van houtwol – Specificatie</i>
NEN-EN 13169	<i>Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxpandeerd perliet (EPB) – Specificatie</i>
NEN-EN 13170	<i>Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxpandeerde kurk (ICB) – Specificatie</i>
NEN-EN 13171	<i>Producten voor thermische isolatie van gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde (WF) producten van houtvezel – Specificatie</i>
NEN-EN 13203-2:2015	<i>Gasgestookte huishoudelijke warmwatertoestellen - Deel 2: Beoordeling van het energieverbruik</i>
NEN-EN 14063-1	<i>Materialen voor de thermische isolatie en producten – In-situ gevormde geëxpandeerd lichtgewicht kleiproducten (LWA) – Deel 1: Specificatie voor los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14063-2	<i>Producten voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde geëxpandeerd lichtgewicht kleiproducten – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>

NEN-EN 14064-1	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde los gestorte minerale wol producten – Deel 1: Specificatie voor los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14064-2	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde los gestorte minerale wol (MW) producten – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14315-1:2013	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde producten van gespoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 1: Specificatie voor het gespoten hardschuimsysteem vóór installatie</i>
NEN-EN 14315-2	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde producten van gespoten hard polyurethaanschuim (PUR) en polyisocyanurate schuim (PIR) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14316-1	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde thermische isolatie producten van geëxpandeerd perliet (EP) – Deel 1: Specificatie voor gelijmde en los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14316-2	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde thermische isolatie producten van geëxpandeerd perliet (EP) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14317-1	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde thermische isolatieproducten van geëxfolieerd vermiculiet (EV) – Deel 1: Specificatie voor gelijmde en los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14317-2	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde thermische isolatieproducten van geëxfolieerd vermiculiet (EV) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14318-1:2013	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde producten van gegoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 1: Specificatie voor het gegoten hardschuimsysteem vóór installatie</i>
NEN-EN 14318-2	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen – In-situ gevormde producten van gegoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat (PIR) schuim – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde isolatieproducten</i>
NEN-EN 14336:2004	<i>Verwarmingssystemen in gebouwen – Installatie en inbedrijfstelling van watervoerende verwarmingssystemen</i>

NEN-EN 14511-2:2022	<i>Luchtbehandelingsapparatuur, koeleenheden voor vloeistof en warmtepompen met elektrisch aangedreven compressoren voor verwarmen en koelen van een ruimte – Deel 2: Beproevingsomstandigheden</i>
NEN-EN 14511:reeks	<i>Luchtbehandelingsapparatuur, koeleenheden voor vloeistof en warmtepompen met elektrisch aangedreven compressoren voor verwarmen en koelen van een ruimte</i>
NEN-EN 14825	<i>Luchtbehandelingsapparatuur, koeleenheden voor vloeistof en warmtepompen met elektrisch aangedreven compressoren, voor ruimteverwarming en verkoeling – Beproeving en capaciteit op gedeeltelijke laadcondities en berekening van seizoensafhankelijke eigenschappen</i>
NEN-EN 15101-2	<i>Thermische isolatieproducten voor gebouwen – In-situ gevormde los gestorte celluloseproducten (LFCI) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 15316-3:2017	<i>Energieprestatie van gebouwen – Berekeningsmethode voor de systeemenergiebehoefte en het systeemrendement – Deel 3: Distributiesystemen voor verwarming (warm tapwater, warmte en koeling), Module M3-6, M4-6, M8-3</i>
NEN-EN 15316-4-3:2017	<i>Energieprestatie van gebouwen – Berekeningsmethode voor de systeemenergiebehoefte en het systeemrendement – Deel 4-3: Warmteopwekkers, thermische zonne-energie- en fotovoltaïsche systemen, Module M3-8-3,M8-8-3,M11-8-3</i>
NEN-EN 15500-1	<i>Energieprestatie van gebouwen – Meet- en regelapparatuur voor verwarmings-, ventilatie- en luchtbehandelingssystemen – Deel 1: Elektronische regelapparatuur voor afzonderlijke zones – Module M3-5, M4-5, M5-5</i>
NEN-EN 13053	<i>Ventilatie van gebouwen - Luchtbehandelingskasten - Nominale waarden en prestatie voor bouwelementen en bouwgroepen</i>
NEN-EN 16012:2012+A1:2015	<i>Thermische isolatie voor gebouwen – Reflecterende isolatieproducten – Bepaling van de gedeclareerde thermische eigenschappen</i>
NEN-EN 16069	<i>Thermische isolatieproducten voor gebouwen – Fabrieksmatig vervaardigde producten van polyetheenschuim (PEF) – Specificatie</i>
NEN-EN 16147:2017	<i>Warmtepompen met elektrisch aangedreven compressoren – Beproeving van en eisen voor het merken voor huishoudelijke pompen voor warm water</i>
NEN-EN 16430-3	<i>Met behulp van een ventilator werkende radiatoren, convectoren en putconvectoren – Deel 3: Beproeingsmethode en classificatie voor koelingscapaciteit</i>

NEN-EN 16798-5-1:2017	<i>Energieprestatie van gebouwen – Modules M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8 – Ventilatie van gebouwen – Berekeningsmethoden voor de energiebehoefte van ventilatie- en airconditioning systemen – Deel 5-1: Distributie en opwekking – Methode 1</i>
NEN-EN 16809-1	<i>Thermische isolatieproducten voor gebouwen – In-situ gevormde producten van los gestorte polystyreen (EPS) parels en gebonden polystyreen parels – Deel 1: Specificatie voor de gebonden en los gestorte producten vóór installatie (in voorbereiding)</i>
NEN-EN-ISO 6946:2017	<i>Bouwdelen en elementen – Warmteweerstand en warmtedoorgangscoëfficient – Berekeningsmethoden</i>
NEN-EN-ISO 7726	<i>Ergonomie van de thermische omgeving – Instrumenten voor het meten van fysische grootheden</i>
NEN-EN-ISO 8990	<i>Thermische isolatie – Bepaling van de stationaire warmtegeleidings-eigenschappen – Methode met de gekalibreerde en afgeschermde warmtekast</i>
NEN-EN-ISO 9806	<i>Zonne-energie – Thermische zonnecollectoren – Beproeingsmethoden</i>
NEN-EN-ISO 10077-1:2017	<i>Thermische eigenschappen van ramen, deuren en luiken – Berekening van de warmtedoorgangscoëfficient – Deel 1: Algemeen</i>
NEN-EN-ISO 10077-2:2017	<i>Thermische eigenschappen van ramen, deuren en luiken – Berekening van de warmtedoorgangscoëfficient – Deel 2: Numerieke methode voor kozijnen</i>
NEN-EN-ISO 10211:2017	<i>Koude-bruggen in gebouwen – Warmtestromen en oppervlakte-temperaturen – Gedetailleerde berekeningen</i>
NEN-EN-ISO 10456:2008	<i>Bouwmaterialen en bouwproducten – Hygrothermische eigenschappen – Overzicht van ontwerpwaarden en procedures voor de bepaling van gedeclareerde en ontwerp waarden</i>
NEN-EN-ISO 10456:2008/C1:2009	
NEN-EN-ISO 12631	<i>Thermische eigenschappen van vliesgevels – Berekening van de warmtegeleiding</i>
NEN-EN-ISO 13370:2017	<i>Thermische eigenschappen van gebouwen – Warmte-overdracht via de grond – Berekeningsmethoden</i>
NEN-EN-ISO 13789:2017	<i>Thermische eigenschappen van gebouwen – Coëfficiënten voor warmteoverdracht door transmissie en ventilatie – Berekeningsmethode</i>
NEN-EN-ISO 14683	<i>Koudebruggen in gebouwen – Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt – Vereenvoudigde meetmethoden en standaard rekenwaarden</i>

NEN-EN-ISO 15927-4	<i>Hygro-thermische eigenschappen van gebouwen – Berekening en weergave van klimatologische gegevens – Deel 4: Uurlijkse gegevens voor de beoordeling van de jaarlijkse energiebehoefte voor koeling- en verwarmingssystemen</i>
NEN-EN-ISO 52000-1:2017	<i>Energieprestatie van gebouwen – Overkoepelende bepaling van de EPG – Deel 1: algemeen raamwerk en procedures</i>
NEN-EN-ISO 52016-1:2017	<i>Energieprestatie van gebouwen – Energiebehoefte voor warmte- en koude, binnentemperaturen en voelbare en latente warmte- en koellast – Deel 1: Rekenprocedures</i>
NEN-EN-IEC 61215-1	<i>Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval - Part 1: Test requirements</i>
NEN-EN-IEC 61215-1-2	<i>Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval - Part 1-2: Special requirements for testing of thin-film Cadmium Telluride (CdTe) based photovoltaic (PV) modules</i>
NEN-ISO 3046-1:2002	<i>Zuigermotoren met inwendige verbranding – Prestaties – Deel 1: Verklaring over het vermogen, brandstof- en smeerolieverbruik en beproefingsmethoden – Aanvullende eisen</i>
NEN-ISO 9050	<i>Vlakglas voor gebouwen - Bepaling van de lichttoetreding, de directe zontoetreding, de totale zonne-energietoetreding, de ultraviolettoetreding en de hiermee samenhangende factoren</i>
ISO 15099:2003	<i>Thermal performance of windows, doors and shading devices – Detailed calculations</i>
ISO 16269-6	<i>Statistical interpretation of data – Part 6: Determination of statistical tolerance intervals</i>

### 3 Termen en definities

Voor de toepassing van dit document gelden de volgende termen en definities.

#### 3.1

##### **aandeel primair hernieuwbare energie**

aandeel van de totale door het systeem geleverde hernieuwbare energie en restwarmte en/of -koude, uitgedrukt als percentage van de voor de totale opwekking benodigde hoeveelheid primaire energie plus de hoeveelheid hernieuwbare energie en restwarmte en/of -koude

Opmerking 1 bij de term: Het aandeel hernieuwbare energie is inclusief restwarmte en/of -koude.

#### 3.2

##### **aangeleverde energie**

energie, aangegeven per energiedrager, die van over de systeemgrens wordt aangeleverd aan de gebouwinstallaties om de beschouwde installatiefuncties te kunnen vervullen (verwarmen, koelen, ventileren, warm tapwater bereiden, verlichten) of om elektriciteit te produceren

Opmerking 1 bij de term: Voor zonne-energiesystemen en windenergie maken de zonnestraling op zonnepanelen of zonnecollectoren of de kinetische energie van wind geen deel uit van de energiebalans van het gebouw.

Opmerking 2 bij de term: Aangeleverde energie kan worden berekend voor een gedefinieerd energiegebruik of het kan worden gemeten. Voor de bepaling van de energieprestatie volgens NTA 8800 is gemeten energiegebruik niet van toepassing.

#### 3.3

##### **aangrenzende onverwarmde ruimte**

##### **AOR**

aangrenzende ruimte die niet wordt verwarmd of gekoeld ten behoeve van het verblijven van mensen

Opmerking 1 bij de term: Deze term is nader gespecificeerd in 6.3.

Opmerking 2 bij de term: Hierbij kan worden gedacht aan een buitenbergruimte, een industriefunctie die wordt verwarmd ten behoeve van het in het gebouw aanwezige bedrijfsproces, zoals een tuinbouwkas, of een bijkeuken wanneer deze niet als verblijfsruimte is aangemerkt en aan een aantal bouwkundige voorwaarden (zie 6.3.2) voldoet.

#### 3.4

##### **aangrenzende ruimte**

buiten de begrenzing voor de energieprestatieberekening gelegen besloten ruimte, die grenst aan (een deel van) het beschouwde gebouw waarvoor de energieprestatieberekening wordt uitgevoerd

#### 3.5a

##### **aangrenzende verwarmde ruimte**

##### **AVR**

aangrenzende ruimte die wordt verwarmd of gekoeld ten behoeve van het verblijven van mensen

Opmerking 1 bij de term: Deze term is nader gespecificeerd in 6.3.

Opmerking 1 bij de term: Hierbij kan worden gedacht aan een industriefunctie die wordt verwarmd ten behoeve van het verblijven van mensen of een industriefunctie waarbij de binnentemperatuur als gevolg van het productieproces continu op minimaal 15 °C wordt gehouden.

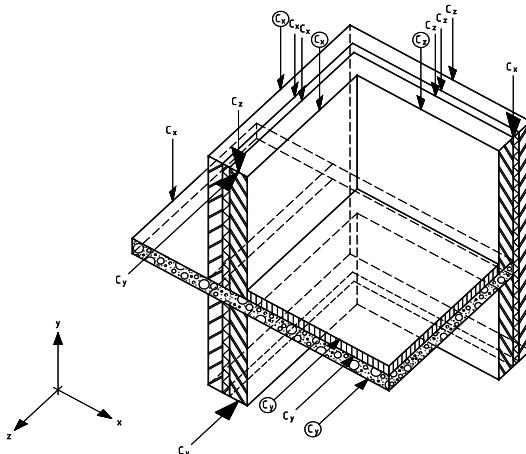
**3.5b****adiabatisch vlak**

vlak waarover geen warmte-uitwisseling plaatsvindt

**3.6****afsnijvlakken**

constructievlakken die de begrenzing vormen van het geometrisch 3D- of 2D-model door het model af te scheiden van de rest van de constructie

Opmerking 1 bij de term: Zie figuur 3.1.

**Legenda**

C<sub>x</sub> zijn constructievlakken op de x-as

C<sub>y</sub> zijn constructievlakken op de y-as

C<sub>z</sub> zijn constructievlakken op de z-as

Afsnijvlakken zijn met vergrote pijlen aangegeven. Vlakken die flankerende elementen afscheiden van het centrale element, zijn omcirkeld.

**Figuur 3.1 — Voorbeeld van een 3D-model waarin de constructievlakken zijn aangegeven**

**3.7a****aftapwarmte**

warmte die wordt (bij)geproduceerd in bijvoorbeeld een elektriciteitscentrale, waarbij bewust de keuze wordt gemaakt om minder elektriciteit te produceren en meer warmte te leveren

**3.7b****afvalverbrandingsinstallatie****AVI**

installatie die specifiek is bestemd voor het verbranden van afval

**3.8a****apparatuur**

energie gebruikende apparatuur, anders dan gebouwinstallaties voor verwarming, koeling, bevochtiging en ontvochtiging, ventilatie, verlichting of warm tapwater

Opmerking 1 bij de term: Bedoeld zijn hier liften, roltrappen, computers, beeldschermen, printers, (af)wasmachines e.d.

Opmerking 2 bij de term: In Europese energieprestatienormen aangeduid met 'other services'.

### **3.8b**

#### **basismodus**

alle uren dat de elektrische opwekker wordt ingezet, die niet vallen onder de flexmodus

Opmerking 1 bij de term: In de basismodus wordt gerekend met de primaire energiefactor en CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de aangeleverde energie. Het elektriciteitsverbruik in de basismodus wordt, net als de daarmee geproduceerde warmte, niet als hernieuwbaar gewaardeerd.

### **3.9**

#### **belemmering**

alle obstakels die, gezien vanaf de grond, de bepaling van het effect van beschaduwing belemmeren, doordat zij een belemmering vormen voor de zonnestraling bij een zonnestand *onder* een bepaalde hoogte

VOORBEELDEN Gebouw of gebouwdelen op het eigen perceel.

### **3.10**

#### **benuttingsfactor voor warmteverlies**

factor waarmee de transmissie- en ventilatiewanterverliezen in een bepaalde maand worden gereduceerd om de resulterende vermindering van de koudebehoefte te verkrijgen

### **3.11**

#### **benuttingsfactor voor warmtewinst**

factor waarmee de totale warmtewinst in een bepaalde maand wordt gereduceerd om de resulterende vermindering van de warmtebehoefte te verkrijgen

### **3.12**

#### **berekende energieprestatie**

energieprestatie gebaseerd op de berekening van de gewogen netto aangeleverde energie van de gebouwinstallaties

### **3.13**

#### **beschaduwingsreductiefactor**

reductiefactor voor de invloed van beschaduwing op het zonontvangende vlak, zoals een daglichtopening, passief zonne-energiesysteem, zonnecollector of zonnepaneel

### **3.14**

#### **bevochtiging**

proces van toevoeging van waterdamp aan lucht om de relatieve vochtigheid te doen stijgen

### **3.15**

#### **binnentemperatuur**

rekenkundig gemiddelde van de luchttemperatuur en de gemiddelde stralingstemperatuur in het midden van de rekenzone

Opmerking 1 bij de term: Dit is bij benadering de 'operative temperature' zoals vermeld in NEN-EN-ISO 7726.

### **3.16**

#### **biobrandstof**

brandstof die volledig uit biomassa bestaat

### **3.17**

#### **biobrandstof (vast)**

vaste vorm van biobrandstof

Opmerking 1 bij de term: Vaste biobrandstof omvat o.a.: houtpellets, snoeisnippers, houtspanen, zaagsel, houtbriketten en stukhout.

### **3.18**

#### **biogas**

gasvorm van biobrandstof

Opmerking 1 bij de term: Zie ook definitie groen gas.

### **3.19a**

#### **biomassa**

biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen van biologische oorsprong uit de landbouw (met inbegrip van plantaardige en dierlijke stoffen), de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, met inbegrip van de visserij en de aquacultuur, alsmede de biologisch afbreekbare fractie van industrieel en huishoudelijk afval

### **3.19b**

#### **boiler**

voorraadtoestel waarin een hoeveelheid warm tapwater wordt opgeslagen en/of bereid en waarbij de energietoevoer een integraal onderdeel van het toestel is

Opmerking 1 bij de term: Het warm tapwater in de boiler kan op verschillende wijzen worden verwarmd, bijvoorbeeld via elektrische weerstandsverwarming (elektroboiler), gas, indirect via een verwarmingsspiraal of dubbele mantel of een combinatie hiervan.

### **3.20**

#### **bouwjaar**

jaartal waarin de aanvraag voor de vergunning is ingediend, zoals vermeld staat op de bouwvergunning van het desbetreffende gebouw(deel) of, indien de bouwvergunning niet (meer) beschikbaar is, het jaartal dat als bouwjaar geregistreerd staat bij het kadastrale zoals wordt gehanteerd bij de WOZ-bepaling

### **3.21**

#### **bouwlaag**

deel van een gebouw, dat bestaat uit een of meer ruimten, waarbij de bovenkanten van de afgewerkte vloeren van twee aan elkaar grenzende ruimten niet meer dan 1,5 m in hoogte verschillen

### **3.22**

#### **bovenwaarde**

calorische bovenwaarde

hoeveelheid warmte die vrijkomt bij verbranding van een eenheid brandstof, wanneer die eenheid volledig verbrandt met zuurstof bij constante druk van 101 320 Pa, en waarbij de temperatuur van de verbrandingsproducten is gedaald tot 25 °C

Opmerking 1 bij de term: Deze hoeveelheid warmte omvat de latente condensatiewarmte van alle waterdamp die de brandstof bevat en de waterdamp die ontstaat bij verbranding van alle waterstof die deel uitmaakt van de brandstof.

Opmerking 2 bij de term: Volgens NEN-ISO 13602-2 verdient gebruik van de (calorische) bovenwaarde voorkeur boven gebruik van de (calorische) onderwaarde.

Opmerking 3 bij de term: De (calorische) onderwaarde houdt geen rekening met de latente warmte.

### **3.23a**

#### **bruikbare warmtewinst**

dat deel van de interne en zonnewarmtewinst dat leidt tot vermindering van de warmtebehoefte voor ruimteverwarming

### **3.23b**

#### **buffer**

voorraadtoestel waarin een hoeveelheid warm of koud water wordt opgeslagen niet zijnde warm tapwater

Opmerking 1 bij de term: Een buffer kan bijvoorbeeld worden gebruikt als schakelbuffer zodat de warmteinhoud van een installatie wordt vergroot waardoor een opwekker minder schakelingen maakt, of om warmte of koude in op te slaan die op een later moment kan worden ingezet.

Opmerking 2 bij de term: De temperatuur in een buffer kan de stooklijn of koellijn van een installatie volgen of op een daarvan afwijkende temperatuur worden geregeld.

Opmerking 3 bij de term: In de meeste gevallen wordt een buffer direct doorstroomd met water uit het systeem. Het water in een buffer kan echter ook door een voorziening in of aan de buffer worden verwarmd of gekoeld, waarbij de energietoevoer een integraal onderdeel van de buffer is.

### **3.24**

#### **buitentemperatuur**

rekenwaarde voor de gemiddelde temperatuur van de buitenlucht over de beschouwde periode

Opmerking 1 bij de term: Voor berekening van de transmissieoverdracht wordt de stralingstemperatuur van de buitenomgeving verondersteld gelijk te zijn aan de buitenluchttemperatuur; langgolvige stralingsuitwisseling met de hemel wordt separaat berekend.

Opmerking 2 bij de term: Meting van de buitenluchttemperatuur is vastgelegd in NEN-EN-ISO 15927-1.

### **3.25**

#### **centrale aan-regeling**

systeem waarbij de verlichting in een gebouw of een gedeelte van een gebouw alleen centraal kan worden aangeschakeld

Opmerking 1 bij de term: Uitschakelen kan hierbij eveneens centraal plaatsvinden of op een andere manier (bijv. handmatig of op basis van een sensor).

Opmerking 2 bij de term: Gebruikelijk is bij dit systeem dat de verlichting aan het begin van de werkdag wordt aangeschakeld.

### **3.26**

#### **CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt**

hoeveelheid CO<sub>2</sub> voor een specifieke energiedrager die wordt uitgestoten naar de omgeving, per eenheid van afgenomen energie

### **3.27**

#### **collectief**

ten dienste van verschillende percelen functionerend

Opmerking 1 bij de term: De term is vergelijkbaar met de term 'gemeenschappelijk'.

**3.28****collectief circulatiesysteem warm tapwater**

collectieve winning of opwekking, transport en distributie van warmte in een gebied voor de energiefunctie warmtapwaterbereiding

**3.29****collectieve elektriciteitsvoorziening**

collectieve opwekking, transport en distributie van elektriciteit in een gebied

**3.30****collectieve gebouwinstallatie**

gemeenschappelijke installatie die aan twee of meer energieprestatieplichtige gebouwen of delen van een gebouw binnen het eigen perceel warmte (H) en/of koude (C) en/of ventilatielucht en/of warm tapwater (W) en/of elektriciteit levert

Opmerking 1 bij de term: Het gaat hierbij bijvoorbeeld om een voorziening die wordt gebruikt:

- door meerdere woningen in een woongebouw, of
- in een combinatiegebouw met zowel woningbouw- als utiliteitsbouwfuncties, waarbij die voorziening gebruikt wordt in zowel het woning- als utiliteitsbouwgedeelte, of
- in een utiliteitsgebouw waarbij de gemeenschappelijke installatie energie levert aan meerdere gebouwdelen waarvoor een afzonderlijk energielabel wordt opgesteld.

**3.31****collectief koudenet**

distributienet voor koude ten behoeve van koeling

**3.32****collectieve koudevoorziening**

collectieve winning of opwekking, transport en distributie van koude in een gebied voor de energiefunctie koeling

**3.33****collectief warmtenet**

distributienet voor warmte ten behoeve van verwarming en eventueel voor de bereiding van warm tapwater

**3.34****collectieve warmtevoorziening**

collectieve winning of opwekking, transport en distributie van warmte in een gebied voor de energiefuncties verwarming en/of warmtapwaterbereiding

**3.35****collectorcircuit**

combinatie van zonnecollector(en), leidingen en – indien aanwezig – pomp

Opmerking 1 bij de term: Bij het berekenen van het collectorcircuitrendement wordt hierbij ook de warmtewisselaar in het opslagvat gerekend.

**3.36****combitoestel**

toestel of samenstel van toestellen waarin de functies voor centrale verwarming en warmtapwaterbereiding zijn gecombineerd en waarbij beide functies met behulp van hetzelfde energietoevoersysteem worden uitgevoerd

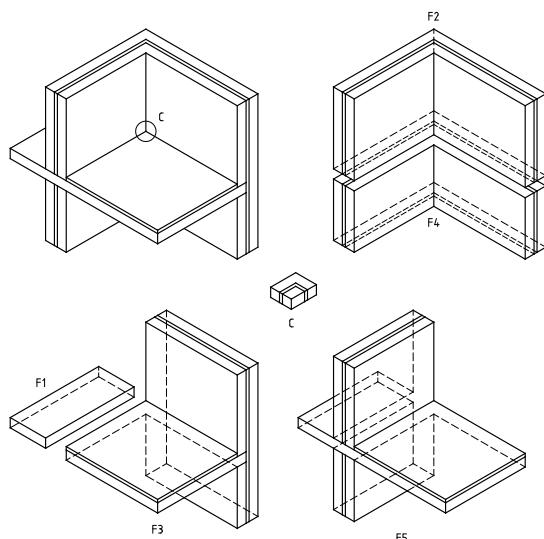
### 3.37

#### constructievlakken

die vlakken in het 3D- of 2D-model die de scheiding vormen tussen:

- a) verschillende materialen;
- b) het geometrisch model en de rest van de constructie;
- c) de flankerende elementen en het centrale element

Opmerking 1 bij de term: Zie figuur 2.



#### Legenda

F1 t/m F5 zijn flankerende elementen en hebben een constante dwarsdoorsnede loodrecht op ten minste één coördinaatas. Het centrale element C is het resterende deel.

**Figuur 3.2 — 3D-model met vijf flankerende 3D-elementen en één centraal 3D-element**

### 3.38

#### daglichtregeling

regeling die, zodra het lichtniveau (buiten) een bepaalde grenswaarde overschrijdt, het kunstlicht in daglichtzones centraal of per gevel, geheel of gedeeltelijk uitschakelt of in stappen of traploos dimt

### 3.39

#### daglichtsector

deel van een verlichtingszone met dezelfde daglichtcondities

### 3.40

#### dauwpuntkoeling

indirecte koeling van mechanisch toegevoerde ventilatielucht via een warmtewisselaar met een procesluchtstroom die bestaat uit een deel van deze gekoelde ventilatielucht, waarvan de temperatuur wordt verlaagd door verdamping van water in de warmtewisselaar

**3.41****deellastrendement**

opwekkingsrendement van een toestel bij een gemiddelde belasting die lager is dan de maximale (nominale) belasting

Opmerking 1 bij de term: Voor ketels is dit het deellastrendement zoals bepaald overeenkomstig NEN-EN 677 (alleen van toepassing voor bestaande bouw) en/of de NEN-EN 15502-reeks.

**3.42****diffuse zonnestraling**

zonnestraling ten gevolge van verstrooiing door vocht- en stofdeeltjes in de lucht

**3.43****distributienet**

collectief circulatiesysteem voor het transport van warmte en/of koude door een circulerend medium voor de energiefuncties verwarming en/of warm tapwater en/of koeling

Opmerking 1 bij de term: Het circulerende medium is meestal water.

Opmerking 2 bij de term: Een lokaal distributienet is bedoeld voor het transport van warmte en/of koude van de warmte- en/of koudeopwekker(s) naar de percelen, zonder onderstations.

**3.44****distributierendement**

verhouding tussen de nuttige warmte- of koudelevering door een distributienet en de som van de nuttige warmte- of koudelevering en de distributieverliezen van het distributienet

**3.45****DWTW-rendement**

verhouding tussen de aan het tapwater nuttig afgegeven hoeveelheid warmte onder gebruiksomstandigheden en de hoeveelheid warmte in het douchewater, bepaald onder toepassing van een standaard douchetapping van de desbetreffende klasse

**3.46a****effectieve interne warmtecapaciteit**

rekenwaarde voor de thermische opslagcapaciteit van een gebouw of deel van een gebouw bij temperatuurfluctuaties met een periode van een dag

**3.46b****elektrische opwekker**

opwekker die op basis van elektriciteit warmte produceert

Opmerking 1 bij de term: Het produceren van warmte op basis van elektriciteit wordt ook wel 'power to heat' genoemd. Voorbeelden hiervan zijn elektroboilers en warmtepompen.

**3.46c****elektroboiler**

toestel waarbij in een voorraadvat warm tapwater wordt gemaakt via elektrische weerstandsverwarming

**3.47****energiebehoefte voor bevochtiging**

latente warmte in de waterdamp die moet worden geleverd aan een rekenzone door een gebouwinstallatie om een gewenste minimumvochtigheid in de ruimte te handhaven

Opmerking 1 bij de term: De definitie is overgenomen uit NEN-EN-ISO 52000-1, maar uitgesplitst over de termen 'energiebehoefte voor bevochtiging' respectievelijk 'energiebehoefte voor ontvochtiging'.

**3.48**

**energiebehoefte voor ontvochtiging**

latente warmte in de waterdamp die moet worden onttrokken aan een rekenzone door een gebouwinstallatie om een gewenste maximumvochtigheid in de ruimte te handhaven

Opmerking 1 bij de term: De definitie is overgenomen uit NEN-EN-ISO 52000-1, maar uitgesplitst over de termen 'energiebehoefte voor bevochtiging' respectievelijk 'energiebehoefte voor ontvochtiging'.

**3.49**

**energiedrager**

stof die, of verschijnsel dat, kan worden gebruikt om kracht of warmte te maken of chemische of fysische processen aan te drijven

Opmerking 1 bij de term: De energie-inhoud van brandstoffen wordt gegeven met hun calorische bovenwaarde.

**3.50**

**energiefractie**

aandeel in de totale warmte- of koudelevering door een warmte- of koudeopwekker

**3.51**

**energiefunctie**

energiegebruikspost voor een bepaald gebruiksdool (functie), waarbij de volgende energiefuncties meegenomen worden bij de bepaling van de energieprestatie: verwarming, bevochtiging, ventilatie, verlichting, koeling, ontvochtiging, warm tapwater en daarbij behorende hulpenergie

**3.52**

**energiegebruik voor parasitair vermogen**

elektrische energie gebruikt voor het opladen van de accu's van noodverlichtingsarmaturen en voor het stand-byvermogen voor de automatische besturing van de armaturen als de lampen niet in gebruik zijn

**3.53**

**energiegebruik voor ruimteverwarming of -koeling of warm tapwater**

energetoevoer aan het verwarmings-, koelings- of warmtapwatersysteem om de warmtebehoefte of de koudebehoefte (inclusief ontvochtiging) voor ruimteverwarming of de warmtebehoefte voor warm tapwater te vervullen

Opmerking 1 bij de term: Indien de gebouwinstallatie meer installatiefuncties vervult (bijv. verwarming en warmtapwaterbereiding), kan het moeilijk zijn om het energiegebruik te splitsen voor elke afzonderlijke installatiefunctie. Dit mag worden aangeduid als een gecombineerde hoeveelheid (bijv. energiegebruik voor ruimteverwarming en warmtapwaterbereiding).

**3.54**

**energiegebruik voor ventilatie**

aan een ventilatiesysteem toegevoerde elektrische energie voor luchttransport en warmteterugwinning, uitgezonderd energetoevoer voor voorverwarming en voorkoeling van de lucht

**3.55**

**energiegebruik voor verlichting**

aan een verlichtingssysteem toegevoerde elektrische energie

**3.56****energielabel**

door een lidstaat van de EU, of een daardoor aangewezen rechtspersoon, erkend document dat de energieprestatie van een gebouw omvat

Opmerking 1 bij de term: De betekenis van de termen 'certificaat' en 'certificering' in NTA 8800 verschilt van die in NEN-EN-ISO 17000.

**3.57****energieprestatie**

gemeten of berekende hoeveelheid (gewogen) energie benodigd voor de energiebehoefte voor het karakteristieke gebruik van de afzonderlijke gebouwinstallaties

**3.58****energieprestatie van een gebouw**

karakteristiek energiegebruik

som van het naar primaire energie omgerekende gebruik aan fossiele brandstoffen voor verwarming, bevochtiging, ventilatoren, verlichting, koeling, ontvochtiging, warm tapwater en het totaal aan daarbij gebruikte hulpenergie, verminderd met de naar primaire energie omgerekende eventuele op eigen perceel geproduceerde (gebouwgebonden) energie, bijvoorbeeld zonnestroom en elektriciteitslevering van een gebouwgebonden warmtekrachtinstallatie

Opmerking 1 bij de term: De term karakteristiek energiegebruik is niet ontleend aan NEN-EN-ISO 52000-1, maar aan NEN 5128 en NEN 2916 en de opvolger NEN 7120, en is omwille van de helderheid en continuïteit in NTA 8800 aangehouden als term waarmee de energieprestatie van het gebouw in een getal wordt uitgedrukt.

**3.59****energieprestatieklasse**

maat (bijv. A tot G) om de energieprestatie van een gebouw aan te duiden

**3.60****energie-infrastructuur**

installaties en voorzieningen voor de opwekking en/of levering van warmte en/of koude, elektriciteit, gas of andere energiedragers aan woningen, woongebouwen of utiliteitsgebouwen

**3.61****energetransportnetwerk**

collectief distributiesysteem voor het transport van energiedragers anders dan warmte of koude

Opmerking 1 bij de term: Voorbeelden van energiedragers zijn elektriciteit of gas.

**3.62****equivalente binnentemperatuur**

constante minimumbinnentemperatuur, aangehouden voor de berekening van verwarmingsenergie, of maximumbinnentemperatuur, aangehouden voor de berekening van koelenergie, die bij benadering zou leiden tot dezelfde gemiddelde warmtetransmissie als zou optreden met onderbroken verwarming of koeling, en als zou optreden als gevolg van de onnauwkeurigheid van de regeling van de ruimtetemperatuur

**3.63****equivalente warmteweerstand van een scheidingsconstructie**

$R_{eq}$

warmteweerstand van de scheidingsconstructie, waarin ook het positieve effect van een aangrenzende onverwarmde ruimte is verdisconteerd

### 3.64

#### **externe koudelevering**

levering van koude van buiten het eigen perceel

Opmerking 1 bij de term: Naar analogie van externe warmtelevering.

### 3.65

#### **externe warmtelevering**

levering van warmte van buiten het eigen perceel, voortkomend uit (een combinatie van) bijvoorbeeld:

- a) een productieproces van elektriciteit;
- b) een industrieel productieproces;
- c) afvalverbranding;
- d) een collectief warmtepompsysteem;
- e) collectieve levering van zonnewarmte,

waarbij de warmte extern wordt aangeleverd en niet is beperkt tot gebouwen op het eigen perceel

Opmerking 1 bij de term: In het kader van de bepaling van de energieprestatie worden systemen met een elektrisch vermogen groter dan of gelijk aan 10 MW in het algemeen gerekend tot de categorie van externe warmtelevering.

Opmerking 2 bij de term: Niet gebouwgebonden is de toelevering van externe warmte waarbij bij de bouwaanvraag geen zicht is op, noch invloed kan worden aangewend tot sturing van, de mate waarin de warmte nuttig wordt toegeleverd en de toedeling van de warmtelevering over meer dan één afnemer. Het gaat hierbij om (veelal grootschalige) toepassingen waarvan de externe warmtelevering voor meer gebouwen dan die gelegen op het eigen perceel plaatsvindt.

### 3.66a

#### **flankerend 3D-element**

deel van het geometrisch 3D-model dat, op zichzelf beschouwd, kan worden weergegeven door een geometrisch 2D-model

Opmerking 1 bij de term: Zie figuren 2 en 3.

Opmerking 2 bij de term: In figuren 1 en 2 zijn flankerende elementen weergegeven die uit louter evenwijdige, homogene materiaallagen bestaan. Daarmee geven deze figuren een situatie weer met uitsluitend thermische bruggen als bedoeld in 3.108 c).

Voor het illustreren van het 3D- en 2D-karakter van het geometrisch model en zijn onderdelen is dit geen bezwaar. Men behoort evenwel te bedenken dat binnen de flankerende elementen zelf in de praktijk normaliter ook thermische bruggen voorkomen, gekarakteriseerd door 3.108 a) en/of 3.108 b) (zie in dit verband ook de opmerking onder 3.141).

### 3.66b

#### **flexmodus**

systeem waarbij warmte via een of meer elektrische opwekkers wordt geproduceerd conform het pricecapmechanisme, waarbij tevens een warmtebuffer aanwezig is

Opmerking 1 bij de term: Zie ook pricecapmechanisme.

Opmerking 2 bij de term: De flexmodus geldt uitsluitend voor gebiedsmaatregelen met 500 of meer aansluitingen die vallen onder bijlage P. In de flexmodus wordt gerekend met de primaire energiefactor en CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt specifiek voor elektrische opwekkers in de flexmodus. Het elektriciteitsverbruik in de flexmodus wordt, net als de daarmee geproduceerde warmte, als hernieuwbaar gewaardeerd.

Opmerking 3 bij de term: De elektriciteitsmarkt, niet de warmtevraag, is bepalend voor de inzet van de elektrische opwekker. Door de aanwezigheid van een warmtebuffer kan de warmteproductie het aanbod op de elektriciteitsmarkt volgen los van de momentane warmtevraag.

Opmerking 4 bij de term: De weg via het pricecapmechanisme staat in principe ook open voor nieuwe gebiedsmaatregelen die nu nog geen onderdeel zijn van NTA 8800. Mogelijke voorbeelden zijn elektriciteitsopslag in grootschalige buurt-/wijkbatterijen of technieken die waterstof produceren (voor bijvoorbeeld een lokaal netwerk).

### **3.67**

#### **gebied**

terrein dat functioneel, juridisch en organisatorisch is verbonden met een eigen collectieve energienetwerk waarvan de effecten aan de woningen en gebouwen op dit terrein kunnen worden toegekend

Opmerking 1 bij de term: In bijlage P staan nadere criteria voor de afbakening van het gebied.

### **3.68**

#### **gebouwbeheersysteem**

producten, software en diensten voor automatische regelingen, monitoring en optimalisering, menselijk ingrijpen en beheer om energie-efficiënt, economisch en veilig functioneren van de gebouwinstallaties te realiseren

### **3.69**

#### **gebouwinstallatie**

installatie die voldoet aan de volgende criteria:

- de installatie is vast verbonden met het gebouw;
- het tot stand brengen van de installatie is nauw verweven met bouwkundige werkzaamheden;
- de installatie is overwegend gericht op het scheppen van de juiste condities voor het verblijven of werken in het gebouw;
- de installatie is niet gericht op het productieproces van het bedrijf

Opmerking 1 bij de term: Een gebouwinstallatie kan een of meer installatiefuncties vervullen.

Opmerking 2 bij de term: Een gebouwinstallatie kan bestaan uit meer gebouwinstallatieonderdelen.

### **3.70**

#### **gebruiksoppervlakte**

oppervlakte van een ruimte of van een groep van ruimten, gemeten op vloerniveau, tussen de opgaande scheidingsconstructies die de desbetreffende ruimte of groep van ruimten omhullen, zoals uitgewerkt in 4.5 van NEN 2580:2007

### **3.71**

#### **geëxporteerde energie**

energie, uitgedrukt per energiedrager, geleverd door de gebouwinstallaties binnen de systeemgrens en gebruikt buiten de systeemgrens

Opmerking 1 bij de term: Geëxporteerde energie kan worden berekend of gemeten. Voor de bepaling van de energieprestatie volgens NTA 8800 is gemeten geëxporteerde energie niet van toepassing.

### 3.72

#### **gemeenschappelijke ruimte**

ruimte van een gebouw die ten dienste staat van twee of meer gebruiksfuncties

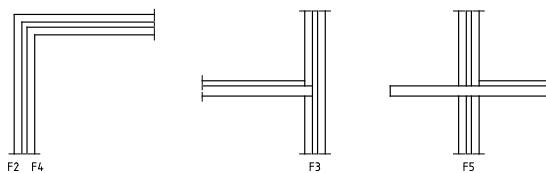
Opmerking 1 bij de term: Dergelijke ruimten worden geacht deel uit te maken van ieder van de betrokken gebruiksfuncties.

### 3.73

#### **geometrisch 2D-model**

geometrisch model, op zodanige wijze afgeleid uit bouwplannen dat voor een van de orthogonale coördinaatassen de dwarsdoorsnede loodrecht op die as binnen de grenzen van het model niet verandert

Opmerking 1 bij de term: Zie figuur 3.3.



#### **Legenda**

F2 t/m F5 refereren aan figuur 3.2. Deze kunnen worden behandeld als 2D-modellen.

**Figuur 3.3 — Dwarsdoorsneden van de flankerende elementen in een 2D-model**

### 3.74

#### **geometrisch 3D-model**

geometrisch model, op zodanige wijze afgeleid uit bouwplannen dat voor elk van de orthogonale coördinaatassen de dwarsdoorsnede loodrecht op die as binnen de grenzen van het model niet verandert

Opmerking 1 bij de term: Zie figuur 3.3.

### 3.75

#### **geothermie**

aardwarmte

energie in de vorm van warmte die van nature in de bodem zit opgeslagen, met een temperatuur van boven 35 °C

Opmerking 1 bij de term: Dit betreft de diepe ondergrond (niet te verwarren met aquifers); bij een diepte van 1,8 km bedraagt de watertemperatuur ca. 70 °C.

### 3.76

#### **groen gas**

biogas opgewaardeerd naar de landelijke gaskwaliteit

Opmerking 1 bij de term: Dit type gas kan worden bijgemengd in het landelijke gastransportnetwerk.

**3.77****grote installatie**

collectieve of individuele installatie die warmte (H) en/of koude (C) en/of ventilatielucht en/of warm tapwater (W) levert aan een totale gebruiksoppervlakte van meer dan 500 m<sup>2</sup>

**3.78****hernieuwbare elektriciteit**

elektrische vorm van hernieuwbare energie

**3.79****hernieuwbare energie**

energie van een bron die niet wordt uitgeput door onttrekking, zoals zonne-energie (thermisch en zonnestroom), wind, waterkracht, hernieuwbare biomassa

Opmerking 1 bij de term: In NEN-ISO 13602-1 is een hernieuwbare bron gedefinieerd als 'natural resource for which the ratio of the creation of the natural resource to the output of that resource from nature to the technosphere is equal to or greater than one'.

**3.80****hernieuwbare energie geproduceerd op het perceel**

energie geproduceerd door een gebouwinstallatie die gebouwgebonden is en gebruikmaakt van hernieuwbare energiebronnen

**3.81****hernieuwbare koudebronnen**

hernieuwbare energie die beschikbaar is in de vorm van koude

Opmerking 1 bij de term: Hernieuwbare warmtebronnen is hernieuwbare energie die beschikbaar is in de vorm van warmte.

**3.82****hernieuwbare warmtebronnen**

hernieuwbare energie die beschikbaar is in de vorm van warmte

**3.83****hulpenergie**

elektrische hulpenergie

elektrische energie die door gebouwinstallaties voor verwarming, koeling, ventilatie, bevochtiging, ontvochtiging, warmtapwaterbereiding en elektriciteitsopwekking wordt gebruikt om energietransformatie die nodig is om de energiebehoefte te dekken, te ondersteunen

Opmerking 1 bij de term: Dit omvat energie voor hulpventilatoren, pompen, elektronica enz. Elektrisch energiegebruik voor een ventilatiesysteem voor luchttransport wordt niet beschouwd als hulpenergie, maar als energiegebruik voor ventilatie (3.40).

Opmerking 2 bij de term: In NEN-EN-ISO 9488 wordt het energiegebruik voor pompen en kleppen 'parasitair energiegebruik' genoemd.

Opmerking 3 bij de term: De definitie is overgenomen uit NPR-CEN/TR 15615 met expliciete toevoeging van bevochtiging en ontvochtiging.

**3.84****hulpvlakken**

vlakken die, samen met de constructievlekken, het geometrisch model in een aantal cellen verdelen

### 3.85

#### **individuele installatie**

installatie die slechts aan één energieprestatieplichtig gebouw of gebouwdeel warmte (H) en/of koude (C) en/of ventilatielucht en/of warm tapwater (W) levert

Opmerking 1 bij de term: Voorbeelden hiervan: individueel toestel, individuele installatie, individuele verwarming, individuele afleverset, individuele DWTW-unit en individuele warmtekostenverdeling betreffen de toepassing in één woning, woonfunctie of utiliteit.

### 3.86

#### **infiltratie**

luchtstroom door infiltratie

gezamenlijke luchtvolumestroom door de ventilatievoorziening en door luchtlekken in de gebouwschil verminderd met zijn waarde bij afwezigheid van gebouwlekken ( $q_{v10;spec} = 0$ )

Opmerking 1 bij de term: De luchtstroom door infiltratie omvat dus zowel de luchtstroom door lekken in de gebouwschil als een door luchtdoorlatendheid gegenereerd deel van de luchtstroom door de ventilatievoorziening.

### 3.87

#### **interne warmteproductie**

warmte geleverd binnen het gebouw door gebruikers (voelbare metabolische warmte) en door apparatuur als verlichting, huishoudelijke apparatuur, kantoorapparatuur enz., anders dan energie die doelbewust wordt afgegeven voor verwarming, koeling of warmtapwaterbereiding

Opmerking 1 bij de term: Dit omvat de terugwinbare thermische systeemverliezen indien en voor zover de terug te winnen warmteverliezen van het systeem als interne warmte in het gebouw worden meegerekend.

### 3.88

#### **inwendige scheidingsconstructies**

constructie die de scheiding vormt tussen twee voor personen toegankelijke besloten ruimten van een gebouw, waaronder begrepen de op die constructie aansluitende delen van andere constructies, voor zover die delen van invloed zijn op het voldoen van die scheidingsconstructie aan een bij of krachtens het Bouwbesluit of Besluit bouwwerken leefomgeving gegeven voorschrift

### 3.89

#### **klasse DWTW-rendement**

classificatie van het DWTW-rendement op basis van de gekozen standaard douchetapping van de desbetreffende klasse, aangeduid met de cijfers 2, 3 en 4

### 3.90

#### **klasse opwekkingsrendement**

classificatie van het opwekkingsrendement op basis van het gekozen standaard tappatroon, aangeduid met de cijfers 1, 2, 3 en 4

Opmerking 1 bij de term: Voor toestellen voor uitsluitend 'keuken'-gebruik geldt een basisklasse ('Aanrecht').

### 3.91

#### **kleine installatie**

collectieve of individuele installatie die warmte (H) en/of koude (C) en/of ventilatielucht en/of warm tapwater (W) levert aan een totale gebruiksvlakte van maximaal 500 m<sup>2</sup>

Opmerking 1 bij de term: Een voorbeeld van een situatie die, ondanks de grootte van het totale gebouw, toch valt onder 'kleine installatie': een woongebouw van in totaal 1 000 m<sup>2</sup> met daarin kleine studio's van ieder 35 m<sup>2</sup>, waarbij per vier studio's één cv-ketel geïnstalleerd is die deze vier studio's voorziet van warmte. Deze situatie wordt niet beoordeeld als een grote installatie, maar het betreft wel een collectieve installatie. Immers, de cv-ketels bedienen ieder een gedeelte van het gebouw met een gebruiksoppervlakte van minder dan 500 m<sup>2</sup> (namelijk 4 × 35 m<sup>2</sup> = 140 m<sup>2</sup>).

### **3.92**

#### **klimatiseringssysteem**

systeem dat comfortcondities in een ruimte beheerst binnen vastgestelde grenzen

Opmerking 1 bij de term: Klimatiseringssystemen omvatten centrale luchtbehandeling en andere afgiftetoestellen voor verwarming, koeling, bevochtiging, ontvochtiging en filtering die ten behoeve van geklimateerde ruimten zijn opgesteld.

### **3.92a**

#### **klein systeem voor externe warmte- en/of koudelevering**

systeem voor levering (en opwekking) van warmte- en/of koude van buiten het eigen perceel, met minder dan 500 aansluitingen/afnemers

Opmerking 1 bij de term: Een aansluiting/afnemer kenmerkt zich door een afleverset, een (warm)watermeter of een andere eenduidige wijze van toerekening.

### **3.93**

#### **klimatiseringszone**

deel van een gebouw met dezelfde (combinatie van) klimatiseringssystemen

### **3.94**

#### **koelseizoen**

periode in het jaar waarin een betekenisvolle hoeveelheid energie voor koeling nodig is

Opmerking 1 bij de term: De lengte van het koelseizoen en van het verwarmingsseizoen wordt gebruikt om de gebruikspériode van gebouwinstallaties vast te leggen.

Opmerking 2 bij de term: De definitie is overgenomen uit NEN-EN-ISO 52000-1, maar uitgesplitst over de termen 'koelseizoen' respectievelijk 'verwarmingsseizoen'.

### **3.95**

#### **koudebehoefte**

koude die moet worden geleverd aan een rekenzone om de gewenste temperatuur gedurende een bepaalde periode te handhaven

Opmerking 1 bij de term: De definitie is overgenomen uit NEN-EN-ISO 52000-1, maar uitgesplitst over de termen 'koudebehoefte' respectievelijk 'warmtebehoefte'. Overigens wordt daar niet van koudelevering gesproken maar van warmteonttrekking.

Opmerking 2 bij de term: De koudebehoefte wordt berekend en kan niet eenvoudig worden gemeten. Voor de bepaling van de energieprestatie volgens NTA 8800 is gemeten energiegebruik niet van toepassing.

Opmerking 3 bij de term: De koudebehoefte kan bijkomende warmteoverdracht omvatten als gevolg van niet-uniforme temperatuurverdeling en niet-ideale temperatuurregeling, indien die worden verrekend door verlaging van de effectieve temperatuur voor koeling en niet zijn opgenomen in de warmteoverdracht die aan het koelsysteem wordt toegekend. Een en ander is nader uitgewerkt in de desbetreffende rekenprocedure.

### 3.96

#### **lichtwering**

systeem om de helderheid die door het raamvlak wordt waargenomen, te verlagen en dat niet primair bedoeld is als warmtewering

### 3.97

#### **lineaire thermische brug**

thermische brug met een uniforme dwarsdoorsnede langs een van de orthogonale assen

### 3.98

#### **lineaire warmtedoorgangscôefficiënt**

$\psi$

warmtestroomsnelheid in stationaire toestand gedeeld door lengte- en temperatuurverschil tussen de twee omgevingen aan beide zijden van een 2D-model van een lineaire thermische brug, verminderd met de referentiewarmtestroom door de flankerende elementen

Opmerking 1 bij de term: De lineaire warmtedoorgangscôefficiënt is een grootheid die de invloed van een lineaire thermische brug op de totale warmtestroom beschrijft.

### 3.99

#### **lokaal distributienet**

distributienet voor het transport van warmte en/of koude van de warmte- en/of koudeopwekker(s) naar de percelen, zonder onderstations

### 3.100

#### **luchtbehandelingskast**

##### **AHU**

samenstel van alle componenten die nodig zijn om centraal de temperatuur van door het gebouw naar meer dan één afzonderlijke ruimte te transporter en lucht te regelen, indien nodig in combinatie met regeling van de ventilatie, de vochtigheid en de luchtkwaliteit

Opmerking 1 bij de term: Een luchtbehandelingskast voert minimaal 1 000 m<sup>3</sup>/h ventilatielucht ( $q_{V;SUP;dis;in}$ ) toe.

Opmerking 2 bij de term: De luchtbehandelingskast omvat binnen deze definitie ook naverwarmers/nakoelers in de kanalen die tegelijkertijd meer dan één ruimte bedienen. Het centrale karakter wordt benadrukt door de voorwaarde dat het systeem meer dan één ruimte bedient. Bedient het immers één ruimte, dan is het een lokaal apparaat dat geheel op de behoeft e kan zijn afgestemd (bijv. een LBK voor een sporthal, of andere grote ruimte).

Opmerking 3 bij de term: Een luchtbehandelingskast (LBK) wordt in NTA 8800 aangeduid met de Engelse term 'air handling unit' (AHU).

### 3.101

#### **mechanische ventilatie**

toevoer van verse lucht en/of afvoer van verontreinigde lucht door een mechanische drijvende kracht, bijvoorbeeld een ventilator

### 3.102

#### **micro-WKK**

individuele warmte-krachtkoppeling, waarbij het nominale vermogen van de warmtelevering minder dan 70 kW (thermisch) bedraagt

### 3.103

#### **micro-WKK-toestel**

toestel dat wordt geleverd als samenstelling in een compleet pakket of als het complete pakket om warmte en elektrische energie te leveren

Opmerking 1 bij de term: Bestaande uit:

- primaire warmte- en vermogenopwekker;
- aanvullende warmteopwekker;
- rookkanalen;
- warmteopslag.

### **3.104**

#### **natuurlijke ventilatie**

toevoer van verse lucht en/of afvoer van verontreinigde lucht door een natuurlijke drijvende kracht (natuurlijke trek) door druk- en/of temperatuurverschillen over de gebouwschil tussen binnen en buiten

### **3.105**

#### **niet-hernieuwbare energie**

energie van een bron die kan worden uitgeput door onttrekking bijv. fossiele brandstoffen

### **3.106**

#### **niet-zelfstandige eenheid in een woonfunctie**

(woon)eenheid die een gezamenlijke badruimte en/of opstelplaats voor een kooktoestel (keuken) deelt met andere (woon)eenheden

### **3.107**

#### **onderbroken koeling**

koelpatroon waarbij de normale koelperiodes worden afgewisseld met periodes zonder of met beperkte koeling

### **3.108**

#### **onderstation**

onderdeel in een grote collectieve warmtevoorziening waar warmte uit een primaire collectieve warmtevoorziening wordt overgedragen aan een secundaire collectieve warmtevoorziening

Opmerking 1 bij de term: Een onderstation bestaat meestal uit o.a. een warmtewisselaar.

### **3.109**

#### **ontvochtiging**

proces van onttrekking van waterdamp aan lucht om de relatieve vochtigheid te doen dalen

### **3.110**

#### **onverwarmde serre**

aangrenzende onverwarmde serre

#### **AOS**

aangrenzende ruimte die niet wordt verwarmd of gekoeld ten behoeve van het verblijven van mensen en die daglichtopeningen heeft met de kennelijke bedoeling om zonnewarmte te benutten

Opmerking 1 bij de term: Deze term is nader gespecificeerd in 6.3.

Opmerking 2 bij de term: Dit betreft vooral serres, atria (indien buiten de thermische zone gelegen) en balkon- en galerijafdichtingen.

### **3.111**

#### **opwekkingsrendement**

jaargebruiksrendement voor warmte- of koudeopwekking of elektriciteitsopwekking

**3.112**

**opwekkingsrendement warm tapwater**

verhouding tussen de nuttige warmteafgifte en de opgenomen energie van het toestel ten behoeve van de warmtapwaterbereidingsfunctie, bepaald onder toepassing van het standaard tapprogramma van de desbetreffende klasse bij uitgeschakelde cv-functie (indien aanwezig)

**3.113**

**opwekkingstoestel**

toestel voor warmteopwekking of koudeopwekking voor ruimteverwarming, warmtapwatervoorziening of koeling of een combinatie hiervan

**3.114a**

**overstek**

alle obstakels die, gezien vanuit de hemel, de bepaling van het effect van beschaduwing belemmeren, doordat zij een belemmering vormen voor de zonnestraling bij een zonnestand *boven* een bepaalde hoogte

VOORBEELDEN Luifel, uitstekende dakrand.

**3.115**

**perceel**

grond met daarop een of meer woningen of woongebouwen e.d. en/of utiliteitsgebouwen

Opmerking 1 bij de term: In het Besluit bouwwerken leefomgeving wordt de volgende definitie gehanteerd: perceel dat als uitgangspunt dient bij het toetsen van een bouwwerk aan de regels van dit besluit.

**3.115a**

**price cap**

door een onafhankelijke partij bepaalde en gepubliceerde grens voor de elektriciteitsprijs die wordt gehanteerd bij toepassing van het pricecapmechanisme

Opmerking 1 bij de term: Hiermee worden de uren bepaald waarop de inkoopprijs op de elektriciteitsmarkt zo laag is dat het voor fossiele elektriciteitscentrales niet lonend is om meer elektriciteit te produceren, zodat de extra elektriciteitsvraag van een elektrische opwekker dan wordt ingevuld met een potentieel overschot aan duurzaam productievermogen.

Opmerking 2 bij de term: Bedrijven die een bepaalde techniek in de flexmodus willen draaien, kunnen aan de hand van de gepubliceerde price cap van tevoren zien wat de maximumelektriciteitsprijs is op de Day Ahead-markt waarvoor de techniek ingeboden (ingezet) kan worden.

**3.115b**

**pricecapmechanisme**

mechanisme dat waarborgt en aantoot dat duurzaam gewaardeerde warmte gemaakt met elektrisch aangedreven opwekkers daadwerkelijk is geproduceerd uit hernieuwbare elektriciteit

Opmerking 1 bij de term: Dit is toepasbaar op technieken die grootschalig worden ingezet voor gebiedsgerichte warmteoplossingen t.b.v. het produceren van warmte voor een warmtenet uit hernieuwbare elektriciteit m.b.v. elektrische opwekkers.

Opmerking 2 bij de term: De elektrische opwekker draait op dat moment in de flexmodus.

Opmerking 3 bij de term: De drijver van de inrichting (eigenaar en/of gebruiker van de elektrische opwekker) monitort en registreert op een extern te controleren wijze wanneer de desbetreffende techniek is ingezet en onder de price cap valt. In het geval van een kwaliteitsverklaring voor een gebiedsmaatregel kan hierdoor achteraf (iedere 3 jaar) worden gecontroleerd of op die uren aan de voorwaarde van de price cap is voldaan.

**3.116****primair net**

collectief warmtenet tussen warmteopwekking en onderstation

**3.117****primaire energie**

energie die niet is onderworpen aan enig conversie- of transformatieproces

Opmerking 1 bij de term: Voor een gebouw is primaire energie de energie die wordt gebruikt om de energie die aan het gebouw wordt geleverd, te produceren. De primaire energie wordt berekend uit de afgenummeren en geëxporteerde hoeveelheden van energiedragers, gebruikmakend van conversiefactoren.

**3.118****primaire energiefactor**

conversiefactor per energiedrager waarvan de berekende hoeveelheid energie ‘op de meter’ omgerekend wordt naar primaire energie

Opmerking 1 bij de term: De primaire energiefactor geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid fossiele energie die nodig is om de energie die aan het gebouw wordt geleverd, te produceren, en de hoeveelheid aan het gebouw geleverde energie.

**3.119****puntvormige thermische brug**

plaatselijke thermische brug waarvan de invloed kan worden weergegeven door een puntvormige warmtedoorgangscoëfficiënt

**3.120****PVT-systeem**

voorziening voor de opvang en omzetting van zonne-energie in zowel elektriciteit als warmte

**3.121****quasihomogene laag**

isolatielaag die wordt doorbroken door spouwankers in thermisch geïsoleerde spouwen of door stiften, (dak)schroeven enz. voor de mechanische bevestiging van isolatieplaten, maar die mag worden beschouwd als een homogene laag met één effectieve warmtegeleidingscoëfficiënt

Opmerking 1 bij de term: Isolatiematerialen zijn materialen waarvan de warmtegeleidingscoëfficiënt onder genormaliseerde condities volgens C.2 kleiner is dan of gelijk is aan  $0,100 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

**3.122****quasihomogene thermische brug**

thermische brug waarvan de doorsnede van het geometrisch 2D-model plaatselijk wijzigt door constructieve verbindingen

**3.122a****raamdeur**

raam als deur, hierbij is het lichtdoorlatende deel rondom voorzien van een enkelvoudig kader

**3.123****rekenperiode**

tijdspanne waarover de berekening wordt uitgevoerd

Opmerking 1 bij de term: De rekenperiode kan worden verdeeld in een aantal berekeningsstappen.

Opmerking 2 bij de term: De rekenperiode is meestal een heel jaar voor warm tapwater en ventilatie, en een seizoen voor koeling en verwarming.

Opmerking 3 bij de term: De lengte van de rekenperiode (bijv. verwarmings- of koelseizoen) kan het resultaat zijn van de berekening, of kan door specifieke omstandigheden worden gedicteerd.

**3.124**

**rekenzone**

*zi*

gebouw of gedeelte van een gebouw dat voor de berekening van het energiegebruik voor verwarming, koeling, bevochtiging en ontvochtiging en ventilatie als één geheel mag worden beschouwd

**3.125**

**relatieve breedte van een zijbelemmering**

*b<sub>b</sub>*

afstand gedeeld door breedte, waarbij:

- afstand de lengte is, in het horizontale vlak, van het verste punt (P) van de zijbelemmering, gezien vanuit het midden van het zonontvangende vlak, tot het midden van het zonontvangende vlak, gemeten parallel aan het zonontvangende vlak
- breedte de lengte is van van P tot het midden van het zonontvangende vlak, gemeten loodrecht op het zonontvangende vlak

**3.126**

**relatieve hoogte van een belemmering**

*h<sub>b</sub>*

hoogteverschil tussen het midden van het zonontvangende vlak en het bovenste punt van het obstakel, gezien en berekend vanuit het midden van het desbetreffende vlak, gedeeld door de onderlinge horizontale afstand

**3.127**

**relatieve hoogte van een overstek**

*h<sub>o</sub>*

hoogteverschil tussen het midden van het zonontvangende vlak en het onderste punt van het obstakel, gezien en berekend vanuit het midden van het desbetreffende vlak, gedeeld door de onderlinge horizontale afstand

**3.128**

**rendement**

fractie van de toegevoerde hoeveelheid energie die door een toestel in bruikbare warmte, koude of elektriciteit wordt omgezet

**3.129**

**renovatiejaar**

jaar van aanvraag of verlening van de vergunning voor renovatie, indien er sprake is van een vergunningsplicht voor de renovatie, of anders het jaar waarin de renovatie voltooid is

**3.130**

**restwarmte of -koude**

onvermijdelijke warmte of koude die als bijproduct in industriële of stroomopwekkingsinstallaties of in de tertiaire sector wordt opgewekt, die ongebruikt terecht zou komen in lucht of water zonder verbinding met een stadsverwarmings- of -koelingssysteem, wanneer een warmtekrachtkoppelingsproces is gebruikt of zal worden gebruikt of warmteterugkoppeling niet haalbaar is

Opmerking 1 bij de term: Definitie van restwarmte en -koude ('waste heat and cold') is overgenomen uit Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources.

Opmerking 2 bij de term: Aftapwarmte uit een energiecentrale mag niet gezien worden als restwarmte.

Opmerking 3 bij de term: Warmteterugwinning uit de schoorsteen/rookgasafvoer van WKK mag worden gezien als restwarmte.

Opmerking 4 bij de term: Warmte uit de schoorsteen/rookgasafvoer van een standaard leverbare HR-ketel mag niet als restwarmte worden aangemerkt.

### **3.131**

#### **secundair net**

collectief warmtenet en/of collectief circulatiesysteem van warm tapwater tussen onderstation en percelen

### **3.132**

#### **setpointtemperatuur van een rekenzone**

(minimale gewenste) operatieve binnentemperatuur zoals gehandhaafd door het regelsysteem in de normale bedrijfstoestand voor verwarming, of (maximale gewenste) operatieve binnentemperatuur zoals gehandhaafd door het regelsysteem in de normale bedrijfstoestand voor koeling

### **3.133**

#### **stadsverwarming**

collectieve warmtevoorziening bestaande uit een primair net en verschillende secundaire netten, gekoppeld door onderstations

### **3.134**

#### **sterk geventileerde ruimte**

aangrenzende sterk geventileerde ruimte

ruimte die met buitenlucht wordt geventileerd via niet-afsluitbare ventilatieopeningen waarbij de ventilatiecapaciteit van die ruimte minstens  $3 \text{ dm}^3/\text{s}$  per  $\text{m}^2$  gebruiksoppervlakte is

### **3.135**

#### **systeemgrens**

grens waarbinnen alle gebieden vallen die zijn verbonden met een gebouw (zowel binnen als buiten het gebouw) waar energie wordt gebruikt of geproduceerd

Opmerking 1 bij de term: In zowel het Bouwbesluit als het Besluit bouwwerken leefomgeving vormt de perceelsgrens deze systeemgrens. Binnen de systeemgrens worden systeemverliezen expliciet in beschouwing genomen. Buiten de systeemgrens worden systeemverliezen verrekend in conversiefactoren.

### **3.136**

#### **terugwinbaar thermisch systeemverlies**

dat deel van het thermisch systeemverlies dat kan worden teruggewonnen ter verlaging van de warmtebehoefte of de koudebehoefte of voor de verlaging van het energiegebruik voor verwarming of koeling

Opmerking 1 bij de term: Bij alle verliezen wordt aangegeven in welke mate deze terugwinbaar (inzetbaar) zijn. Of de terugwinbare verliezen uiteindelijk benut (ingezet) worden, is afhankelijk van de warmte-koudebalans waarbij afhankelijk van de behoefte en alle optredende winsten en verliezen gekeken wordt naar de benutbaarheid.

Opmerking 2 bij de term: De wijze van verrekening van de terugwinbare thermische systeemverliezen hangt af van de wijze waarop de berekening in de norm is ingericht ('holistische' versus vereenvoudigde methode). In NTA 8800 wordt ter voorkoming van iteraties en ter verhoging van de transparantie de vereenvoudigde methode gebruikt, waardoor de terugwinbare thermische systeemverliezen niet separaat zichtbaar worden.

### 3.137

#### **thermisch systeemverlies**

thermisch verlies van een gebouwinstallatie voor verwarming, koeling, warmtapwaterbereiding, bevochtiging, ontvochtiging of ventilatie dat niet bijdraagt aan de bruikbare afgifte van de installatie

Opmerking 1 bij de term: Een thermisch systeemverlies kan een interne warmtewinst worden voor het gebouw, indien het kan worden teruggewonnen.

Opmerking 2 bij de term: Thermische energie die direct in een installatieonderdeel wordt teruggewonnen, wordt niet beschouwd als een thermisch systeemverlies maar als warmteterugwinning en wordt behandeld bij de normatieve beschrijving van de prestaties van de desbetreffende installatie.

Opmerking 3 bij de term: Door het verlichtingssysteem of andere apparatuur (bijv. computerapparatuur) gedissipeerde warmte is geen onderdeel van het thermisch systeemverlies, maar onderdeel van de interne warmteproductie.

### 3.138

#### **thermische brug**

gedeelte van de uitwendige scheidingsconstructie waar het normale eendimensionale karakter van de warmtestroom significant verandert door:

- a) gehele of gedeeltelijke doortrekking van de bouwschil door materialen met een verschillende warmtegeleidingscoëfficiënt; en/of
- b) dikteveranderingen in de bouwschil; en/of
- c) aansluitingen tussen verschillende scheidingsconstructies, zoals wanden, vloeren en plafonds

### 3.139

#### **thermische koppelingscoëfficiënt**

*Li;j*

warmtestroom die in stationaire toestand door een gedeelte van de uitwendige scheidingsconstructie optreedt gedeeld door het temperatuurverschil tussen de twee omgevingen *i* en *j* die thermisch zijn gekoppeld door het desbetreffende gedeelte van de uitwendige scheidingsconstructie, een en ander onder gespecificeerde omstandigheden

Opmerking 1 bij de term: Deze gespecificeerde omstandigheden zijn als volgt:

- aan de buitenzijde is de stralingstemperatuur gelijk aan de luchttemperatuur (bijv. bij een bewolkte nachtelijke hemel);
- de snelheid van langs buitenoppervlakken strijkende lucht bedraagt 4 m/s;
- de snelheid van langs binnenoppervlakken strijkende lucht is lager dan 0,2 m/s.

### 3.140

#### **toestelbedrijf**

bedrijfssituatie van een toestel waarbij de brander of compressor in bedrijf is

### 3.141

#### **toestelschakeling**

het inschakelen van de brander of compressor van een toestel

**3.142****totale zonnestraling**

som van directe zonnestraling, via grond gereflecteerde zonnestraling en diffuse zonnestraling op een niet-horizontaal vlak

**3.143****uitwendige scheidingsconstructie**

constructie die de scheiding vormt tussen een voor personen toegankelijke besloten ruimte van een gebouw en de buitenlucht, de grond of het water, waaronder begrepen de op die constructie aansluitende delen van andere constructies, voor zover die delen van invloed zijn op het voldoen van die scheidingsconstructie aan een bij of krachtens het Bouwbesluit of Besluit bouwwerken leefomgeving gegeven voorschrift

**3.144****vaste waarden**

absolute waarden, die geen betrekking hebben op een producteigenschap, waar bij de toepassing van de vigerende bouwregelgeving van mag worden afgeweken

**3.145****veegschakeling**

systeem waarbij de verlichting in een gebouw of deel van een gebouw centraal op gezette tijden gedurende de werkdag automatisch kan worden uitgeschakeld

Opmerking 1 bij de term: Bij dit systeem wordt, via een automatische tijdschakeling, een aantal malen gedurende werktijd met een zogenoemd 'override'-systeem de verlichting uitgeschakeld.

**3.146****ventilatie**

proces van luchttoevoer en luchtafvoer naar en van een ruimte

**3.147****verbrandingstoestel**

opwekkingstoestel voor ruimteverwarming of warmtapwatervoorziening dat gebruikmaakt van verbranding van (fossiele) brandstof

**3.148****verlichting**

proces van voorzien in de noodzakelijke verlichtingsniveaus

**3.149****verlichtingsregeling**

systeem waarmee het aantal branduren en/of het opgenomen vermogen van kunstlicht kan worden geregeld ter reductie van het elektriciteitsverbruik

**3.150****verlichtingszone**

gedeelte van een rekenzone waarin dezelfde verlichtingsoplossing inclusief regelingen geïnstalleerd is

**3.151****verliesoppervlakte**

totaal van de oppervlakten van alle constructies van een gebouw die rekenzones omsluiten en waardoor thermische energie naar of vanuit het buitenklimaat of naar of vanuit aangrenzende ruimten wordt getransporteerd

Opmerking 1 bij de term: De verliesoppervlakte wordt bepaald door de geprojecteerde oppervlakten van de scheidingsconstructies te vermenigvuldigen met een weegfactor die afhankelijk is van het type begrenzing.

Opmerking 2 bij de term: Zie bijlage K voor de bepaling van de geprojecteerde oppervlakte van de scheidingsconstructie.

**3.152**

**verwarming**

proces van warmtetoewijding ten behoeve van thermische behaaglijkheid

**3.153**

**verwarmingsseizoen**

periode in het jaar waarin een betekenisvolle hoeveelheid energie voor verwarming nodig is

Opmerking 1 bij de term: De lengte van het koelseizoen en van het verwarmingsseizoen wordt gebruikt om de gebruikspériode van gebouwinstallaties vast te leggen.

Opmerking 2 bij de term: De definitie is overgenomen uit NEN-EN-ISO 52000-1, maar uitgesplitst over de termen 'koelseizoen' respectievelijk 'verwarmingsseizoen'.

**3.154**

**vollastrendement**

opwekkingsrendement van een toestel of installatie indien het maximale vermogen van de installatie wordt aangesproken

Opmerking 1 bij de term: Bedoeld is het vollastrendement overeenkomstig NEN-EN 677 (alleen van toepassing voor bestaande bouw) en/of de NEN-EN 15502-reeks.

**3.155**

**voorverwarmer zonneboilersysteem**

thermisch zonne-energiesysteem dat het cv-distributiesysteem en/of warm tapwater voorverwarmt

Opmerking 1 bij de term: Een externe naverwarmer zorgt voor de resterende warmtelevering om aan de warmtevraag te voldoen.

**3.156**

**vrijdragende beganegrondvloer**

vloerconstructie die is vrijgehouden van de ondergrond, resulterende in een ruimte tussen vloer en ondergrond

Opmerking 1 bij de term: Deze ruimte, doorgaans kruipruimte genoemd, kan geventileerd of niet-geventileerd zijn en vormt geen deel van een verblijfsgebied.

**3.157**

**warmtapwaterbereiding**

proces van warmtetoewijding om de temperatuur van koud water te verhogen naar de te bereiken taptemperatuur

**3.158**

**warmtebehoefte**

warmte die moet worden geleverd aan een rekenzone om de gewenste temperatuur gedurende een bepaalde periode te handhaven

Opmerking 1 bij de term: De definitie is overgenomen uit NEN-EN-ISO 52000-1, maar uitgesplitst over de termen 'koudebehoefte' respectievelijk 'warmtebehoefte'.

Opmerking 2 bij de term: De warmtebehoefte kan bijkomende warmteoverdracht omvatten als gevolg van niet-uniforme temperatuurverdeling en niet-ideale temperatuurregeling, indien die worden verrekend door verhoging van de effectieve temperatuur voor verwarming en niet zijn opgenomen in de warmteoverdracht die aan het verwarmingssysteem wordt toegekend.

Opmerking 3 bij de term: De warmtebehoefte wordt berekend en kan niet eenvoudig worden gemeten. Voor de bepaling van de energieprestatie volgens NTA 8800 is gemeten energiegebruik niet van toepassing.

Opmerking 4 bij de term: De warmtebehoefte van het gebouw is gelijk aan de warmtevraag van het gebouw.

### **3.159**

#### **warmtebehoefte voor warm tapwater**

warmte die moet worden geleverd aan de benodigde hoeveelheid warm tapwater om de temperatuur te verhogen van de aanvoertemperatuur van het tapwater tot de vastgestelde taptemperatuur aan het tappunt

### **3.160**

#### **warmtedoorgangscoëfficiënt**

*U*

thermische koppelingscoëfficiënt van een ondoorschijnend vlak, een raam of deur gedeeld door de desbetreffende geprojecteerde oppervlakte

Opmerking 1 bij de term: In die thermische koppelingscoëfficiënt en dus ook in de warmtedoorgangscoëfficiënt zijn de invloeden van eventuele binnen het bouwkundige detail voorkomende thermische bruggen (zoals bijv. de aansluiting tussen beglazing en kozijn) verdisconteerd.

### **3.161**

#### **warmtegeleidingscoëfficiënt**

*λ*

warmtestroomdichtheid die in stationaire toestand in een materiaal optreedt, gedeeld door de temperatuurgradiënt waarvan de genoemde warmtestroomdichtheid het gevolg is

Opmerking 1 bij de term: Daar waar in NTA 8800 over een warmtegeleidingscoëfficiënt wordt gesproken, wordt bedoeld de rekenwaarde, bepaald volgens E.2 van bijlage E.

### **3.162**

#### **warmte-krachtkoppeling**

#### **WKK**

opwekkingstoestel voor de gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit, dat gebruikmaakt van (fossiele) brandstof

Opmerking 1 bij de term: De warmte kan worden gebruikt voor zowel ruimteverwarming als warmtapwatervoorziening.

### **3.163**

#### **warmteleverancier**

persoon die zich bezighoudt met de levering van warmte

### **3.164**

#### **warmtenet**

geheel van tot elkaar behorende, met elkaar verbonden leidingen, bijbehorende installaties en overige hulpmiddelen dienbaar aan het transport van warmte, behoudens voor zover deze leidingen, installaties en hulpmiddelen zijn gelegen in een gebouw of werk van een verbruiker of van een producent en strekken tot toe- of afvoer van warmte ten behoeve van dat gebouw of werk

### 3.165

#### warmteoverdrachtscoëfficiënt

warmtestroom gedeeld door het temperatuurverschil tussen twee omgevingen

Opmerking 1 bij de term: Vooral gebruikt voor warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie of door ventilatie.

Opmerking 2 bij de term: In tegenstelling tot warmteverwinst, is de warmteoverdracht afhankelijk van het verschil tussen de temperatuur in de desbetreffende omgeving en de temperatuur aan de andere kant (bij transmissie) of de temperatuur van de toevoerlucht (bij ventilatie).

### 3.166

#### warmteovergangscoëfficiënt aan het inwendig oppervlak

warmtestroom die onder gespecificeerde omstandigheden in stationaire toestand optreedt tussen een besloten ruimte en een plat isotherm oppervlak, gedeeld door de oppervlakte van dat oppervlak en gedeeld door het temperatuurverschil tussen de ruimte en het oppervlak

### 3.167

#### warmteovergangscoëfficiënt aan het uitwendig oppervlak

warmtestroom die onder gespecificeerde omstandigheden in stationaire toestand optreedt tussen een plat isotherm oppervlak en de buitenlucht, gedeeld door de oppervlakte van dat oppervlak en gedeeld door het temperatuurverschil tussen de buitenlucht en het oppervlak

Opmerking 1 bij de term: De in 3.140 en 3.141 bedoelde gespecificeerde omstandigheden zijn:

- aan de buitenzijde is de stralingstemperatuur gelijk aan de luchttemperatuur (bijv. bij een bewolkte nachtelijke hemel);
- in de besloten ruimte is de stralingstemperatuur gelijk aan de binnenluchttemperatuur;
- de snelheid van langs buitenoppervlakken strijkende lucht bedraagt 4 m/s;
- de snelheid van langs binnenoppervlakken strijkende lucht is lager dan 0,2 m/s.

### 3.168

#### warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie

warmtestroom ten gevolge van warmtetransmissie door de constructie van een gebouw, gedeeld door het temperatuurverschil tussen de condities aan iedere zijde van de constructie

Opmerking 1 bij de term: Volgens conventie, indien warmte wordt uitgewisseld tussen een rekenzone en de buitenomgeving, is de uitkomst positief indien de warmtestroom van binnen naar buiten gaat (warmteverlies).

### 3.169

#### warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie

warmtestroom ten gevolge van de in een rekenzone binnenkomende lucht, hetzij door infiltratie of door ventilatie, gedeeld door het verschil tussen de binnentemperatuur en de temperatuur van de toegevoerde lucht

Opmerking 1 bij de term: De uitkomst van deze coëfficiënt is altijd positief. Volgens conventie is het teken van de warmtestroom positief indien de temperatuur van de toevoerlucht lager is dan de binnenluchttemperatuur. Deze definitie en opmerking zijn overgenomen uit NEN-EN-ISO 52016-1.

### 3.170

#### warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak

$R_{si}$

reciproque waarde van de warmteovergangscoëfficiënt aan het inwendig oppervlak

Opmerking 1 bij de term: Feitelijk is hier sprake van 'specifieke warmte(overgangs)weerstand', omdat het hier gaat om een warmte(overgangs)weerstand per oppervlakte. Aansluitend op het spraakgebruik is het woord 'specifieke' achterwege gelaten.

### 3.171

#### **warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak**

reciproque waarde van de warmteovergangscoëfficiënt aan het uitwendig oppervlak

Opmerking 1 bij de term: Feitelijk is hier sprake van 'specifieke warmte(overgangs)weerstand', omdat het hier gaat om een warmte(overgangs)weerstand per oppervlakte. Aansluitend op het spraakgebruik is het woord 'specifieke' achterwege gelaten.

### 3.172

#### **warmtestroom**

$\Phi$

hoeveelheid warmte die per tijd naar een systeem wordt gevoerd of uit een systeem wordt afgevoerd

### 3.173

#### **warmtestroomdichtheid**

$q$

warmtestroom per oppervlakte

### 3.174

#### **warmte- of koudeterugwinning**

warmte of koude van gebouwinstallaties of gerelateerd aan installatiefuncties (bijv. warmtapwaterbereiding) die direct in een gerelateerde installatie wordt gebruikt om de warmte- of koudebehoefte te verlagen en die anders verloren zou zijn gegaan (bijv. warmteterugwinning uit ventilatielucht)

Opmerking 1 bij de term: De definitie is overgenomen uit NPR-CEN/TR 15615, met toevoeging van de koudebehoefte.

### 3.175

#### **warmteverliescoëfficiënt door transmissie**

$ht$

totale warmtestroom door transmissie die in stationaire toestand vanuit een verwarmd gebouw of gedeelte van een gebouw optreedt, gedeeld door het temperatuurverschil tussen de verwarmde binnenumgeving en de buitenlucht, een en ander onder gespecificeerde omstandigheden

Opmerking 1 bij de term: Deze gespecificeerde omstandigheden zijn als volgt:

- aan de buitenzijde is de stralingstemperatuur gelijk aan de luchttemperatuur (bijv. bij een bewolkte nachtelijke hemel);
- de snelheid van langs buitenoppervlakken strijkende lucht bedraagt 4 m/s;
- de snelheid van langs binnenoppervlakken strijkende lucht is lager dan 0,2 m/s.

### 3.176

#### **warmtevraagvolgende WKK**

WKK die zo wordt bedreven dat alle opgewekte warmte nuttig wordt gebruikt

Opmerking 1 bij de term: Nuttige warmtelevering omvat zowel directe warmtelevering als warmtelevering via een warmtebuffer.

**3.177**

**warmteweerstand van een scheidingsconstructie**

$R_C$

reciproque waarde van de warmtedoorgangscoëfficiënt ( $U_C$ ) van de scheidingsconstructie, verminderd met de warmteovergangsweerstanden

**3.178**

**warmtewinst**

som van de interne warmteproductie en de binnenkomende zonnewarmte in een gebouw of een gedeelte van een gebouw

Opmerking 1 bij de term: Negatieve bronnen ('sinks') die warmte onttrekken aan het gebouw, zoals gekoeldwaterleidingen, worden opgenomen als warmtewinst met een negatief teken.

Opmerking 2 bij de term: In tegenstelling tot gewone warmteoverdracht, is het temperatuurverschil tussen de beschouwde zone en de temperatuur van de warmtebron niet de drijvende kracht voor de warmtewinst.

Opmerking 3 bij de term: Onder zomercondities vormen warmtewinsten met een positief teken een extra warmtebelasting voor de ruimte.

**3.179**

**warmwaterdoorstroomtoestel**

geisertoestel dat slechts gedurende het tappen het doorstromende water tot een bepaalde temperatuur verwarmt

**3.180**

**warmwatervoorraadtoestel**

boilertoestel dat een hoeveelheid water, aanwezig in een voorraadvat, verwarmt tot een bepaalde temperatuur en waarbij de energietoevoer een integraal onderdeel van het vat is

**3.181**

**zelfstandige eenheid in een woonfunctie**

(woon)eenheid die beschikt over een eigen toilet- en badruimte en een eigen opstelplaats voor een kooktoestel (keuken)

**3.182**

**zichtveld**

naar buiten gekeerde halve ruimte, wanneer een verticaal vlak door het midden van het desbetreffende zonontvangende vlak met dezelfde oriëntatie als de desbetreffende constructie wordt beschouwd

**3.183**

**zijbelemmering**

alle obstakels die de bepaling van het effect van beschaduwing belemmeren, doordat zij zich in het zichtveld loodrecht of onder een hoek naast het zonontvangende vlak bevinden en zo een belemmering vormen voor de zonnestraling bij een zonnestand onder een bepaalde grens

VOORBEELDEN Zijvleugel.

**3.184**

**zoninstraling**

opvallende zonnewarmte per oppervlakte-eenheid

**3.185****zonneboilersysteem**

thermisch zonne-energiesysteem met uitsluitend een warmtapwaterfunctie

**3.186****zonneboilersysteem met geïntegreerde naverwarming**

thermisch zonne-energiesysteem dat is voorzien van een opslagvat dat op temperatuur wordt gehouden om volledig aan de warmtebehoefte voor verwarming en/of warm tapwater te voldoen

**3.187****zonnencollector**

component van een zonne-energiesysteem, ontworpen om zonnestraling te absorberen en de aldus gewonnen warmte over te dragen aan een vloeistof

**3.188****zonnencombisysteem**

thermisch zonne-energiesysteem dat warmte levert voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater

**3.189****zonne-energiesysteem,**

thermisch zonne-energiesysteem

systeem dat zonne-energie gebruikt voor ruimteverwarming en/of warm tapwater, bestaand uit zonnencollector(en), warmteopslag en eventuele leidingen en regel- en/of beveiligingssysteem

Opmerking 1 bij de term: Zonnencollector en warmteopslag kunnen gescheiden componenten zijn, maar ze kunnen ook gecombineerd zijn in één component.

Opmerking 2 bij de term: In het algemeen is een naverwarmingstoestel nodig om volledig aan de warmtevraag te voldoen.

**3.190****zonnepaneel**

zonnestroompaneel

component waarmee onder invloed van (zon)licht elektriciteit kan worden opgewekt

**3.191****zonnestroomsysteem**

voorziening voor de opvang en omzetting van zonne-energie in elektriciteit

Opmerking 1 bij de term: Zonnestroomsystemen werden voorheen fotovoltaïsche zonne-energiesystemen (zonnestroomsystemen) genoemd.

**3.192****zonnewarmtewinst**

warmte geleverd door zonnestraling, direct of indirect (na absorptie op gebouwelementen of meubilair e.d.) binnenkomend in het gebouw door ramen, dichte gevels en daken, of passieve zonne-energiesystemen zoals serres en transparante isolatie

Opmerking 1 bij de term: Actieve zonne-energiesystemen zoals zonnencollectoren worden beschouwd als gebouwinstallaties.

**3.193****zonshoogte**

hoek tussen de stralingsrichting van de zon en het horizontale vlak

## 4 Symbolen, indexen en afkortingen

### 4.1 Symbolen

Symbol	Grootheid	Eenheid	Engelse oorsprong
$A$	oppervlakte	$\text{m}^2$	area
$a$	hulpvariabele	-	numerical parameter
$b$	correctiefactor of reductiefactor	-	
$B$	belasting van toestel	$\text{kW}$	
$B$	breedte	$\text{m}$	
$C$	effectieve interne warmtecapaciteit	$\text{J/K}$	heat capacity
$c$	specifieke warmtecapaciteit	$\text{J/kgK}$	specific heat capacity
$c$	coëfficiënt	-	coefficient
$C$ of $c$	constante	-	
$D$	specifieke interne warmtecapaciteit	$\text{kJ/m}^2\text{K}$	
$d$	dikte	$\text{m}$	thickness
$d$	diameter	$\text{m}$	
$E$	energie in het algemeen; inclusief primaire energie, alle energiedragers (uitgezonderd warmte, hulpenergie en arbeid)	$\text{MJ, kg, m}^3, \text{J}$	energy in general; including primary energy, all energy carriers (except heat, auxiliary electricity and work)
$E$	verlichtingssterkte	$\text{Lx}$	illuminance
$E$	specifieke energieprestatie	$\text{kWh/m}^2$	energy performance
$e$	speciek elektriciteitsgebruik	$\text{kWh/m}^2$	
$F$	factor	-	factor
$F$	reductiefactor	-	reduction factor
$F$	fractie	-	fraction
$f$	factor, coëfficiënt, verhouding	-	factor
$g$	zontoetredingsfactor	-	total solar energy transmittance of a building element
$H$	warmteoverdrachtcoëfficiënt	$\text{W/K}$	heat transfer coefficient
$H$	warmteverliescoëfficiënt	$\text{W/K}$	
$h$	warmteovergangscoëfficiënt	$\text{W/m}^2\text{K}$	surface coefficient of heat transfer
$h$	warmtetransmissiecoëfficiënt	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	heat transfer coefficient
$H$	hoogte	$\text{m}$	

Symbol	Grootheid	Eenheid	Engelse oorsprong
$I$	opvallende zonnestraling	$\text{W}/\text{m}^2$	(solar) irradiance
$I$	stroom	A	
$J$	Jaar	-	
$K$	aerodynamische doorstroming van een rooster	-	
$K$	emissiecoëfficiënt	-	
$K$	vermogen (pv per oppervlakte)	$\text{W}/\text{m}^2$	
$k$	luchtdoorlatendheid	$\text{m}^2$	
$L$	thermische koppelingscoëfficiënt	$\text{W}/\text{K}$	
$L$	lengte	m	length
$LNG$	lengtegraad	°	
$\ell$	lengte van een lineaire thermische brug	m	
$m$	massa	kg	mass (e.g. quantity of co <sub>2</sub> -emissions)
$m$	maandnummer	-	
$m$	modulatie	-	
$N$	aantal (alleen gehele getallen)	-	number of items (integer only)
$n$	aantal	-	number of items
$P$	vermogen (algemeen, inclusief elektrisch vermogen)	W	power (in general including electrical power)
$P$	omtrek van een vloerveld (perimeter)	m	
$p$	druk	Pa	
$p$	constante	-	
$p$	gemiddelde neerslaghoeveelheid per dag	mm/d	
$Q$	hoeveelheid warmte	MJ, J	quantity of heat
$q$	luchtvolumestroom	$\text{m}^3/\text{s}$	volumetric airflow rate
$q$	specifieke interne warmteproductie	$\text{W}/\text{m}^2$	
$q$	opgenomen vermogen	W	
$R$	warmteweerstand	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	thermal resistance
$R$	specifiek drukverlies	Pa/m	
$Ra$	rayleighgetal	-	
$t$	tijd, periode	s	time, period of time

Symbol	Grootheid	Eenheid	Engelse oorsprong
$t$	branduren	h	operating time
$T$	(absolute) temperatuur	K	
$U$	warmtedoorgangscoëfficiënt	W/m <sup>2</sup> K	thermal transmittance
$U$	spanning	V	
$u$	vochtgehalte	kg/kg	
$V$	volume	m <sup>3</sup>	volume
$W$	(elektrische) hulpenergie	J <sup>e</sup>	(electrical) auxiliary energy
$W$	elektriciteitsgebruik	kWh	electrical energy use
$Z$	diepte	m	
$z$	verticale afstand	m	

**Griekse symbolen**

$\alpha$	absorptiecoëfficiënt van een oppervlak	-	absorption coefficient of a surface for solar radiation
$\alpha$	zonsazimut	°	
$\alpha$	correctiefactor	W/(m <sup>2</sup> K)	
$\alpha$	tijdverschuiving	maand	
$\alpha$	belemmeringshoek	°	
$\beta$	hellingshoek	°	
$\beta$	deellast	-	
$\beta$	correctiefactor	-	
$\beta$	tijdverschuiving	maand	
$\gamma$	warmtebalansverhouding <sup>b</sup>	-	heat-balance ratio
$\gamma$	oriëntatie	°	
$\Delta$	verschil of toeslag (te combineren met een symbool)	-	delta (difference) prefix to be combined with symbols
$\delta$	declinatie	°	
$\delta$	penetratiediepte	m	
$\varepsilon$	emissiviteit	-	
$\varepsilon$	energiefactor	-	
$\eta$	benuttingsfactor	-	utilization factor
$\eta$	rendement	-	efficiency factor

Symbol	Grootheid	Eenheid	Engelse oorsprong
$\vartheta$	temperatuur in graden Celsius, omgevingstemperatuur (drogebol-)	°C	Celsius temperature
$\lambda$	warmtegeleidingscoëfficiënt	W/mK	thermal conductivity
$\rho$	dichtheid of volumieke massa/soortelijke massa	kg/m <sup>3</sup>	density
$\rho$	grondreflectiecoëfficiënt	-	
$\sigma$	stefan-boltzmannconstante ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ )	W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>	Stefan-Boltzmann constant ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ )
$\tau$	maandnummer van maand met laagste maandgemiddelde temperatuur	-	
$\tau$	tijdconstante	s	time constant
$\tau$	correctiefactor voor bezettingstijd	-	
$\varphi$	fasehoek		
$\varphi$	relatieve luchtvochtigheid	%	
$\chi$	warmtedoorgangscoëfficiënt van een puntvormige thermische brug	W/K	
$\Psi$	vochtgehalte	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
$\psi$	lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt	W/mK	linear thermal transmittance
$\Phi$	warmtestroom, thermisch vermogen	W	heat flow rate, thermal power

## 4.2 Indexen

Index	Betekenis	Engelse term
*	ontwerp (bij $\vartheta$ , $u_{10}$ en $D$ )	
0	basis, referentie	base, reference
A	afwezigheid	
A	veroudering (in $F_A$ )	aging
a	convectie	air voids
a	lucht	air
a	buiten (oppervlak)	
A of a	overige apparatuur	other appliances
A, a	aangrenzend(e) verwarmd(e ruimte)	adjacent
aanvoer	aanvoer	

Index	Betekenis	Engelse term
add	additionele	
adj	aangepast	adjusted
aeq	aardgasequivalenten	
ah		ambient/ surrounding
ahu	luchtbehandelingskast	
air	lucht	air
alt	(zon)hoogte	altitude
amb	omgeving	ambient
an	jaarlijks	annual
appl	toegepast	applied
arg	spuien	airing
argI	verplichte spuivoorzieningen	
argII	zomernachtventilatie	
as	as	
aux	hulp(energie)	auxiliary
avg	(tijd)gemiddelde	(time-)average
b	toestelbedrijf	
b	direct (in zonnestraling)	beam
b	basis (in temperatuur)	base
$Ewe_{H+C;nd;ventsys=C1}$	energiebehoefte-indicator	
$Ewe_{P\text{Tot}}$	primaire-fossiele-energie-gebruik	
RER <sub>PrenTot</sub>	indicator aandeel hernieuwbare energie	
boost	booster	
brm	ketelruimte	boiler room
bu	buiten	
buiten(lucht)	buiten(lucht)	
bw	kelder-/kruipruimtewand	basement wall
C	koeling	cooling
C	constant verlichtingsniveau	constant illuminance control

Index	Betekenis	Engelse term
C	(scheidings)constructie(onderdeel)	
c	constructieonderdeel	structure, construction element
calc	berekend, rekenwaarde	calculated
cav	spouw	cavity
CD	collectieve warmtevoorziening	cold – district
ch	schoorsteen	chimney
CHP	warmtekrachtkoppeling	combined heat and power
<i>ci</i>	teller voor energiedrager	energy carrier
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> -emissie	CO <sub>2</sub> emission
coincidental	toevallig	coincidental
col	zonnecollectormodule	collector
comb	gecombineerd	
comp	componenten	
con	constructieonderdeel	construction
cond	condensor	condensation
const	constant	
conv	conversie	
conv	convectie (in $F_{\text{conv}}$ )	
corr	gecorrigeerd	corrected
cr	energiedrager	energy carrier
cross	dwarsventilatie	cross ventilation
ctr	regeling	control
cv	cv-functie	
CW	koeling en warm tapwater	cooling and DHW
D	dagperiode	day period
D	isolatiemateriaal	
D	deur	door
D	direct	direct
day	dagelijks, etmaal	daily

<b>Index</b>	<b>Betekenis</b>	<b>Engelse term</b>
dayl	daglicht	daylight
dc	externe koudelevering	district cooling
dei	gebiedsenergie-infrastructuur	district energy infrastructure
del	aangeleverd, afgenoem	delivered
des	ontwerp	design
dh	externe warmtelevering	district heat
dhum	ontvochtiging (systeem)	dehumidification (system)
dif	diffuus (in zonnestraling)	diffuse
dir	direct	direct
dis	distributie/distributiesysteem	distribution
distant	levering op afstand	distance
dom	huishoudelijk	domestic
dry	droog	dry
duct	kanaal	
dw	externe warmtelevering met collectief circulatiesysteem voor warm tapwater	district hot water circulation system
DWTW	douchewaterwarmteterugwinning	
dyn	dynamisch	dynamic
e	extern, buiten, (gebouw)omhulling	external, exterior, envelope
e	efficiëntie	
ecl	buitenspouwblad	exterior construction layer
EEI	Energie-efficiëntie-index	
eff	effectief	Effective
eha	afgevoerde lucht	
el	elektriciteit/elektrisch	electricity
eldf	elektriciteitsgebruik vorstbeveiliging	
elvv	elektrische voorverwarming	

<b>Index</b>	<b>Betekenis</b>	<b>Engelse term</b>
elm	elektromotor	
em	emissie	emission
em	afgifte(systeem)	
emb	geïntegreerd	embedded
emt	afgiftesysteem	emitter
env	constructie	envelope
equi	equivalent	equivalent
est	geschat	estimated
ETA	afvoerlucht	extract air
ev	bronpomp	
evap	verdamper	
exp	geëxporteerd	exported
ext	extern	external
F	kozijn	frame
f	vloer	floor
ff	brandstofstroomfactor	fuel flow factor
fa	bevestigingshulpmiddel (anker)	fastener
fan	aansluitend	fan
fde	gevel	façade
fg	rookgas	flue gas
fi	teller voor brandstof	fuel
fl	vloer	floor
float	free floating condities (zonder verwarming)	free floating conditions (zero heating)
for	forfaitair	–
fr	kozijn	frame
g	gebruik (in gebruiksoppervlakte)	–
g	grond	ground
g	globaal (in zonnestraling)	
gas	gas	gas
gem	gemiddeld	

<b>Index</b>	<b>Betekenis</b>	<b>Engelse term</b>
gen	opwekking/opweksysteem	generation
gi	teller voor opwekking	generation
gk	gasklep	
gl	glas, beglazing	glazing, glazed element
gn	winst	gains
gnpref	niet-preferente opwekking	
gns	winst	gains
gpref	preferente opwekking	
gr	(van/naar de) grond	ground
H	verwarming	heating
h	uur	hour
H/C	verwarming en/of koeling	heating and/or cooling
H20	vochtigheid	humidity
HB	vochtbalans	hydraulic balance
Hc		heating circuit
HCW	verwarming, koeling en warm tapwater	heating, cooling and DHW
HD	collectieve warmtevoorziening	heating – district
HE	warmtewisselaar	heat exchange
hor	horizontaal	
hp	warmtepomp	heat pump
HRU	warmtewisselaar	heat recovery unit
hr	warmteterugwinning	heat recovery
ht	warmteoverdracht	heat transfer
hum	bevochtiging (systeem)	humidification (system)
HW	verwarming ten opzichte van verwarming en warm tapwater	
HW	verwarming en warm tapwater	heating and DHW

<b>Index</b>	<b>Betekenis</b>	<b>Engelse term</b>
hydr	hydraulisch	hydraulic
i	intern	internal
i	binnen-, ingaand	
i	teller, rangnummer	
ia	van binnen naar aangrenzend	interior - adjacent
icl	binnenspouwblad	interior construction layer
im	onderbroken	intermittent
in	input, invoer, intrede	input
in	inwendig	
inc	inclusief	
incl	inclusief	including
inf	infiltratie	
ini	initieel	
ins	isolatiefactor	
inst	geïnstalleerd	
int	intern	internal
intm	onderbroken, nacht- of weekendverlaging	intermittent
iso	isolatie(laag)	insulation
j	teller, rangnummer	
k	teller, rangnummer	
L	verlichting	lighting
L	lengte	
lea	lek(verliezen)	leak
leeward	lijzijde	leeward
lev	verdieping	level
low	gereduceerd (setpoint)	lowered
lr	langgolvige straling	long-wave radiative
ls	verliezen	losses
m	massagerelateerd	mass related

Index	Betekenis	Engelse term
m	gemodificeerd	modified
M	vocht (in $F_M$ )	moisture
mat	materiaal	
max	maximum	maximum
mbf	mengsel van biobrandstof en fossiele brandstof	-
mean	gemiddeld	
meas	gemeten	measuring
mech	mechanisch (ventilatiesysteem)	mechanical (ventilation system)
mi	teller voor maand	month
min	minimum	minimum
mix	gemengd	
mn	gemiddelde (tijd of plaats)	mean (time or space)
mod	matig	moderately
month	maand	month
N	nachtperiode	night period
N	nominaal	
n	voor- en nadraaitijd	
n	geïnstalleerd (vermogen)	nominal (power)
n	normaal (loodrecht)	perpendicular
$\eta_0$	maximale collectorrendement bij een warmteverlies van nul	zero-loss collector efficiency
nat	natuurlijk(e ventilatie)	
nc	niet geconditioneerd	non-conditioned
nd	behoefte	need
nd	nadraaitijd	
nEPus	gebruik dat niet tot de energieprestatie wordt gerekend	
net	netto	net
ngen	systeem zonder opwekking	system excluding generator

<b>Index</b>	<b>Betekenis</b>	<b>Engelse term</b>
nod	knoop	node
node	knoop	node
nom	nominaal	
nrcd	niet-teruggewonnen	not recovered
nren	niet-duurzaam	non-renewable
ntr	ondoorschijnend	non transparent
nuttig	nuttig	
nv	niet-geventileerd	
o	aanwezigheid	occupancy
O <sub>2</sub>	zuurstof	oxygen
obst	externe belemmering	external obstacles
oc	bewoners	occupants
ODA	buitenlucht	outdoor air
off	uit	off
on	aan	on
onb	onbalans	
ontw	ontwerp	
op	niet-transparant	opaque
op	bedrijfstijd	operation/ operational
or	oriëntatie	
out	output, uitvoer	output
overall	overall systeem	
overlap	overlap	overlap
ow	onderwaarde	
P	primaire energie	primary energy
P	parasitair	parasitic
p	pomp	pump
p	geprojecteerd	
p	paneel	panel
P of p	leiding	pipe

Index	Betekenis	Engelse term
path	opening	
pe	(door) periodieke variatie buitentemperatuur	
pi	(door) periodieke variatie binnentemperatuur	
pi	nominaal (nom) of maximaal (max) vermogen	
pi	teller voor perceel	parcel
pk	piek	
pl	deellast	part load
pmp	pomp	pump
pr	geproduceerd	produced
prac	praktijk	practice
prec	voorgekoeld	precooled
preh	voorverwarmd	preheated
preference	voorkeur, preferent	preference
proc	processen en goederen	processes and goods
pse	passieve zonne-energie	passive solar energy
pump	pomp	pump
pv	zonnestroom (fotovoltaïsch)	solar electricity (photovoltaic)
r	straling	radiative
r	dak	roof
rad	straling	radiant
rbl	terugwinbare verliezen	recoverable losses
RCA	recirculatie	recirculation
rcd	teruggewonnen	recovered
red	gereduceerd	reduced
ref	referentie	
reg	regeneratie	
reg	regeling	
ren	hernewbare energie, duurzame energie	renewable energy

Index	Betekenis	Engelse term
rend	rendement isolatie	
req	vereist	required
RER	aandeel hernieuwbare energie	
ret	retour	
ri	hernieuwbare energiebron	
roomaut	gebouwautomatisering	room automation
RT	retour	return
rvd	teruggewonnen	recovered
rw	overige restwarmte	residual heat
s	stilstand	
s	bruto	gross
s	verzadigd (in dampspanning)	saturated
sat	verzadigd	saturation
s-b	stilstandverlies	stand-by
SC	zomercomfort	
schil	gebouwschil	
se	uitgaand, uitwendig	surface external
sens	voelbaar	sensible
set	setpoint	set-point
setback	set-back	set back
SFP	specifiek ventilatorvermogen	
sh	beschaduwing	shading
sh	douche	shower
shut	luik	shutter
si	teller voor (sub)systeem	(sub)system
si	klimatiseringssysteem in een klimatiseringszone, systeem dat comfortcondities in een ruimte beheert binnen vastgestelde grenzen	
si	ingaand, inwendig	surface internal
site	locatie	site
sj	teller voor (sub)systeem	(sub)system

<b>Index</b>	<b>Betekenis</b>	<b>Engelse term</b>
sk	teller voor (sub)systeem	(sub)system
sky	hemel	sky
sol	zon	solar
soli	zonne-energiesysteem	
source	bron	source
sp	sorptiewarmtepomp	
sp	ruimtelijk	space
spec	specifiek	specific
special	speciaal	special
spui	spui	
srce	bron	source
ss	serre	sunspace
ss	serre/atrium	sun heated space
st	stoichiometrisch	stoichiometric
stc	volledig verwarmde ruimte	thermally conditioned space
sto	opslag	storage
stook	stook	
str	stratificatie	stratification
SUP	toevoer (van lucht)	supply (of air)
sv	sterk geventileerd	
sys	systeem	system
T	geprojecteerd	
T	thermisch, temperatuur	thermal, temperature
T	totaal	
t	taps toelopende laag van de constructie	tapered layer
t	tijdfractie	
tbu	buitenluchttemperatuur	
test	test	test
tg	tapwaterzijdig	

<b>Index</b>	<b>Betekenis</b>	<b>Engelse term</b>
th	thermisch	thermal
tmi	tijdsduur van maand <i>mi</i>	
Tot	totaal	total
tot	totaal (alle andere toepassingen dan Totaal energiegebruik)	total
totaal	totaal	
tr	transmissie warmtetransport	transmission heat transfer
u	onverwarmd (in aangrenzende onverwarmde ruimte)	unconditioned
ue	van aangrenzende onverwarmde ruimte naar buiten	
us	op het eigen perceel	
us	gebruikt	
us	gebruiksfunctie	
us, use	gebruik	use
usi	teller voor gebruiksfunctie	
V	ventilatie	ventilation
variable	variabele	
vd	voordraaitijd	
ve	ventilatie warmtetransport	ventilation heat transfer
vent	natuurlijke ventilatie	
verbr	verbranding	
vert	verticaal	
VG	verblijfsgebied	
vis	visueel, zichtbaar	visual, visible
w	raam	window
W	warm tapwater	domestic hot water (DHW)
W	woningbouweenheden	
WD	collectief circulatiesysteem	domestic hot water (DHW) - district

<b>Index</b>	<b>Betekenis</b>	<b>Engelse term</b>
wi	Afvalverbrandingsinstallatie	Waste incinerator (AVI)
windward	loefzijde	windward
wnd	wind	wind
woon	woonfunctie	
XD	collectief energiesysteem	district energy system
z	zone	
zi	rekenzone, gebouw of gedeelte van een gebouw dat voor de berekening van het energiegebruik voor verwarming, koeling, bevochtiging en ontvochtiging en ventilatie als één geheel mag worden beschouwd	
ztu	aangrenzende onverwarmde ruimte/serre	thermally unconditioned zone

### 4.3 Afkortingen

<b>Afkorting</b>	<b>Betekenis</b>	<b>Engelse afkorting</b>	<b>Betekenis in het Engels</b>
AHU	luchtbehandelingskast	AHU	air handling unit
AOR	aangrenzende onverwarmde ruimte		
AOS	aangrenzende onverwarmde serre		
AR	aangrenzende ruimte		
AVI	afvalverbrandingsinstallatie		
AVR	aangrenzende verwarmde ruimte		
BEG	Besluit energieprestatie gebouwen		
BG	biogas en groen gas		
BM	biomassa		
COP	coëfficiënt energieprestatie		coefficient of performance
CR	capaciteitsverhouding		capacity ratio

Afkorting	Betekenis	Engelse afkorting	Betekenis in het Engels
DH	externe warmtelevering voor verwarming		
DW	externe warmtelevering voor warm tapwater		
DWTW	douchewaterwarmteterugwinning		
EER	energierendementsverhouding		Energy Efficiency Ratio
EI	energie-index		
EL	elektriciteit		
EP	energieprestatie		
EPC	energieprestatiecoëfficiënt		
EWP	elektrische warmtepomp		
GAWP	door gasabsorptie aangedreven warmtepomp		
GF	glazen oppervlakte		glass surface area
GMWP	door een gasmotor aangedreven warmtepomp		
GWP	gaswarmtepomp		
HF	hot fill		
HR	hoog rendement		
HT	hoge temperatuur		
IAM	hoekafhankelijkheidscoëfficiënt		incident angle modifier
LT	lage temperatuur		
LTA	lichttoetredingsfactor		
LTV	lagetemperatuurverwarming		
PV	fotovoltaïsch		
PVT	zonnewarmte		PV Thermal
RER	aandeel hernieuwbare energie	RER	renewable energy ratio
TO	temperatuuroverschrijding	K	
TRV	thermostatische radiatorkraan	TRV	thermostatic radiator valve
UB	utiliteitsbouw bestaande bouw		

Afkorting	Betekenis	Engelse afkorting	Betekenis in het Engels
UN	utiliteitsbouw nieuwbouw		
VR	verbeterd rendement		
WB	woningbouw bestaande bouw		
WKK	warmte-krachtkoppeling	CHP	combined heat and power
WKO	warmte-koudeopslag		
WN	woningbouw nieuwbouw		
WTW	warmteterugwinning		
ZTA	zontoetredingsfactor		

## 5 Toepassing en bepaling energieprestatie

### 5.1 Toepassing

#### 5.1.1 Principe

De bepaling van de energieprestatie kent vier toepassingsgebieden:

- 1) woningbouw nieuwbouw;
- 2) woningbouw bestaande bouw;
- 3) utiliteitsbouw nieuwbouw;
- 4) utiliteitsbouw bestaande bouw.

De bepalingsmethode is voor de vier toepassingsgebieden zoveel mogelijk gelijk gehouden. Op sommige onderdelen wijkt de bepalingsmethode echter af.

Om het risico van oververhitting te beperken is in deze NTA een vereenvoudigde methode opgenomen voor het berekenen van het risico van te hoge temperaturen. Het risico van te hoge temperaturen wordt per rekenzone en per oriëntatie bepaald aan de hand van de maand juli ( $TO_{juli}$ -indicator). Deze berekening hoeft alleen uitgevoerd te worden voor rekenzones waarin geen actief koelsysteem aanwezig is. In de Omgevingsregeling zijn grenswaarden opgenomen voor de  $TO_{juli}$ -indicator waar deze rekenzones aan moeten voldoen. Rekenzones waarin een actief koelsysteem is aangebracht, worden geacht te voldoen aan dit criterium.

**OPMERKING** In het kader van de  $TO_{juli}$ -indicator worden in 5.7.1 nadere duiding en randvoorwaarden gegeven voor de bepaling van een actief koelsysteem.

#### 5.1.2 Toepassingsvoorschrift

**Tabel 5.1 — Indeling in toepassingsgebieden**

Toepassing	Toepassingsgebied
In geval van bepaling van de energieprestatie in het kader van minimumeisen in het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving	Woningbouw nieuwbouw
	Utiliteitsbouw nieuwbouw
In geval van bepaling van de energieprestatie in het kader van het opstellen van een energielabel.  In geval van bepaling van de energieprestatie in het kader van het kunnen toetsen aan afgesproken of beoogde niveaus.	Woningbouw bestaande bouw
	Utiliteitsbouw bestaande bouw
In geval van bepaling van de energieprestatie in het kader van subsidieregelingen en fiscale regelingen.	
In geval van bepaling van de energieprestatie in het kader van het WWS.	
In geval van bepaling van de energieprestatie in het kader van de regeling Energie Prestatie Vergoeding.	

Tot de categorie **woningbouw** behoren woonfuncties en logiesfuncties niet zijnde een logiesgebouw. Hier toe behoren bijvoorbeeld een eengezinswoning, een woonwagen, een woonboot, een studentenhuis, een vakantiehuisje en een individueel verwarmd vakantieappartement.

Tot de categorie **utiliteitsbouw** behoren alle gebruiksfuncties, met uitzondering van woonfuncties en logiesfuncties niet zijnde een logiesgebouw, waarvoor de wetgeving aangeeft dat er een eis wordt gesteld aan de integrale energieprestatie.

### **5.1.3 Aanwijzingen voor het maken van energieberekeningen**

In deze NTA zijn alle rekenregels opgenomen voor het bepalen van de energieprestatie. Om deze rekenregels toe te kunnen passen zullen in een aantal gevallen aanvullende aanwijzingen of toelichtingen nodig zijn. Deze extra aanvullingen en toelichtingen zijn opgenomen in de opnameprotocollen ISSO 82.1 (woningbouw) en ISSO 75.1 (utiliteitsbouw).

Bij het maken van een energieprestatieberekening moet de berekening worden uitgevoerd op basis van gedetailleerde invoergegevens. Dit geldt voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw. Terugvallen (inklappen) op forfaitaire waarden is alleen toegestaan als gedetailleerde informatie (deels) ontbreekt of als de forfaitaire rekenmethode leidt tot een conservatieve berekening van de energieprestatie. Het uitgangspunt hierbij is dan dat de te verzamelen informatie visueel waarneembaar is of op een andere wijze (eenvoudig) te achterhalen is (bijvoorbeeld op basis van facturen, productinformatie of tekeningen). In de opnameprotocollen ISSO 82.1 en ISSO 75.1 wordt beschreven welke inspanning men hiervoor geacht wordt te plegen om zodoende de energieprestatie van het gebouw zo goed mogelijk te kunnen berekenen.

Een aantal gegevens zal altijd, met een bepaalde nauwkeurigheid, opgenomen moeten worden. Dit betreft dan minimale invoer die nodig is om een berekening te kunnen maken. Als deze invoer niet beschikbaar is, dan kan er geen berekening gemaakt worden. In de opnameprotocollen ISSO 82.1 en ISSO 75.1 wordt beschreven om welke parameters dit gaat, hoe men deze informatie moet verzamelen en met welke nauwkeurigheid dit gedaan moet worden. Een voorbeeld van een dergelijke aanwijzing is de wijze waarop de gebruiksoppervlakte en de verliesoppervlakte van een gebouw opgemeten moeten worden.

Er zijn ook situaties waarin invoergegevens gedeeltelijk ontbreken. In deze NTA staat op een aantal plekken welke invoer aangehouden moet worden in de situatie dat alle informatie over een specifiek kenmerk ontbreekt: men zal dan de meest conservatieve forfaitaire waarde moeten aanhouden. Het zal in de praktijk echter ook voorkomen dat er wel beperkte informatie is, maar dat niet alle gegevens beschikbaar zijn. In de opnameprotocollen ISSO 82.1 en ISSO 75.1 wordt beschreven welke invoerwaarden in die gevallen aangehouden kunnen worden.

Sommige gedetailleerde bepalingsmethoden in deze NTA zijn vrij arbeidsintensief, waarbij de bijbehorende forfaitaire methode vrijwel altijd leidt tot een conservatief resultaat. In die situaties mag de forfaitaire methode gebruikt worden, ook al zijn de gedetailleerde gegevens beschikbaar. In de opnameprotocollen ISSO 82.1 en ISSO 75.1 wordt beschreven wanneer dit toegestaan is.

Een energieprestatieberekening moet reproduceerbaar en handhaafbaar zijn. Om dat te bereiken moet een energieprestatiadviseur in het projectdossier vastleggen welke uitgangspunten gebruikt zijn bij het opstellen van de berekening inclusief een (korte) verantwoording over eventueel gemaakte keuzes ter vereenvoudiging van de berekening.

### **5.1.4 Beleidmatige aspecten**

In dit hoofdstuk zijn de formules opgenomen waarmee, op basis van de berekende energiegebruiken uit hoofdstukken 7 t/m 17, de energieprestatie-indicatoren bepaald kunnen worden. Bij deze

omrekening naar energieprestatie-indicatoren worden diverse beleidsmatige uitgangspunten gehanteerd zoals de primaire energiefactoren en de definitie van de energieprestatie-indicatoren. Dit hoofdstuk is hiermee volledig beleidsmatig. De getallen en uitgangspunten in dit hoofdstuk kunnen in de toekomst, zonder tussenkomst van een NTA/NEN-commissie, door het ministerie van Binnenlandse Zaken aangepast worden.

Naast de beleidsfactoren zoals in dit hoofdstuk genoemd, staan in hoofdstukken 6 t/m 17 ook nog diverse beleidsfactoren in de lopende tekst opgenomen. Bijlage Z geeft een overzicht waarin NTA 8800 beleidsfactoren worden genoemd. De bij deze parameters in NTA 8800 opgenomen waarden moeten worden beschouwd als vaste waarden.

## 5.2 Energieprestatie, algemeen

Met deze NTA kunnen de energieprestatie-indicatoren van een gebouw bepaald worden. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie afzonderlijke energieprestatie-indicatoren ( $E_{weH+C;nd;ventsyst=C1}$ ;  $E_{wePTot}$  en  $RER_{PrenTot}$ ).

Een belangrijk aspect van deze energieprestatie-indicatoren vormt de berekening van het karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik,  $E_{PTot}$ , van een gebouw. Ongeacht de toepassing wordt van het gebouw het karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik,  $E_{PTot}$ , bepaald, als de som van het naar primaire fossiele energie omgerekende gebruik aan:

- verwarming,
- bevochtiging,
- ventilatoren,
- verlichting,
- koeling,
- ontvochtiging,
- warm tapwater,

en het totaal aan daarbij gebruikte hulpenergie, verminderd met de naar primaire fossiele energie omgerekende eventuele op eigen perceel geproduceerde (gebouwgebonden) energie, zie 5.5. Voorbeelden hiervan zijn elektriciteitslevering van een gebouwgebonden pv-installatie of warmtekrachtinstallatie.

De wijze van berekening van de energieprestatie-indicatoren en de eisen ten aanzien van deze indicatoren in de bouwregelgeving zijn op elkaar afgestemd. De voor de berekening van deze indicatoren geldende uitgangspunten (klimaatgegevens, aard van het gebruik van het gebouw, gebruiksgedrag e.d.) zijn een onlosmakelijk onderdeel van deze afstemming.

Naast de bepalingsmethode voor de energieprestatie-indicatoren is in deze NTA ook een methode opgenomen voor het bepalen van de  $T_{0,jul}$ -indicator. Deze indicator geeft voor rekenzones die niet voorzien zijn van een actief koelsysteem, een indicatie van het risico op oververhitting per oriëntatie, zie 5.7.

**OPMERKING 1** De minimumeisen in de bouwregelgeving zijn vastgesteld op basis van analyses van de relatie tussen de berekende energieprestatie-indicatoren en de aard en omvang van de energiebesparende maatregelen waarmee voor verschillende gebouwafmetingen, -vormen en -uitvoeringen deze energieprestatie kan worden bereikt. Het hanteren van andere uitgangspunten bij de berekening zou leiden tot andere waarden voor de

energieprestatie-indicatoren en dus, zonder gelijktijdige aanpassing van de minimumvereisten, tot een andere aard en omvang van de energiebesparende maatregelen dan in de regelgeving is bedoeld. Eenzelfde redenering geldt voor de relatie tussen de energieprestatie-indicatoren en de indeling in energieprestatieklassen. Met andere woorden: als aan de uitgangspunten wordt getornd, kan de berekende energieprestatie niet meer worden getoetst aan de eis respectievelijk worden vertaald naar een energieprestatieklaasse.

**OPMERKING 2** Deze NTA geeft een karakterisering van de energieprestatie van de bouwkundige onderdelen van het gebouw en de installaties. Het bepaalde karakteristieke energiegebruik en het werkelijke energiegebruik kunnen van elkaar verschillen door bijvoorbeeld verschillen in gebruiksgedrag en buitenklimaat.

**OPMERKING 3** Toepassing van deze NTA op gebouwen waarin de warmtehuishouding van het productieproces dominant is, kan leiden tot niet-rationele afwegingen om het energiegebruik te beperken. Dit speelt met name voor industriële processen, waarvoor geen energieprestatie-eisen en energielabelplicht geldt.

## 5.3 Bepaling van de energieprestatie-indicatoren

### 5.3.1 Bepaling van de energieprestatie-indicatoren

Met deze NTA kunnen de drie energieprestatie-indicatoren bepaald worden:

- de energiebehoefte-indicator  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ ;
- de primaire-fossiele-energie-indicator  $Ewe_{PTot}$ ;
- het aandeel hernieuwbare energie  $RER_{PrenTot}$ .

In het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving is per gebruiksfunctie een eis aan de drie energieprestatie-indicatoren gesteld. Daarnaast stelt het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving dat bij utiliteitsgebouwen met meer dan één gebruiksfunctie waarvoor een eis aan de energieprestatie geldt, dat de energieprestatie van het utiliteitsgebouw getoetst moet worden aan de naar gebruiksoppervlakte ( $A_g$ ) gewogen energieprestatie-eisen van de in dat gebouw aanwezige gebruiksfuncties waarvoor een eis geldt. De gebruiksoppervlakte moet bepaald worden volgens 6.6.

In combinatiegebouwen met zowel woningbouw- als utiliteitsbouwfuncties moeten de energieprestatie-indicatoren separaat voor het woningbouwdeel en het utiliteitsbouwdeel bepaald worden. De woningbouwfuncties en utiliteitsbouwfuncties mogen dus niet oppervlakte-gewogen gesommeerd worden.

Voor het bepalen van de toetswaarde voor de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator geldt voor een groot aantal gebruiksfuncties een afhankelijkheid van de compactheid van het gebouw ( $A_{ls}/A_g$ -verhouding). Bij de bepaling van de gebruiksoppervlakte-gewogen  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -eis van een gebouw geldt dat er gekeken moet worden naar de  $A_{ls}/A_g$ -verhouding van het binnen de energieprestatieberekening beschouwde gebouw, en dus niet naar de  $A_{ls}/A_g$ -verhoudingen van de afzonderlijke gebruiksfuncties. De gebruiksoppervlakte moet bepaald worden volgens 6.6, de verliesoppervlakte moet bepaald worden volgens 6.7.

Voor het bepalen van de toetswaarde voor de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator geldt voor een beperkt aantal gebruiksfuncties daarnaast ook nog een afhankelijkheid van specifieke interne warmtecapaciteit ( $D_{m,int,eff}$ ) van het gebouw. In die gevallen moet de naar gebruiksoppervlak gewogen gemiddelde specifieke interne warmtecapaciteit bepaald worden van het binnen de energieprestatieberekening beschouwde gebouw. Als deze oppervlakte gewogen gemiddelde specifieke interne warmtecapaciteit onder een in het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving opgegeven grenswaarde ligt, dan wordt een opslag op de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -eis gehanteerd. De gebruiksoppervlakte moet bepaald worden volgens 6.6, de specifieke interne warmtecapaciteit moet bepaald worden volgens 7.7.

## VOORBEELDEN:

- Een utiliteitsgebouw bestaat uit de volgende gebruiksoppervlakten: 1 000 m<sup>2</sup> kantoorfunctie en 500 m<sup>2</sup> bijeenkomstfunctie. De energieprestatie-eis van het gebouw waaraan getoetst moet worden, bedraagt in dat geval (1 000×eis kantoorfunctie + 500×bijeenkomstfunctie)/1 500. Deze gebruiksoppervlakte-gewogen bepaling van de energieprestatie-eisen geldt voor zowel  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$  als voor  $Ewe_{PTot}$  en  $RER_{PrenTot}$ . Voor de bepaling van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -eis geldt dat gekeken wordt naar de  $A_{ls}/A_g$ -verhouding van het gehele gebouw.
- Een utiliteitsgebouw bestaat uit de volgende gebruiksoppervlakten: 1 000 m<sup>2</sup> kantoorfunctie, 500 m<sup>2</sup> bijeenkomstfunctie en 10 000 m<sup>2</sup> industriefunctie. Aan de industriefunctie worden geen energieprestatie-eisen gesteld, waardoor de berekening van de energieprestatie-indicatoren zich beperkt tot de kantoorfunctie en de bijeenkomstfunctie. De energieprestatie-eis van het gebouw waaraan getoetst moet worden, bedraagt in dat geval (1 000×eis kantoorfunctie + 500×bijeenkomstfunctie)/1 500. Voor de bepaling van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -eis geldt dat gekeken wordt naar de  $A_{ls}/A_g$ -verhouding van het gedeelte van het gebouw waarin zich de bijeenkomst- en kantoorfuncties bevinden.
- Een combinatiegebouw bestaat uit de volgende gebruiksoppervlakten: 1 000 m<sup>2</sup> kantoorfunctie, 500 m<sup>2</sup> bijeenkomstfunctie en 1 000 m<sup>2</sup> woonfunctie. In dit geval moeten twee berekeningen gemaakt worden: een woningbouwberekening en een utiliteitsbouwberekening. Daarbij wordt de woningbouwberekening getoetst aan de energieprestatie-eisen voor woonfuncties. Voor het utiliteitsbouwdeel geldt dat de energieprestatie-eis voor het utiliteitsgebouw wederom gebruiksoppervlakte gewogen bepaald moet worden, en dus (1 000×eis kantoorfunctie + 500×bijeenkomstfunctie)/1 500 bedraagt. Voor de bepaling van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -eis voor het woningbouwdeel geldt dat gekeken wordt naar de  $A_{ls}/A_g$ -verhouding van het gedeelte van het gebouw waarin zich de woonfuncties bevinden, en voor het bepalen van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -eis voor het utiliteitsgebouw geldt dat gekeken wordt naar de  $A_{ls}/A_g$ -verhouding van het gedeelte van het gebouw waarin zich de bijeenkomst- en kantoorfuncties bevinden.
- Een woning van 150 m<sup>2</sup> waarbij de begane grondverdieping (50 m<sup>2</sup>) en de eerste verdieping (50 m<sup>2</sup>) een specifieke interne warmtecapaciteit hebben van 360 kJ/m<sup>2</sup>K, en de zolderverdieping (50 m<sup>2</sup>) een lichte opbouw heeft met specifieke interne warmtecapaciteit van bijvoorbeeld 120 kJ/m<sup>2</sup>K. De totale oppervlakte gewogen gemiddelde specifieke interne warmtecapaciteit  $D_{m;int;eff}$  is in dat geval (100 × 360 + 50 × 120)/150 = 280 kJ/m<sup>2</sup>K. Op basis van deze waarde moet beoordeeld worden of er sprake is van een opslag op de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -eis. De grenswaarde waaronder een opslag van toepassing is, is vermeld in het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving.

Bij een bestaand utiliteitsgebouw, waarin zich meerdere gebruiksfuncties bevinden, worden de energielabelklassegrenzen op een vergelijkbare manier (gebruiksoppervlakte-gewogen) omgerekend. Op basis van deze gebruiksoppervlakte-gewogen energielabelklassegrenzen kan vervolgens bepaald worden in welke energielabelklasse het beschouwde utiliteitsgebouw valt.

**OPMERKING 1** De energielabelklasse van een bestaand gebouw wordt bepaald op basis van de  $Ewe_{PTot}$ -indicator. De  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator en  $RER_{PrenTot}$ -indicator zullen informatief op het energielabel vermeld worden.

**OPMERKING 2** De Weighted Energy Performance,  $Ewe$ , is de officiële term en afkorting in NEN-EN-ISO 52000-1.

### 5.3.1.1 Energiebehoefte-indicator $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$

Bepaal de energiebehoefte-indicator  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$  met:

$$Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1} = \frac{Q_{H+C;nd;ventsyst=C1}}{A_{gtot}} \quad (5.1)$$

waarin:

- $Q_{H+C;nd;ventsys=C1}$  is de energiebehoefte van het desbetreffende gebouw, bij een vast ventilatiesysteem C1, bepaald volgens 5.4.2, in kWh per jaar;
- $A_{g;tot}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van het desbetreffende gebouw of gebouwdeel, bepaald volgens 6.6, in m<sup>2</sup>.

Rond de energiebehoefte-indicator naar boven af op een veelvoud van 0,01.

### 5.3.1.2 Primaire-fossiele-energie-indicator $Ewe_{PTot}$

Bepaal de primaire-fossiele-energie-indicator  $Ewe_{PTot}$  met:

$$Ewe_{PTot} = \frac{E_{PTot}}{A_{g;tot}} \quad (5.2)$$

waarin:

- $E_{PTot}$  is het karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik per jaar van het desbetreffende gebouw, bepaald volgens 5.5, in kWh per jaar;
- $A_{g;tot}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van het desbetreffende gebouw of gebouwdeel, bepaald volgens 6.6, in m<sup>2</sup>.

Rond de primaire-fossiele-energie-indicator naar boven af op een veelvoud van 0,01.

Indien er in de berekening van de energieprestatie van een gebouw gebruikgemaakt wordt van een kwaliteitsverklaring voor externe warmte- en/of koudelevering, dan moet de  $Ewe_{PTot}$ -indicator twee keer berekend worden:

- Allereerst moet de  $Ewe_{PTot}$ -indicator berekend worden met inachtneming van de op de kwaliteitsverklaring vermelde waarden voor de primaire energiefactor ( $f_{P;del;dh/dw/dc}$ ) van de externe warmte- en/of koudelevering. Het resultaat van deze eerste berekening wordt aangeduid met de term  $Ewe_{PTot;EMGverklaring}$ .
- Vervolgens moet de berekening nogmaals uitgevoerd worden, maar dan met de forfaitaire waarden voor de primaire energiefactor ( $f_{P;del;dh/dw/dc}$ ) van de externe warmte- en/of koudelevering zoals opgenomen in tabel 5.2. Het resultaat van deze tweede berekening wordt aangeduid met de term  $Ewe_{PTot;EMGforf}$ .

### 5.3.1.3 Aandeel hernieuwbare energie $RER_{PrenTot}$

Het aandeel hernieuwbare energie wordt als volgt gedefinieerd: De totale hoeveelheid gebruikte hernieuwbare energie in een gebouw als percentage van de hoeveelheid hernieuwbare en niet-hernieuwbare energie die nodig is voor gebouwgebonden systemen.

Bepaal het aandeel hernieuwbare energie  $RER_{PrenTot}$  met:

$$RER_{PrenTot} = \frac{E_{PrenTot}}{E_{PTot} + E_{PrenTot}} \times 100 \% \quad (5.3)$$

waarin:

$E_{PrenTot}$  is het hernieuwbare energiegebruik per jaar van het desbetreffende gebouw, bepaald volgens 5.6, in kWh per jaar;

$E_{PTot}$  is het karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik per jaar van het desbetreffende gebouw, bepaald volgens 5.5, in kWh per jaar.

Rond het aandeel hernieuwbare energie naar beneden af op 0,1 %.

Indien er in de berekening van de energieprestatie van een gebouw gebruikgemaakt wordt van een kwaliteitsverklaring voor externe warmte- en/of koudelevering dan moet de  $RER_{PrenTot}$ -indicator twee keer berekend worden:

- Allereerst moet de  $RER_{PrenTot}$ -indicator berekend worden met inachtneming van de op de kwaliteitsverklaring vermelde waarden voor de primaire energiefactor ( $f_{P;del;dh/dw/dc}$ ) en de primaire hernieuwbare energiefactor ( $f_{Pren;dh/dw/dc}$ ) van de externe warmte- en/of koudelevering. Het resultaat van deze eerste berekening wordt aangeduid met de term  $RER_{PrenTot;EMGverklaring}$ .
- Vervolgens moet de berekening nogmaals uitgevoerd worden, maar dan met de voorfataire waarden voor de primaire energiefactor ( $f_{P;del;dh/dw/dc}$ ) en de primaire hernieuwbare energiefactor ( $f_{Pren;dh/dw/dc}$ ) van de externe warmte- en/of koudelevering zoals opgenomen in tabel 5.2 en tabel 5.4. Het resultaat van deze tweede berekening wordt aangeduid met de term  $RER_{PrenTot;EMGforf}$ .

Het aandeel hernieuwbare energie wordt uitgedrukt in de  $RER_{PrenTot}$ -indicator, De absolute hoeveelheid energie wordt berekend met de hernieuwbare-energie-indicator:  $Ewe_{PrenTot}$ . De berekening hiervan verloopt als volgt:

$$Ewe_{PrenTot} = \frac{E_{PrenTot}}{A_{g;tot}}$$

waarin:

$E_{PrenTot}$  is het hernieuwbare energiegebruik per jaar van het desbetreffende gebouw, bepaald volgens 5.6, in kWh per jaar;

$A_{g;tot}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van het desbetreffende gebouw of gebouwdeel, bepaald volgens 6.6, in m<sup>2</sup>.

Rond de hernieuwbare-energie-indicator naar beneden af op een veelvoud van 0,01.

Indien er in de berekening van de energieprestatie van een gebouw gebruikgemaakt wordt van een kwaliteitsverklaring voor externe warmte- en/of koudelevering, dan moet de  $Ewe_{PrenTot}$ -indicator twee keer berekend worden op een vergelijkbare wijze als hierboven beschreven is voor de  $RER_{PrenTot}$ -indicator.

### 5.3.2 Warmtebehoefte van het gebouw

In situaties waarbij alleen de nettowarmtebehoefte van het gebouw relevant is, wordt de nettowarmtebehoefte-indicator  $E_{H;nd}$  als volgt bepaald:

$$E_{H;nd} = \frac{Q_{H;nd;net}}{A_{g;tot}} \quad (5.3a)$$

$Q_{H;nd;net}$  is de nettowarmtebehoefte per jaar van het desbetreffende gebouw, bepaald volgens (5.3b), in kWh per jaar;

$A_{g;tot}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van het desbetreffende gebouw of gebouwdeel, bepaald volgens 6.6, in m<sup>2</sup>.

Rond de warmtebehoefte-indicator naar boven af op een veelvoud van 0,01.

$$Q_{H;nd;net} = \sum_{mi} Q_{H;nd;net;mi} \quad (5.3b)$$

$$Q_{H;nd;net;mi} = \sum_{zi} Q_{H;nd;net;zi;mi} \quad (5.3c)$$

waarin:

$Q_{H;nd;net}$  is de nettowarmtebehoefte per jaar van het desbetreffende gebouw in kWh per jaar;

$Q_{H;nd;net;mi}$  is de nettowarmtebehoefte per maand van het desbetreffende gebouw in kWh per maand;

$Q_{H;nd;net;zi;mi}$  is de nettowarmtebehoefte per maand per rekenzone in kWh per maand, bepaald volgens 7.2.1 met inachtneming van de volgende uitgangspunten:

$$— (\Delta\eta_{H;gn;zi;mi} \times Q_{H;gn;zi;mi}) = 0;$$

$$— \eta_{H;gn;zi;mi} \times (Q_{H;ls;tbl;zi;mi} - Q_{C;ls;tbl;zi;mi}) = 0.$$

**OPMERKING 1** De nettowarmtebehoefte wordt elders ook wel aangeduid als ‘warmtevraag’; deze begrippen zijn synoniem.

**OPMERKING 2** De standaard voor woningisolatie geeft aan wanneer een woning goed genoeg is geïsoleerd om aardgasvrij te worden. De standaard is een advies voor een maximale nettowarmtebehoefte ( $E_{H;nd}$  volgens formule (5.3a)) van een woning en wordt weergegeven op het energielabel.

De standaard voor woningisolatie wordt per woning vastgesteld ( $N_{woon} = 1$ ).

De hoogte van de standaard voor woningisolatie wordt als volgt bepaald:

— in het geval van een niet in een woongebouw gelegen grondgebonden woning, een woonboot, een woonwagen en een logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw, met bouwjaar tot en met 1945:

Indien:

$$A_{ls}/A_{g;tot} < 1,0: \quad E_{H;Standaard} = 60$$

Indien:

$$A_{ls}/A_{g;tot} \geq 1,0: \quad E_{H;Standaard} = 60 + 105 \times \left( \frac{A_{ls}}{A_{g;tot}} - 1,0 \right)$$

— in het geval van een niet in een woongebouw gelegen grondgebonden woning, een woonboot, een woonwagen en een logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw, met bouwjaar na 1945:

Indien:

$$A_{ls}/A_{g;tot} < 1,0: \quad E_{H;Standaard} = 43$$

Indien:

$$A_{ls}/A_{g;tot} \geq 1,0: \quad E_{H;Standaard} = 43 + 40 \times \left( \frac{A_{ls}}{A_{g;tot}} - 1,0 \right)$$

— in het geval van een woonfunctie gelegen in een woongebouw met bouwjaar tot en met 1945:

Indien:

$$A_{ls}/A_{g;tot} < 1,0: \quad E_{H;Standaard} = 95$$

Indien:

$$A_{ls}/A_{g;tot} \geq 1,0: \quad E_{H;Standaard} = 95 + 70 \times \left( \frac{A_{ls}}{A_{g;tot}} - 1,0 \right)$$

— in het geval van een woonfunctie gelegen in een woongebouw met bouwjaar na 1945:

Indien:

$$A_{ls}/A_{g;tot} < 1,0: \quad E_{H;Standaard} = 45$$

Indien:

$$A_{ls}/A_{g;tot} \geq 1,0: \quad E_{H;Standaard} = 45 + 45 \times \left( \frac{A_{ls}}{A_{g;tot}} - 1,0 \right)$$

waarin:

$E_{H;Standaard}$  is de standaard voor woningisolatie, in kWh/m<sup>2</sup> per jaar;

$A_{ls}$  is de totale verliesoppervlakte van de thermische zone, bepaald volgens 6.7, in m<sup>2</sup>;

$A_{g;tot}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van het desbetreffende gebouw of gebouwdeel, bepaald volgens 6.6, in m<sup>2</sup>.

Rond de standaard voor woningisolatie rekenkundig af op een geheel getal.

## 5.4 Energiebehoefte van een gebouw bij vast ventilatiesysteem C1

### 5.4.1 Principe

Om de energiebehoefte ten behoeve van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator te kunnen bepalen worden de warmtebehoefte en de koudebehoefte van het gebouw (exclusief de invloed van terugwinbare systeemverliezen) gesommeerd, waarbij voor de ventilatie uitgegaan wordt van een vast ventilatiesysteem, te weten C1 volgens S.2.1, dat af kan wijken van het werkelijke ventilatieconcept, zie 5.4.3. Daarnaast worden ook voor de interne warmtelast van tapwater en verlichting vaste waarden aangehouden.

**OPMERKING 1** De keuze om de ventilatiecomponent in de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator vast te zetten door middel van een vaste waarde is een beleidmatige keuze. Deze keuze is gemaakt om te voorkomen dat de uitkomst van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator sterk afhankelijk is van het gekozen ventilatiesysteem (verschil tussen systeem C en D met warmteterugwinning). Dit vaste ventilatiesysteem wordt alleen gehanteerd in de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -berekening. In alle andere berekeningen ( $Ewe_{P,Tot}$ ,  $RER_{Pren,Tot}$ ,  $T0_{juli}$ ) wordt gerekend met het werkelijke ventilatiesysteem.

**OPMERKING 2** Door het vastzetten van het ventilatiesysteem is de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -berekening in feite een soort schilindicatorberekening en wordt de uitkomst van de berekening bepaald door de geometrie, de isolatie, de infiltratie, de oriëntatie, de zontoetreding, de interne warmte en de thermische massa van het gebouw. Het werkelijk toegepaste ventilatiesysteem heeft geen invloed op de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ .

**OPMERKING 3** Voor de interne warmtelast van tapwatersystemen en verlichtingssystemen worden vaste waarden aangehouden om te voorkomen dat de interne warmtelast door verlichting of tapwater grote invloed heeft op de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator. Het is een beleidmatige keuze om deze componenten vast te zetten in de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -berekening. In alle andere berekeningen ( $Ewe_{P,Tot}$ ,  $RER_{Pren,Tot}$ ,  $T0_{juli}$ ) worden deze parameters wel meegenomen in de berekening, en wordt gerekend met de werkelijke waarden.

### 5.4.2 Rekenregels

Bepaal de jaarlijkse energiebehoefte,  $Q_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ , in kWh, als de som van de jaarlijkse warmte- en koudebehoefte van het gebouw volgens vergelijkingen (5.4) t/m (5.8).

$$Q_{H+C;nd;ventsyst=C1} = Q_{H;nd;ventsyst=C1} + Q_{C;nd;ventsyst=C1} \quad (5.4)$$

$$Q_{H;nd;ventsyst=C1} = \sum_{mi} Q_{H;nd;ventsyst=C1;mi} \quad (5.5)$$

$$Q_{H;nd;ventsyst=C1;mi} = \sum_{zi} Q_{H;nd;ventsyst=C1;zi;mi} \quad (5.6)$$

$$Q_{C;nd;ventsyst=C1} = \sum_{mi} Q_{C;nd;ventsyst=C1;mi} \quad (5.7)$$

$$Q_{C;nd;ventsyst=C1;mi} = \sum_{zi} Q_{C;nd;ventsyst=C1;zi;mi} \quad (5.8)$$

waarin:

$Q_{H+C;nd;ventsyst=C1}$  is de energiebehoefte per jaar van het desbetreffende gebouw met het vaste ventilatiesysteem C1 ten behoeve van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator, in kWh per jaar;

$Q_{H;nd;ventsyst=C1}$  is de warmtebehoefte per jaar van het desbetreffende gebouw met het vaste ventilatiesysteem C1 ten behoeve van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator, in kWh per jaar;

$Q_{C;nd;ventsyst=C1}$  is de koudebehoefte per jaar van het desbetreffende gebouw met het vaste ventilatiesysteem C1 ten behoeve van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator, in kWh per jaar;

$Q_{H;nd;ventsyst=C1;mi}$  is de warmtebehoefte per maand van het desbetreffende gebouw met het vaste ventilatiesysteem C1 ten behoeve van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator, in kWh per maand;

$Q_{C;nd;ventsyst=C1;mi}$  is de koudebehoefte per maand van het desbetreffende gebouw met het vaste ventilatiesysteem C1 ten behoeve van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator, in kWh per maand;

$Q_{H;nd;ventsyst=C1;zi;mi}$  is de warmtebehoefte per maand per rekenzone in kWh per maand, bepaald volgens 7.2.1 met inachtneming van de volgende uitgangspunten:

$$\text{--- } (\Delta\eta_{H;gn;zi;mi} \times Q_{H;gn;zi;mi}) = 0;$$

$$\text{--- } \eta_{H;gn;zi;mi} \times (Q_{H;ls;rbl;zi;mi} - Q_{C;ls;rbl;zi;mi}) = 0;$$

---  $Q_{H;ht;zi;mi}$ ,  $\eta_{H;gn;zi;mi}$  en  $Q_{H;gn;zi;mi}$  worden berekend met een vast ventilatiesysteem met de uitgangspunten zoals beschreven in 5.4.3;

— de interne warmtelast voor utiliteitsfuncties, zoals beschreven in 7.5.2.2, wordt bepaald met de volgende vaste waarden:

- $\Phi_{H,int;W;zi;mi} = 0$ ;
- $\Phi_{H,int;L;zi;mi} = q_{L;usi} \times A_{g;zi}$ , waarbij de volgende vaste waarden voor  $q_{L;usi}$  gebruikt worden:
  - bijeenkomstfunctie voor kinderopvang 2,5 W/m<sup>2</sup>;
  - bijeenkomstfunctie overig 2,5 W/m<sup>2</sup>;
  - celfunctie 2,25 W/m<sup>2</sup>;
  - gezondheidszorgfunctie met bedgebied 2,5 W/m<sup>2</sup>;
  - gezondheidszorgfunctie overig 1,25 W/m<sup>2</sup>;
  - kantoorfunctie 1,25 W/m<sup>2</sup>;
  - logiesfunctie 1,75 W/m<sup>2</sup>;
  - onderwijsfunctie 1 W/m<sup>2</sup>;
  - sportfunctie 3 W/m<sup>2</sup>;
  - winkelfunctie 3 W/m<sup>2</sup>;
  - in rekenzones waarin meer dan één gebruiksfunctie is gelegen, wordt  $q_{L;usi}$  gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties *usi* in de rekenzone.

$Q_{C;nd;ventsyst=C1;zi;mi}$  is de koudebehoefte per maand per rekenzone in kWh per maand, bepaald volgens 7.2.2, met inachtneming van de volgende uitgangspunten:

- $Q_{H,ls;rbl;zi;mi} = 0$ ;
- $Q_{C,ls;rbl;zi;mi} = 0$ ;
- $\Delta\eta_{C;ht;zi;mi} \times Q_{C;ht;zi;mi} = 0$ ;
- $Q_{C;gn;zi;mi}$ ,  $\eta_{C;ht;zi;mi}$  en  $Q_{C;ht;zi;mi}$  worden berekend met een vast ventilatiesysteem met de uitgangspunten zoals beschreven in 5.4.3.
- de interne warmtelast voor utiliteitsfuncties, zoals beschreven in 7.5.2.2, wordt bepaald met de volgende vaste waarden:
  - $\Phi_{C,int;W;zi;mi} = 0$ ;
  - $\Phi_{C,int;L;zi;mi} = q_{L;usi} \times A_{g;zi}$ , waarbij de volgende vaste waarden voor  $q_{L;usi}$  gebruikt worden:
    - bijeenkomstfunctie voor kinderopvang 2,5 W/m<sup>2</sup>;
    - bijeenkomstfunctie overig 2,5 W/m<sup>2</sup>;

- celfunctie 2,25 W/m<sup>2</sup>;
- gezondheidszorgfunctie met bedgebied 2,5 W/m<sup>2</sup>;
- gezondheidszorgfunctie overig 1,25 W/m<sup>2</sup>;
- kantoorfunctie 1,25 W/m<sup>2</sup>;
- logiesfunctie 1,75 W/m<sup>2</sup>;
- onderwijsfunctie 1 W/m<sup>2</sup>;
- sportfunctie 3 W/m<sup>2</sup>;
- winkelfunctie 3 W/m<sup>2</sup>;
- in rekenzones waarin meer dan één gebruiksfunctie is gelegen, wordt  $q_{L,usi}$  gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties  $usi$  in de rekenzone.

**OPMERKING** De interne warmtelast voor tapwater bij utiliteitsgebouwen is op nul gesteld om te voorkomen dat het type tapwatersysteem invloed heeft op de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator. De keuze om de interne warmtelast voor tapwater voor alle functies op 0 te zetten is een beleidmatige keuze. De interne warmtelast voor verlichting is om vergelijkbare redenen ook vastgezet, en is tevens een beleidmatige keuze. Bij woningbouw is het niet nodig om op deze plek voor deze parameters aanvullende voorwaarden op te nemen omdat de interne warmte voor tapwater in de woningbouwberekening al buiten beschouwing gelaten wordt en er voor de interne warmtelast voor verlichting al met een vaste waarde gerekend wordt.

De bovenstaande vaste waarden voor de interne warmtelast zijn een beleidmatige keuze waar niet van afgeweken mag worden.

#### 5.4.3 Vast ventilatiesysteem C1 ten behoeve van $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$

##### 5.4.3.1 Woningbouw

Voor woningbouwberekeningen moet voor het vaste ventilatiesysteem ten behoeve van de  $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=C1}$ -indicator uitgegaan worden van een C1-ventilatiesysteem met de volgende kenmerken:

- VENT\_SYS\_OP = EXTRACT\_OP
- $f_{sys;tabel\ 11.5} = 1,00$
- $f_{ctrl;tabel\ 11.5} = 1,00$
- $f_{sys;tabel\ 11.6} = 1,00$
- $f_{ctrl;tabel\ 11.6} = 1,00$
- $f_{terugregel} = 1,0$
- $q_{v;ODA;req;des;reken;zi;mi} = q_{v;ODA;req;des;zi;mi}$
- $q_{usi;spec;functieg}$ , wordt ontleend aan tabel 11.8, waarbij de ondergrens zoals bepaald volgens formules (11.63), (11.64) en (11.65) niet van toepassing is

- $q_{v;\text{comb}} = 0$
- $q_{v;\text{hp}} = 0$
- $f_{\text{lea};\text{du}} = 1,05$
- geen LBK aanwezig
- geen naverwarming van de toevoerlucht in een component voor natuurlijke toevoer:  
 $\Delta T_{\text{preh};\text{roosters};zi;mi} = 0$
- geen sprake van volledige benutting van de maximale ventilatiecapaciteit bij koudebehoefte.

#### 5.4.3.2 Utiliteitsbouw

Voor utiliteitsbouwberekeningen moet voor het vaste ventilatiesysteem ten behoeve van de  $Ewe_{H+C;\text{nd};\text{ventsys}=C1}$ -indicator, uitgegaan worden van een C1-ventilatiesysteem met de volgende kenmerken:

- VENT\_SYS\_OP = EXTRACT\_OP
- $f_{\text{sys};\text{tabel 11.5}} = 1,00$
- $f_{\text{ctrl};\text{tabel 11.5}} = 1,32$
- $f_{\text{sys};\text{tabel 11.6}} = 1,00$
- $f_{\text{ctrl};\text{tabel 11.6}} = 1,00$
- $f_{\text{terugregel}} = 1,0$
- $q_{v;\text{ODA};\text{req};\text{des};\text{reken};zi;mi} = q_{v;\text{ODA};\text{req};\text{des};zi;mi}$
- $q_{v;\text{comb}} = 0$
- $q_{v;\text{hp}} = 0$
- $f_{\text{lea};\text{du}} = 1,05$
- geen LBK aanwezig
- geen naverwarming van de toevoerlucht in een component voor natuurlijke toevoer:  
 $\Delta T_{\text{preh};\text{roosters};zi;mi} = 0$
- geen sprake van volledige benutting van de maximale ventilatiecapaciteit bij koudebehoefte.

**OPMERKING** Het vaste ventilatiesysteem voor zowel woningbouw als utiliteitsbouw heeft de volgende kenmerken: C1-ventilatiesysteem met een ventilatiedebiet dat afgeleid is van de minimumventilatie-eisen uit het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving, waarbij geen sprake is van terugregeling van het ventilatiedebiet. Om te voorkomen dat een woongebouw met hele kleine wooneenheden een andere  $Ewe_{H+C;\text{nd};\text{ventsys}=C1}$ -indicator heeft dan hetzelfde gebouw met grotere wooneenheden, is de ondergrens voor het minimale ventilatiedebiet per wooneenheid niet van toepassing in de  $Ewe_{H+C;\text{nd};\text{ventsys}=C1}$ -berekening. Voor situaties met koudebehoefte wordt ervan uitgegaan dat de ventilatiecapaciteit maximaal gebruikt wordt voor passieve koeling. Het effect van eventuele aanwezige overventilatie voor warmtepompen, of extra ventilatie voor open verbrandingstoestellen wordt niet meegenomen in de  $Ewe_{H+C;\text{nd};\text{ventsys}=C1}$ -berekening. Voor de bepaling van de  $Ewe_{H+C;\text{nd};\text{ventsys}=C1}$ -indicator wordt ervan uitgegaan dat er geen luchtbehandelingskast (LBK) is en dat er

geen verwarmingslinten in de toevoerroosters zijn. Als in het gebouw een serre aanwezig is waarin de ventilatielucht op natuurlijke wijze voorverwarmd wordt, dan mag dit effect in de  $E_{weH+C;nd;ventsyst=C1}$ -bepaling meegenomen worden.

De keuze voor het bovenstaande vaste ventilatiesysteem is een beleidsmatige keuze waar niet van afgeweken mag worden.

## 5.5 Karakteristiek primaire-fossiele-energiegebruik van een gebouw

### 5.5.1 Principe

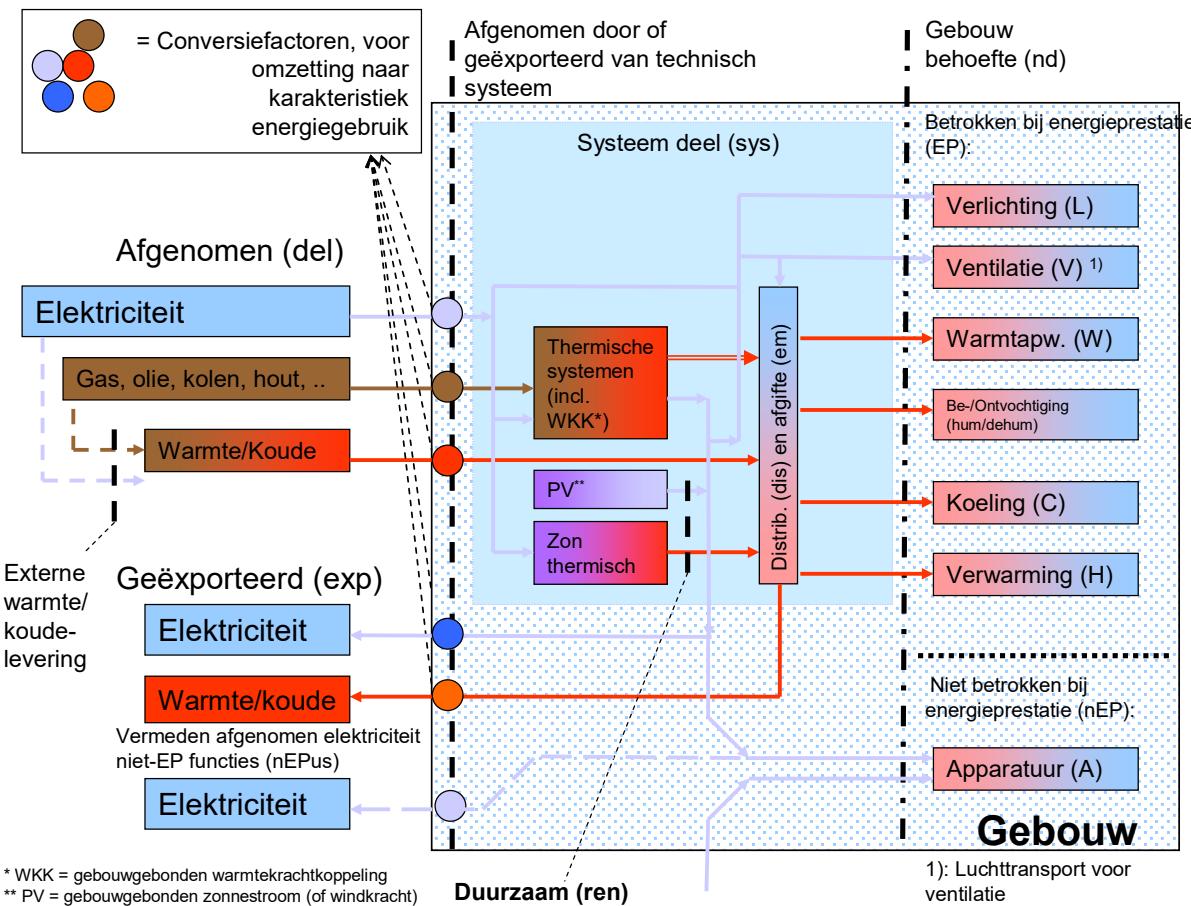
In de bepalingsmethode van het karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik ( $E_{Ptot}$ ) wordt, gegroepeerd naar energiedrager, het maandelijkse primaire-fossiele-energiegebruik bepaald voor verwarming (H), bevochtiging (hum), ventilatoren (V), verlichting (L), koeling (C), ontvochtiging (dhum), warm tapwater (W) en het totaal aan daarbij gebruikte hulpenergie (aux;tot). Hierbij wordt het eventuele extra primaire-fossiele-energiegebruik voor de op het eigen perceel geproduceerde (gebouwgebonden) energie, bijvoorbeeld elektriciteitsproductie van een gebouwgebonden warmtekrachttinstallatie, meegerekend.

De eventuele op eigen perceel geproduceerde (gebouwgebonden) energie, bijvoorbeeld zonnestroom, windenergie en elektriciteitslevering van een gebouwgebonden warmtekrachttinstallatie, wordt hierbij in mindering gebracht, na omrekening naar de hoeveelheid vermeden primaire fossiele energie.

Samen levert dit het karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik per maand. Dit karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik per maand wordt vervolgens over de maanden heen gesommeerd tot het karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik per jaar.

**OPMERKING 1** In de afgenoemde energie is passieve zonne-energie, benutting van daglicht en thermische zonne-energie reeds verrekend. Passieve zonne-energie is verrekend in de berekening van de warmte- en koudebehoefte. Benutting van daglicht is verrekend in de berekening van de energie voor verlichting. Actieve thermische zonne-energie is direct in de gebouwinstallatie verrekend. Ook andere vormen van vermeden afgenoemde energie, zoals bij warmte/koudeopslag in de bodem, kunnen meteen in de gebouwinstallatie zijn verrekend en zijn dan geen expliciete term in de berekening van het karakteristieke energiegebruik, maar worden impliciet wél verrekend.

**OPMERKING 2** Figuur 5.1 illustreert de samenhang tussen de verschillende energiehoeveelheden.



**Figuur 5.1 — Illustratie van de samenhang tussen de verschillende energiehoeveelheden**

### Algemene energie‘stromen’ en verdeling over systemen en rekenzones, per systeem

Per energiedrager (gas, elektriciteit e.d.) wordt de omrekening gemaakt naar primaire fossiele energie.

Het gebruik per energiedrager wordt opgeteld voor eventuele verschillende opwekkers met dezelfde energiedrager.

Een of meer opwekkers leveren de energie aan het distributiesysteem, samen met een duurzaam energiesysteem (bijv. zonne-energie).

Het distributiesysteem levert energie aan een of meer afgiftesystemen en eventuele luchtbehandelingenkasten.

Er kunnen meer distributiesystemen voorkomen.

Bij de omrekening van op eigen perceel geproduceerde energie naar het vermeden primaire-fossiele-energiegebruik, wordt onderscheid gemaakt tussen gebruik op eigen perceel (vermeden afgenomen energie) en vermeden energiegebruik buiten het eigen perceel (het deel van de geproduceerde energie dat wordt geëxporteerd). Vermeden afgenomen energie kan ook meteen in de gebouwinstallatie zijn verrekend en is dan geen expliciete term in de berekening van het karakteristieke energiegebruik.

**VOORBEELD** Een voorbeeld hiervan is thermische zonne-energie, zie opmerking 1.

### 5.5.2 Rekenregels

Bepaal het jaarlijkse karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik van het gebouw,  $E_{PTot}$ , in kWh, als de som van de maandelijkse naar primaire fossiele energie omgerekende afgenoemde energie voor de verschillende energiefuncties verwarming, warm tapwater, ventilatoren, verlichting, koeling, bevochtiging en ontvochtiging en de bijbehorende hulpenergie. Het karakteristieke energiegebruik wordt gegroepeerd per energiedrager,  $ci$ , inclusief het energiegebruik voor eventuele eigen productie van warmte, koude of elektriciteit, verminderd met de naar vermeden primaire energie omgerekende, op eigen perceel geproduceerde en geëxporteerde energielevering gegroepeerd naar elektriciteit en thermische energie en per voorziening  $gi$ , volgens vergelijkingen (5.9) t/m (5.14).

OPMERKING 1 Zie opmerking 1 in 5.5.1.

OPMERKING 2 Vergelijking (5.10) wordt in figuur 5.1 geïllustreerd door de energiestromen links van de onderbroken verticale lijn.

$$E_{PTot} = \sum_{mi} E_{PTot;mi} \quad (5.9)$$

$$E_{PTot;mi} = \sum_{ci} E_{P;del;ci} - \sum_{gi} E_{P;exp;T;gi} - \sum_{gi} E_{P;exp;el;gi} - \sum_{gi} E_{P;pr;nEPus;el} \quad (5.10)$$

waarin voor elke energiedrager  $ci$ :

$$E_{P;del;ci} = E_{EPdel;ci} \times f_{P;del;ci} \quad (5.11)$$

en:

$$E_{P;exp;T;gi} = E_{exp;T;gi} \times f_{P;exp;T;gi} \quad (5.12)$$

$$E_{P;exp;el;gi} = E_{exp;el;gi} \times f_{P;exp;el;gi} \quad (5.13)$$

$$E_{P;pr;nEPus;el} = E_{pr;nEPus;el} \times f_{P;pr;us;el} \quad (5.14)$$

en waarin:

$E_{PTot}$  is het jaarlijkse karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik van het gebouw, in kWh;

$E_{PTot;mi}$  is het maandelijkse karakteristieke primaire-fossiele-energiegebruik van het gebouw, in kWh;

$E_{P;del;ci}$  is de maandelijks afgenoemde primaire fossiele energie voor energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit, ...) voor het totaal aan bij de energieprestatie betrokken energiefuncties en voor eventuele eigen productie van warmte, koude of elektriciteit, in kWh;

$E_{P;exp;T;gi}$  is de naar vermeden primaire fossiele energie omgerekende maandelijks geëxporteerde warmte en/of koude, afkomstig van voorziening  $gi$ , in kWh;

$E_{P;exp;el;gi}$  is de naar vermeden primaire fossiele energie omgerekende maandelijks geëxporteerde elektriciteit afkomstig van voorziening  $gi$ , in kWh;

$E_{P;pr;nEPus;el}$  is het maandelijkse naar vermeden primaire fossiele energie omgerekende deel van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat op het

eigen perceel wordt gebruikt voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, in kWh;

$E_{EPdel;ci}$  is de maandelijks afgenoemde energie voor energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit, ...) voor het totaal aan bij de energieprestatie betrokken energiefuncties en voor eventuele eigen productie van warmte, koude of elektriciteit, bepaald volgens vergelijking (5.16), in kWh;

$f_{P;del;ci}$  is de dimensieloze primaire energiefactor voor afgenoemde energie, voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit, ...), bepaald volgens tabel 5.2;

$E_{exp;T;gi}$  is de maandelijks geëxporteerde warmte en/of koude afkomstig van voorziening  $gi$ , in kWh;

**OPMERKING 3** De geëxporteerde warmte of koude is volledigheidshalve opgenomen. De bepalingsmethode kent hiervoor echter geen nadere specificaties of voorwaarden. Deze worden naar verwachting in de norm voor de energieprestatie op gebiedsniveau uitgewerkt.

$f_{P;exp,T;gi}$  is de dimensieloze primaire energiefactor voor geëxporteerde warmte en/of koude, afkomstig van voorziening  $gi$ , bepaald volgens tabel 5.2;

**OPMERKING 4** Zie opmerking 3.

$E_{exp;el;gi}$  is de totale maandelijks geëxporteerde hoeveelheid elektriciteit afkomstig van voorziening  $gi$ , bepaald volgens 5.5.4, in kWh;

$f_{P;exp;el;gi}$  is de dimensieloze primaire energiefactor voor geëxporteerde elektriciteit afkomstig van voorziening  $gi$ , bepaald volgens tabel 5.2;

$E_{pr;nEPus;el}$  is het deel van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat op het eigen perceel wordt gebruikt voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, bepaald volgens 5.5.4.1, in kWh;

$f_{P;pr;us;el}$  is de dimensieloze primaire energiefactor voor de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat op het eigen perceel wordt gebruikt ter dekking van het eigen gebruik, bepaald volgens tabel 5.2.

**OPMERKING 5** Het maandelijkse karakteristieke energiegebruik kan negatief worden bij een relatief grote hoeveelheid eigen geproduceerde elektriciteit (voor eigen gebruik binnen de energieprestatiefuncties, voor ander eigen gebruik en/of voor export). Dit is toegelaten. De uitkomst voor de maandelijks afgenoemde primaire energie kan weliswaar niet negatief worden, maar de maandelijkse hoeveelheid eigen geproduceerde elektriciteit die wordt gebruikt voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie plus eventueel geëxporteerde energie, omgerekend naar vermeden primaire energie, kan de hoeveelheid maandelijks afgenoemde primaire energie overtreffen.

De maandelijks afgenoemde energie voor energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit, ...) voor het totaal aan bij de energieprestatie betrokken energiefuncties en voor eventuele eigen productie van warmte, koude of elektriciteit is:

— voor elektriciteit ( $ci = el$ ) gelijk aan de elektriciteit gebruikt voor de energieprestatie, verminderd met het deel van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit (door warmtekrachtkoppeling, zonnestroom of windenergie) dat is gebruikt ter dekking van het eigen gebruik voor de energieprestatie, volgens de volgende vergelijking:

$$E_{EPdel;el} = E_{EPus;el} - E_{pr;EPus;el} \quad (5.15)$$

— voor de overige energiedragers gelijk aan de energie in de vorm van energiedrager  $ci$  die is gebruikt voor de energieprestatie, volgens de volgende vergelijking:

$$E_{EPdel;ci} = E_{EPus;ci} \quad (5.16)$$

waarin:

$E_{EPdel;ci}$  is de maandelijks afgenumenergie voor energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit, ...) voor het totaal aan bij de energieprestatie betrokken energiefuncties en voor eventuele eigen productie van warmte, koude of elektriciteit, in kWh;

OPMERKING 6 Eigen productie van warmte, koude of elektriciteit is bijvoorbeeld aardgas gebruikt in een gebouwgebonden warmtekrachtinstallatie. Merk op dat de voordelen van de elektriciteitsproductie verrekend worden in de termen  $E_{pr;EPus;ci}$  en  $E_{exp;ci}$  (met  $ci$  = elektriciteit).

$E_{EPus;ci}$  is het maandelijks energiegebruik voor de energieprestatie en voor eventuele eigen productie van warmte, koude of elektriciteit, voor energiedrager  $ci$ , bepaald volgens 5.5.3, in kWh;

$E_{pr;EPus;el}$  is het deel van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat wordt gebruikt ter dekking van het eigen gebruik voor de energieprestatie, bepaald volgens 5.5.4, in kWh.

OPMERKING 7 'Dat wordt gebruikt ter dekking van het eigen gebruik voor de energieprestatie' is een noodzakelijke toevoeging, omdat er doorgaans ook overig elektriciteitsgebruik is dat niet is betrokken bij de energieprestatie van het gebouw, zoals de vergelijkingen in 5.5.3 laten zien.

OPMERKING 8 Bepaal het (niet-primaire) elektriciteitsgebruik voor een gebouw of een woning, in kWh, met:

$$E_{EPdel;el;kWh} = E_{EPdel;el} \quad (5.17a)$$

En bepaal het specifieke elektriciteitsgebruik per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte voor een gebouw of een woning, in kWh/m<sup>2</sup>, met:

$$e_{EPdel;el} = \frac{E_{EPdel;el}}{A_{use}} \quad (5.17b)$$

OPMERKING 9 Bepaal het energiegebruik van externe warmte- en/of koudelevering voor een gebouw of een woning, in GJ, met:

$$E_{EPdel;dh/dw/dc} = \frac{\sum_{ci=dh/dw/dc} E_{EPdel;ci} \times 3,6}{1\ 000} \quad (5.18a)$$

Bepaal het specifieke energiegebruik van externe warmte- en/of koudelevering, uitgedrukt in GJ per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte voor een gebouw of een woning (GJ/m<sup>2</sup>), met:

$$e_{EPdel;dh/dw/dc} = \frac{\sum_{ci=dh/dw/dc} E_{EPdel;ci} \times 3,6}{1\ 000 \times A_{use}} \quad (5.18b)$$

**OPMERKING 10** Bepaal het energiegebruik van de overige energiedragers, uitgedrukt in aardgasequivalenten voor een gebouw of een woning, in m<sup>3</sup>aeq, met:

$$E_{EPdel;aeq} = \frac{\sum_{ci \neq el, ci \neq dh} E_{EPdel;ci} \times 3,6}{35,17} \quad (5.19a)$$

Bepaal het specifieke energiegebruik van de overige energiedragers, uitgedrukt in aardgasequivalenten per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte voor een gebouw of een woning (m<sup>3</sup>aeq/m<sup>2</sup>), met:

$$e_{EPdel;aeq} = \frac{\sum_{ci \neq el, ci \neq dh} E_{EPdel;ci} \times 3,6}{35,17 \times A_{use}} \quad (5.19b)$$

### 5.5.3 Hoeveelheid voor de energieprestatie gebruikte energie per energiedrager en energiefunctie

De maandelijkse hoeveelheid voor de energieprestatie en voor eventuele eigen productie van warmte, koude of elektriciteit gebruikte energie voor energiedrager *ci*,  $E_{EPus;ci}$ , is gelijk aan de som over de verschillende gebouwgebonden energiefuncties, volgens de volgende vergelijking:

$$E_{EPus;ci} = E_{H;ci} + E_{hum;ci} + E_{V;ci} + E_{L;ci} + E_{C;ci} + E_{dhum;ci} + E_{W;ci} + W_{aux;tot;ci} \quad (5.20)$$

Hierbij wordt een onderscheid aangebracht tussen de volgende energiedragers: elektriciteit (el), gas (gas), biomassa (bm), externe warmtelevering (dh), externe tapwaterwarmtelevering (dw), externe koudelevering (dc) en stookolie (oil).

**OPMERKING 1** Een energiefunctie kan gebruiken van verschillende energiedragers. Bijvoorbeeld: voor ruimteverwarming bestaat het energiegebruik uit het energiegebruik voor hulpenergie (el) en het energiegebruik voor de ruimteverwarming zelf (gas bij een cv-ketel, elektriciteit bij een warmtepomp).

**OPMERKING 2** Bij afwezigheid van een mechanisch koelsysteem wordt, in tegenstelling tot de voorlopers van deze NTA (NEN 7120), geen rekenwaarde voor het energiegebruik voor het bereiken van zomercomfort meer in rekening gebracht.

waarin:

$E_{H;ci}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager *ci* ten behoeve van de energiefunctie verwarming, bepaald volgens hoofdstuk 9 in kWh;

$E_{hum;ci}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager *ci* ten behoeve van de energiefunctie bevochtiging, bepaald volgens hoofdstuk 12 in kWh;

$E_{V;ci}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte elektrische energie ten behoeve van de energiefunctie ventilatie, bepaald volgens hoofdstuk 11, in kWh. Deze maandelijkse hoeveelheid gebruikte elektrische energie ten behoeve van de energiefunctie ventilatie kan, afhankelijk van de situatie, de volgende componenten omvatten: het energiegebruik voor een temperatuursprong voor vorstbeveiliging  $E_{V;eldf}$  (11.3.2.1), het energiegebruik van de elektrische weerstandsverwarming in ventilatieroosters  $E_{V;elvv}$  (11.3.2.9) en het energiegebruik van ventilatoren  $E_{V;el}$  (11.4);

$E_{L;ci}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte elektrische energie ten behoeve van de energiefunctie verlichting, bepaald volgens hoofdstuk 14, in kWh;

**OPMERKING 3** Voor woningbouw geldt dat voor de berekening van het karakteristieke energiegebruik het energiegebruik voor verlichting,  $E_{L;ci}$ , op 0 gesteld wordt, omdat dit een niet-beïnvloedbare vaste post is in de berekening. Dit is een beleidsmatige keuze.

Bij de berekening van de warmte- en koudebehoefte en de TO<sub>juli</sub>-indicator wordt voor woningbouw wel rekening gehouden met de interne warmtelast van verlichting doordat deze verwerkt is in de vaste post voor interne warmte.

**OPMERKING 4** Energiegebruik voor ventilatoren en verlichting is altijd elektrisch, daarom is toevoeging van index  $ci = el$  in principe niet nodig, maar voor de volledigheid en eenduidigheid van de formules hier wel opgenomen.

- $E_{C;ci}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci$  ten behoeve van de energiefunctie koeling, bepaald volgens hoofdstuk 10, in kWh;
- $E_{dhum;ci}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci$  ten behoeve van de energiefunctie ontvochtiging, bepaald volgens hoofdstuk 12, voor zover niet inbegrepen in de hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci$  ten behoeve van de energiefunctie koeling ( $E_{C;ci}$ ), bepaald volgens hoofdstuk 10, in kWh; deze term is reeds geheel verwerkt in het energiegebruik voor koeling, zodat de waarde van deze term nul is;
- $E_{W;ci}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci$  ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater, bepaald volgens hoofdstuk 13 in kWh;
- $W_{aux;tot}$  is de maandelijkse totale hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de verschillende energiefuncties, bepaald volgens de hierna volgende vergelijking, in kWh.

met:

$$W_{aux;tot} = W_{H;aux} + W_{hum;aux} + W_{C;aux} + W_{dhum;aux} + W_{W;aux} + W_{PV;aux} \quad (5.21)$$

waarin:

- $W_{H;aux}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie verwarming, bepaald volgens hoofdstuk 9 in kWh;
- $W_{hum;aux}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie bevochtiging, bepaald volgens hoofdstuk 12, in kWh; voor deze term is nog geen bepalingsmethode beschikbaar en is de waarde nul;
- $W_{C;aux}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie koeling, bepaald volgens hoofdstuk 10, in kWh;
- $W_{dhum;aux}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie ontvochtiging, bepaald volgens hoofdstuk 12, voor zover niet inbegrepen in de op het eigen perceel afgenummerde hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie koeling ( $W_{C;aux}$ ), bepaald volgens hoofdstuk 10, in kWh; voor deze term is nog geen bepalingsmethode beschikbaar en is de waarde nul;
- $W_{W;aux}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater, bepaald volgens hoofdstuk 13, in kWh.

$W_{PV,aux}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit door zonne-energie, bepaald volgens hoofdstuk 16, in kWh.

### 5.5.4 Hoeveelheid op eigen perceel gebruikte en geëxporteerde elektriciteit

#### 5.5.4.1 Algemeen

OPMERKING 1 De vergelijkingen in dit onderdeel voorzien in de mogelijkheid dat meer voorzieningen op het eigen perceel elektriciteit opwekken, zoals warmtekrachtkoppeling, zonnestroom en/of windenergie. Het spreekt vanzelf dat in geval er slechts één voorziening aanwezig is voor productie van elektriciteit op het eigen perceel, de vergelijkingen veel eenvoudiger uitpakken.

Het deel van de maandelijkse op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat wordt gebruikt ter dekking van het eigen gebruik voor de energieprestatie, is de gewogen fractie van de totale op het eigen perceel geproduceerde hoeveelheid elektriciteit dat op het eigen perceel wordt gebruikt, volgens de volgende vergelijking:

$$E_{pr;EPus;el} = E_{pr;us;el} \times \left( \frac{E_{EPus;el}}{E_{EPus;el} + E_{nEPus;el}} \right) \quad (5.22)$$

$$E_{pr;nEPus;el} = E_{pr;us;el} \times \left( \frac{E_{nEPus;el}}{E_{EPus;el} + E_{nEPus;el}} \right) \quad (5.23)$$

waarin:

$E_{pr;EPus;el}$  is het deel van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat wordt gebruikt ter dekking van het eigen gebruik voor de energieprestatie, in kWh;

$E_{pr;us;el}$  is het deel van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat wordt gebruikt ter dekking van het gebruik op het eigen perceel voor het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie en voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, bepaald volgens vergelijking (5.24) en (5.25), in kWh;

$E_{EPus;el}$  is de totale maandelijkse gebruikte elektriciteit ten behoeve van het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, bepaald volgens 5.5.3, in kWh;

$E_{pr;nEPus;el}$  is het deel van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat op het eigen perceel wordt gebruikt voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, in kWh;

$E_{nEPus;el}$  is de totale maandelijkse gebruikte elektriciteit voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, bepaald volgens 5.5.4.2, in kWh.

OPMERKING 2 Elektriciteit gebruikt voor functies die niet zijn inbegrepen in de bepaling van de energieprestatie, omvat bijvoorbeeld niet-gebouwgebonden huishoudelijk elektriciteitsgebruik (woonfuncties) en procesgebonden elektriciteitsgebruik (utiliteitsbouw).

Het deel van de maandelijkse op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat wordt gebruikt ter dekking van het elektriciteitsgebruik op het eigen perceel, is gelijk aan de fractie aan gebruik op het eigen perceel gesommeerd over de individuele gebouwgebonden elektriciteitproducerende voorzieningen op het eigen perceel (zoals warmtekrachtkoppeling, zonnestroom en windenergie), met

als bovengrens de hoeveelheid op het eigen perceel gebruikte elektriciteit, volgens de volgende vergelijking:

$$E_{\text{pr;us;el}} = \sum_{gi} (E_{\text{pr;el;gi}}) \quad (5.24)$$

met als bovengrens:

$$E_{\text{pr;us;el}} \leq (E_{\text{EPus;el}} + E_{\text{nEPus;el}}) \quad (5.25)$$

waarin:

$E_{\text{pr;us;el}}$  is het deel van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat wordt gebruikt ter dekking van het gebruik op het eigen perceel voor het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie en voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, in kWh;

$E_{\text{pr;el;gi}}$  is de maandelijkse op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit, afkomstig van voorziening  $gi$  (bijvoorbeeld warmtekrachtkoppeling, zonnestroom en windenergie), bepaald volgens hoofdstuk 16, in kWh;

$E_{\text{EPus;el}}$  is de totale maandelijkse gebruikte elektriciteit ten behoeve van het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, bepaald volgens 5.5.3, in kWh;

$E_{\text{nEPus;el}}$  is de totale maandelijkse gebruikte elektriciteit voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, bepaald volgens 5.5.4.2, in kWh.

Het deel van de maandelijkse op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit van voorziening  $gi$  dat wordt geëxporteerd,  $E_{\text{exp;el;gi}}$ , is gelijk aan de gewogen fractie van het verschil tussen de totale hoeveelheid op eigen perceel geproduceerde elektriciteit en het deel daarvan dat op het eigen perceel wordt gebruikt, volgens de volgende vergelijking:

$$E_{\text{exp;el;gi}} = E_{\text{pr;el;gi}} - E_{\text{pr;us;el}} \times \left( \frac{E_{\text{pr;el;gi}}}{\sum_{gi} E_{\text{pr;el;gi}}} \right) \quad (5.26)$$

waarin:

$E_{\text{exp;el;gi}}$  is de maandelijkse van het eigen perceel geëxporteerde hoeveelheid elektriciteit afkomstig van voorziening  $gi$  (bijvoorbeeld warmtekrachtkoppeling, zonnestroom of windenergie), in kWh;

$E_{\text{pr;el;gi}}$  is de maandelijkse op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit, afkomstig van voorziening  $gi$  (bijvoorbeeld warmtekrachtkoppeling, zonnestroom of windenergie), bepaald volgens hoofdstuk 16, in kWh;

$E_{\text{pr;us;el}}$  is het deel van de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit dat wordt gebruikt ter dekking van het gebruik op het eigen perceel voor het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie en voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, bepaald volgens vergelijking (5.24) en (5.25), in kWh.

### 5.5.4.2 Rekenwaarden

Bepaal de totale maandelijkse gebruikte elektriciteit voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie,  $E_{nEPus;el}$ , met de volgende vergelijking:

$$E_{nEPus;el} = \frac{\sum_{usi} e_{nEPus;el;usi} \times A_{g;usi} \times t_{mi}}{1000} \quad (5.27)$$

waarin:

$E_{nEPus;el}$  is de totale maandelijkse gebruikte elektriciteit voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, in kWh;

$e_{nEPus;el;usi}$  is het specifieke elektriciteitsgebruik van gebruiksfunctie  $usi$  voor apparatuur in het gebouw die niet is inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, in W/m<sup>2</sup>. Voor de berekening van de energieprestatie-indicatoren van een gebouw moet hiervoor een waarde van 0 W/m<sup>2</sup> aangehouden worden.

**OPMERKING 1** Bij een maatwerkadvies kan een eigen waarde aangehouden worden voor  $e_{nEPus;el;usi}$  zodat de berekening van de geëxporteerde hoeveelheid elektriciteit juist verloopt. Om die reden is deze post gehandhaafd in de berekening, alhoewel deze voor de berekening van het energielabel en de energieprestatie-indicatoren altijd nul is.

**OPMERKING 2** Bij de berekening van de warmte- en koudebehoefte en de TO<sub>juli</sub>-indicator wordt wel rekening gehouden met de interne warmtelast van apparatuur doordat deze verwerkt is in de vaste post voor interne warmte.

$t_{mi}$  is de lengte van de maand  $mi$  in h, ontleend aan 17.2;

$A_{g;usi}$  is de gebruiksoppervlakte van gebruiksfunctie  $usi$  in het gebouw, bepaald volgens 6.6, in m<sup>2</sup>.

### 5.5.5 Getalswaarden primaire energiefactor

Voor de primaire energiefactor gelden de getalswaarden uit tabel 5.2.

**Tabel 5.2 — Getalswaarden voor de primaire energiefactor voor aangeleverde energie, voor op eigen perceel geproduceerde en gebruikte energie en voor op eigen perceel geproduceerde en geëxporteerde energie, per energiedrager**

Energiedrager ( $ci$ )	Aangeleverde energie $f_{P;del;ci}$	Op eigen perceel gebruikte zelf geproduceerde energie $f_{P;pr;us;ci}^a$	Geëxporteerde energie $f_{P;exp;ci}$
Elektriciteit (el)	1,45 <sup>d</sup>	1,45	1,45
Aardgas (gas)	1,0	N.v.t.	N.v.t.
Stookolie (oil)	1,0	N.v.t.	N.v.t.

Energiedrager ( <i>ci</i> )	Aangeleverde energie $f_{P;del;ci}$	Op eigen perceel gebruikte zelf geproduceerde energie $f_{P;pr;us;ci}^{\text{a}}$	Geëxporteerde energie $f_{P;exp;ci}$
Biomassa (bm) voor met een vaste biomassa gestookte kachels en ketels die vallen onder het Activiteitenbesluit. Hiervoor wordt als grenswaarde aangehouden een thermisch vermogen van meer dan 100 kW per installatie.	0,0 <sup>c</sup>	N.v.t.	N.v.t.
Biomassa (bm) voor met een vaste biomassa gestookte kachels en ketels ( $\leq 100$ kW thermisch vermogen) die voldoen aan een minimale verbrandingskwaliteit en een maximaal emissieniveau, zoals in bijlage R	0,5 <sup>c</sup>	N.v.t.	N.v.t.
Biomassa (bm) voor met een vaste biomassa gestookte kachels en ketels die niet aan de hierboven genoemde criteria voldoen	1,0 <sup>c</sup>	N.v.t.	N.v.t.
Externe warmtelevering voor verwarming (dh) waarvoor een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$f_{P;del;dh}$	N.v.t.	N.v.t.
Externe warmtelevering voor warm tapwater (dw) waarvoor een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$f_{P;del;dw}$	N.v.t.	N.v.t.
Externe warmtelevering voor verwarming of warm tapwater (dh, dw) waarvoor geen kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	0,9	N.v.t.	N.v.t.

Energiedrager ( <i>ci</i> )	Aangeleverde energie $f_{P;del;ci}$	Op eigen perceel gebruikte zelf geproduceerde energie $f_{P;pr;us;ci}^a$	Geëxporteerde energie $f_{P;exp;ci}$
Externe koudelevering (dc) waarvoor een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$f_{P;del;dc}$	N.v.t.	N.v.t.
Externe koudelevering (dc) waarvoor geen kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$f_{P;del;el} / 3$	N.v.t.	N.v.t.
Op het eigen perceel opgewekte warmte			Zie <sup>b</sup>
Op het eigen perceel opgewekte koude			Zie <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Warmte aangeleverd door een duurzame bron op eigen perceel (thermische zonne-energie) is reeds in mindering gebracht op de te leveren energie door niet-duurzame energiedragers voor verwarming en warm tapwater.  
<sup>b</sup> Zolang het uitgangspunt is dat de warmte- en koudeopwekking op het eigen perceel warmte- respectievelijk koudevraagvolgend is, is export van op het eigen perceel opgewekte warmte of koude een ongewoon fenomeen. Volledigheidshalve moet in voorkomend geval voor de primaire energiefactor de inverse worden aangehouden van het opwekkingsrendement van de voorziening waarmee de warmte of koude is opgewekt, vermenigvuldigd met de voor de gebruikte energiedrager geldende primaire energiefactor. Op deze wijze wordt de bijdrage aan het primaire energiegebruik geneutraliseerd.  
<sup>c</sup> Open toestellen en kooktoestellen zijn uitgesloten van de bepalingsmethode van NTA 8800, d.w.z. dat zij geen bijdrage leveren aan de warmteopwekking voor verwarming en/of warm tapwater.  
<sup>d</sup> Een toelichting op de primaire energiefactor staat in het rapport 'Primaire-fossiele-energiefactor elektriciteit op bovenwaarde (HHV) voor toepassing in de energieprestatienorm NTA 8800' van ECN.

Voor de brandstoffen waarvoor in de energieprestatieberekening de opwekkingsrendementen op calorische bovenwaarde worden gebruikt, gaat de conversie ook uit van de calorische bovenwaarde.

**OPMERKING 1** De energiefactoren hebben betrekking op de calorische bovenwaarde; zie definitie 3.17.

**OPMERKING 2** De bepaling van de energiefactor voor elektriciteit is gebaseerd op de prognose voor het jaar 2020 zoals opgenomen in de Nationale Energieverkenning (NEV 2017).

**OPMERKING 3** De getalswaarden voor de primaire energiefactor van biomassa en de grenswaarden van bijlage R zijn gebaseerd op de 'Beleidslijn t.a.v. de energiefactor elektriciteit en de waardering biomassa in NEN 7120 van BZK d.d. 19-7-2016'. De in de tabel genoemde huidig aan te houden grenswaarde voor het thermisch vermogen van de installatie (die in de nabije toekomst zal worden aangescherpt) is gebaseerd op de in juli 2022 gemaakte beleidsafspraak tussen de ministeries van BZK, EZK en I&W.

De aanvrager van de omgevingsvergunning/het energielabel behoort na te gaan of de inrichting valt onder het Activiteitenbesluit. Als richtlijn kan aangehouden worden dat:

- utiliteitsbouw over het algemeen behoort te voldoen aan het Activiteitenbesluit;
- grote en/of collectieve gebouwinstallaties in woningbouw ook veelal zullen moeten voldoen aan het Activiteitenbesluit;

- individuele installaties in woningbouw niet vallen onder het Activiteitenbesluit;
- een inrichting die onder het Activiteitenbesluit valt, onder andere behoort te voldoen aan de strenge(re) criteria ten aanzien van uitstootisenen, waardoor het risico op fijnstofuitstoot vermindert wordt.

### 5.5.6 Bepaling CO<sub>2</sub>-emissie

**OPMERKING 1** De jaarlijkse hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissie van het gebouw, m<sub>CO<sub>2</sub></sub>, wordt bepaald overeenkomstig de bepaling van het jaarlijkse karakteristieke energiegebruik in 5.5.2, waarbij  $f_{P;del;ci}$  wordt vervangen door K<sub>CO<sub>2</sub></sub>, de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt. Rekenwaarden voor K<sub>CO<sub>2</sub></sub> zijn gegeven in tabel 5.3. Vooralsnog is de bepaling van m<sub>CO<sub>2</sub></sub> informatief. De specifieke hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissie van het gebouw per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte bedraagt m<sub>CO<sub>2;spec</sub></sub> = m<sub>CO<sub>2</sub></sub> / A<sub>g</sub>, in kg/m<sup>2</sup>.

**Tabel 5.3 — CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënten, K<sub>CO<sub>2;ci</sub></sub>, per soort brandstof**

Energiedrager (ci)	Aangeleverde energie K <sub>CO<sub>2;del;ci</sub></sub> kg/kWh	Op eigen perceel gebruikte zelf geproduceerde energie K <sub>CO<sub>2;pr;us;ci</sub></sub> <sup>a</sup> kg/kWh	Geëxporteerde energie K <sub>CO<sub>2;exp;ci</sub></sub> kg/kWh
Elektriciteit (el)	0,34	0,34	0,34
Aardgas (gas)	0,183	N.v.t.	N.v.t.
Stookolie (oil)	0,260	N.v.t.	N.v.t.
Biomassa (bm) voor met een vaste biomassa gestookte kachels en ketels die vallen onder het Activiteitenbesluit. Hiervoor wordt als grenswaarde aangehouden een thermisch vermogen van meer dan 100 kW per installatie.	0,0 <sup>c</sup>	N.v.t.	N.v.t.
Biomassa (bm) voor met een vaste biomassa gestookte kachels en ketels ( $\leq 100$ kW thermisch vermogen) die voldoen aan een minimale verbrandingskwaliteit en een maximaal emissieniveau, zoals gegeven in bijlage R	$0,5 \times 0,372^c$	N.v.t.	N.v.t.

Energiedrager ( <i>ci</i> )	Aangeleverde energie $K_{CO2;del;ci}$ kg/kWh	Op eigen perceel gebruikte zelf geproduceerde energie $K_{CO2;pr;us;ci}^a$ kg/kWh	Geëxporteerde energie $K_{CO2;exp;ci}$ kg/kWh
Biomassa (bm) voor met een vaste biomassa gestookte kachels en ketels die niet aan de hierboven genoemde criteria voldoen	$1,0 \times 0,372^c$	N.v.t.	N.v.t.
Externe warmtelevering voor verwarming (dh) waarvoor een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$K_{CO2;del;dh;tot}$	N.v.t.	N.v.t.
Externe warmtelevering voor warm tapwater (dw) waarvoor een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$K_{CO2;del;dw;tot}$	N.v.t.	N.v.t.
Externe warmtelevering voor verwarming of warm tapwater (dh, dw)	0,17	N.v.t.	N.v.t.
Externe koudelevering (dc) waarvoor een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$K_{CO2;del;dc;tot}$	N.v.t.	N.v.t.
Externe koudelevering (dc)	$K_{CO2;del;el} / 3$	N.v.t.	N.v.t.
Op het eigen perceel opgewekte warmte			Zie <sup>b</sup>
Op het eigen perceel opgewekte koude			Zie <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Warmte aangeleverd door een duurzame bron op eigen perceel (thermische zonne-energie) is reeds in mindering gebracht op de te leveren energie door niet-duurzame energiedragers voor verwarming en warm tapwater.

<sup>b</sup> Zolang het uitgangspunt is dat de warmte- en koudeopwekking op het eigen perceel warmte- respectievelijk koudevraagvolgend is, is export van op het eigen perceel opgewekte warmte of koude een ongewoon fenomeen.

<sup>c</sup> Open toestellen en kooktoestellen zijn uitgesloten van de bepalingsmethode van NTA 8800, d.w.z. dat zij geen bijdrage leveren aan de warmteopwekking voor verwarming en/of warm tapwater.

**OPMERKING 2** De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënten voor aardgas, biomassa en stookolie zijn gebaseerd op de ‘Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactoren’, januari 2018 van RVO, waarbij een correctie plaatsgevonden heeft voor de omrekening van onderwaarde naar bovenwaarde. De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor elektriciteit is gebaseerd op de prognose van NEV voor het jaar 2020. De CO<sub>2</sub>-

emissiecoëfficiënt voor forfaitaire externe warmtelevering is bepaald op basis van rekenregels en kengetallen die opgenomen zijn in de rapportage 'Duurzaamheid van warmtelevering' van Harmeling Consulting, mei 2017.

**OPMERKING 3** De getalswaarden voor de primaire energiefactor van biomassa en de grenswaarden van bijlage R zijn gebaseerd op de 'Beleidslijn t.a.v. de energiefactor elektriciteit en de waardering biomassa in NEN 7120 van BZK d.d. 19-7-2016'. De in de tabel genoemde huidig aan te houden grenswaarde voor het thermisch vermogen van de installatie (die in de nabije toekomst zal worden aangescherpt) is gebaseerd op de in juli 2022 gemaakte beleidsafspraak tussen de ministeries van BZK, EZK en I&W.

## 5.6 Hernieuwbare energie

### 5.6.1 Principe

In de bepalingsmethode van de gebruikte hernieuwbare energie wordt voor alle opwekkers bepaald of zij gebruikmaken van hernieuwbare energie. Deze hernieuwbare energiegebruiken worden omgerekend naar 'primaire hernieuwbare energie' door per energiebron een hernieuwbare primaire energiefactor in rekening te brengen.

De volgende energiebronnen worden binnen deze NTA als hernieuwbaar aangemerkt: zonne-energie, geothermische energie, bodemenergie, seizoensopslag (warmte en koude, zoals bij WKO), windenergie, energie uit buitenlucht, vaste biomassa en elektrische opwekkers opererend in de flexmodus. Vaste biomassa wordt, naar analogie aan de afhandeling bij primaire energie, niet altijd volledig als hernieuwbaar beschouwd.

Restwarmte en/of restkoude die gebruikt wordt binnen een stadsverwarmings- of stadskoelingsnet, wordt niet gezien als een hernieuwbare energiebron maar kan onder voorwaarden via een bijlage P verklaring wel gewaardeerd worden bij de berekening van de  $RER_{PrenTot}$ . In 5.8 zijn hiervoor rekenregels opgenomen.

Warmte die is geproduceerd met elektrische opwekkers in de flexmodus.

**OPMERKING 1** De in NTA 8800 gehanteerde definitie van hernieuwbare energie anticipeert alvast op de afspraken die naar verwachting vastgelegd zullen worden in de nieuwe Renewable Energy Sources Directive (RES). Dit betekent onder andere dat ook koude een hernieuwbare energiebron kan zijn. Bijvoorbeeld in de vorm van seizoensopslag in de bodem (WKO) of koude uit een (diep) meer. De keuze wat wel en niet onder de definitie van hernieuwbare energie valt, is een beleidsmatige keuze.

**OPMERKING 2** De volgende energiebronnen worden als niet-hernieuwbaar beschouwd: stookolie, aardgas, ingekochte elektriciteit vanaf het landelijk net, de opgewekte elektriciteit uit een (aard)gas-WKK, warmte uit het gebouw, forfaitaire externe warmtelevering, forfaitaire externe koudelevering. Een uitzondering hierop vormt het elektriciteitsgebruik van elektrische opwekkers in de flexmodus.

**OPMERKING 3** Inkoop van groene stroom, groen (bio)gas en vloeibare biobrandstoffen (zoals biodiesel) wordt niet in deze NTA gewaardeerd. Ze worden daarmee ook niet gezien als hernieuwbare energiebronnen binnen deze NTA. Een uitzondering hierop vormt het elektriciteitsgebruik van elektrische opwekkers in de flexmodus.

**OPMERKING 4** Wanneer een externe warmte- (of koude)levering (gedeeltelijk) gevoed wordt met hernieuwbare energiebronnen en/of restwarmte, dan kan dit gewaardeerd worden in de berekening van de  $RER_{PrenTot}$  op gebouwniveau. In dat geval wordt er op de kwaliteitsverklaring van het externe warmteleveringsnet aangegeven wat het aandeel hernieuwbare energie/restwarmte is in de externe warmtelevering, uitgedrukt in de  $f_{Pren;dh}$ ,  $f_{Pren;dw}$ , of  $f_{Pren;dc}$ .

**OPMERKING 5** Passieve (zonnewarmte) en passieve koeling (zoals zomernachtventilatie) worden niet als hernieuwbare energie beschouwd. Passieve warmte en passieve koude verlagen de energiebehoefte van het gebouw en worden gewaardeerd in  $Ewe_{H+C,nd;ventsys=C1}$  en  $Ewe_{PTot}$ .

**OPMERKING 6** Om de aansluiting tussen de bovenstaande richtlijnen en NTA 8800 te kunnen maken zijn per techniek keuzes gemaakt waar de grens tussen hernieuwbaar/niet-hernieuwbaar is. Dit levert de volgende uitgangspunten:

- Bij warmtepompen voor ruimteverwarming en tapwater wordt de ingaande warmtestroom in de warmtepomp voor alle warmtepompen met een opwekkingsrendement  $\eta_{X;gen;gi} > 1$ , met uitzondering van warmtepompen die (gedeeltelijk) op ventilatieretourlucht draaien, als hernieuwbare energie beschouwd.
- Bij ventilatieretourluchtwarmtepompen voor ruimteverwarming en tapwater waarbij de wegblaastemperatuur van de warmtepomp lager is dan de buitentemperatuur (diepkoelen), mag dat deel van de bronenergie als hernieuwbare energie beschouwd worden dat ontstaat doordat de temperatuur van de wegblaaslucht na de warmtepomp lager is dan de buitentemperatuur.
- Bij koeling wordt alleen de koude die gehaald wordt uit systemen met een EER  $\geq 8$  (zoals vrije koeling, WKO, bodemkoeling of oppervlaktewater) als hernieuwbare energie beschouwd.
- Bij externe warmtelevering kan door middel van een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P aangetoond worden welk deel van de warmtelevering uit hernieuwbare energie en/of restwarmte bestaat. Indien dit niet aangetoond kan worden, dan wordt de warmtelevering als niet-hernieuwbaar beschouwd. Hetzelfde principe geldt voor externe koudelevering.

**OPMERKING 7** Dit betekent niet dat restwarmte als hernieuwbare energie gezien wordt. De inzet van restwarmte is een *alternatief* om te voldoen aan de RER<sub>PrenTot-eis</sub>.

- Bij op vaste biobrandstof gestookte toestellen wordt de nuttig bruikbare warmte die door het toestel geleverd wordt aan het gebouw, in principe als hernieuwbare energie beschouwd. Deze hoeveelheid hernieuwbare energie wordt echter nog gecorrigeerd met een factor waardoor:
  - geleverde warmte van systemen die voldoen aan het Activiteitenbesluit, als volledig hernieuwbaar beschouwd wordt;
  - geleverde warmte van systemen die voldoen aan de uitgangspunten uit bijlage R, voor de helft als hernieuwbaar beschouwd wordt;
  - geleverde warmte van systemen die niet voldoen aan de twee bovengenoemde punten, als niet-hernieuwbaar beschouwd wordt;
- Bij zonnecollectorsystemen wordt de nuttig bruikbare warmte die door het zonnecollectorsysteem aan het gebouw geleverd wordt, als hernieuwbare energie beschouwd. Dit geldt ook voor de warmte die geleverd wordt door PVT-systemen.
- Bij zonne-energiesystemen en PVT-systemen wordt de elektrische opbrengst van het PV- of PVT-systeem als hernieuwbare energie beschouwd.

### 5.6.2 Rekenregels hernieuwbare energie

Bepaal het jaarlijkse hernieuwbare energiegebruik van het gebouw,  $E_{PrenTot}$ , in kWh, als de som van de maandelijkse naar ‘primaire energie’ omgerekende nuttig gebruikte hernieuwbare energie voor de energiefuncties verwarming, warm tapwater en koeling en de op het eigen perceel geproduceerde gebouwgebonden hernieuwbare energie uit zonne-energie (PV en zonnecollectoren) en wind, volgens vergelijkingen (5.28) t/m (5.39).

$$E_{PrenTot} = \sum_{mi} E_{PrenTot;mi} \quad (5.28)$$

$$E_{PrenTot;mi} = \sum_{si} E_{Pren;H;mi;si} + E_{Pren;C;mi;si} + E_{Pren;W;mi;si} + E_{Pren;el;mi;si} \quad (5.29)$$

waarin:

- $E_{\text{PrenTot}}$  is de jaarlijkse hernieuwbare ‘primaire’ energie van het gebouw, in kWh;
- $E_{\text{PrenTot};mi}$  is de maandelijkse hernieuwbare ‘primaire’ energie van het gebouw, in kWh;
- $E_{\text{Pren};H;mi;si}$  is de maandelijks hernieuwbare ‘primaire’ energie ten behoeve van de energiefunctie verwarming, bepaald volgens 5.6.2.1, in kWh;
- $E_{\text{Pren};C;mi;si}$  is de maandelijks hernieuwbare ‘primaire’ energie ten behoeve van de energiefunctie koeling, bepaald volgens 5.6.2.2, in kWh;
- $E_{\text{Pren};W;mi;si}$  is de maandelijks hernieuwbare ‘primaire’ energie ten behoeve van de energiefunctie tapwater, bepaald volgens 5.6.2.3, in kWh;
- $E_{\text{Pren};el;mi;si}$  is de maandelijkse hoeveelheid op het eigen perceel opgewekte ‘primaire’ hernieuwbare elektriciteit, bepaald volgens 5.6.2.4, in kWh.

### 5.6.2.1 Hernieuwbare energie verwarming

De maandelijkse hernieuwbare ‘primaire’ energie van systeem  $si$  ten behoeve van de energiefunctie verwarming,  $E_{\text{Pren};H;mi;si}$ , in kWh, wordt bepaald volgens:

$$\begin{aligned} E_{\text{Pren};H;mi;si} = & \sum_{gi=hp} Q_{\text{H};hp;\text{in}} \times f_{\text{Pren};\text{renheat}} + \sum_{gi,ci=bm} Q_{\text{H};\text{gen};gi;mi;\text{out}} \times f_{\text{Pren};\text{bmX}} + \sum_{gi,ci=dh} Q_{\text{H};\text{gen};gi;mi;\text{out}} \times f_{\text{Pren};\text{dhX}} \\ & + \sum_{gi,ci=sol} Q_{\text{H};\text{ren};\text{sol};\text{prac}} \times f_{\text{Pren};\text{renheat}} + \sum_{gi,ci=dh;hp;\text{in};bron} Q_{\text{HD};hp;\text{in};bron} \times f_{\text{Pren};\text{dh};hp;\text{in};bron} \end{aligned} \quad (5.30)$$

Waarvoor het volgende geldt:

#### — in het geval van warmtepompen:

Indien er sprake is van warmtepompen met  $COP_{\text{H};\text{gen};\text{prac};mi;gi} \geq 1$  en een brontemperatuur van  $< 20^\circ\text{C}$ , en de bron van de warmtepomp is geen ventilatieretourlucht, dan geldt:

$$Q_{\text{H};hp;\text{in}} = Q_{\text{H};\text{gen};gi;mi;\text{out}} \times \left( 1 - \frac{1}{COP_{\text{H};\text{gen};\text{prac};mi;gi}} \right) \quad (5.31)$$

Indien er sprake is van warmtepompen met  $COP_{\text{H};\text{gen};\text{prac};mi;gi} \geq 1$  en deze warmtepompen gedeeltelijk gebruikmaken van ventilatieretourlucht als bron en gedeeltelijk van buitenlucht als bron, wordt alleen het buitenluchtdeel als hernieuwbare energie aangemerkt. In dat geval geldt:

$$Q_{\text{H};hp;\text{in}} = Q_{\text{H};\text{gen};gi;mi;\text{out}} \times \left( 1 - \frac{1}{COP_{\text{H};\text{gen};\text{prac};mi;gi}} \right) \times f_{\text{H};\text{buitenlucht}} \quad (5.32)$$

Indien er sprake is van ventilatieretourluchtwarmtepompen met  $COP_{\text{H};\text{gen};\text{prac};mi;gi} \geq 1$  die ‘diepkoelen’ (dat wil zeggen dat de wegblaasttemperatuur van de warmtepomp lager is dan de buitentemperatuur), dan is het mogelijk om een deel van de bronenergie als hernieuwbaar te beschouwen. Het gaat hierbij om het deel van de bronenergie dat ontstaat doordat de temperatuur van de wegblaaslucht na de warmtepomp lager is dan de buitentemperatuur. De wijze waarop in

die gevallen de waarde voor  $Q_{H;hp;in}$  moet worden bepaald, is niet verder uitgewerkt in deze NTA. In een gecontroleerde kwaliteitsverklaring kan deze waarde opgegeven worden. Wanneer deze waarde onbekend is, moet gerekend worden met  $Q_{H;hp;in} = 0$ .

Indien er sprake is van warmtepompen met  $COP_{H;gen;prac;mi;gi} < 1$  of indien gebruik wordt gemaakt van een bron voor de warmtepomp met een brontemperatuur  $\geq 20^\circ\text{C}$ , dan geldt:

$$Q_{H;hp;in} = 0 \quad (5.33)$$

waarin:

$Q_{H;hp;in}$  is de maandelijks ingezette hernieuwbare energie door warmtepompen ten behoeve van de energiefunctie verwarming, in kWh;

$Q_{H;gen;gi;mi;out}$  is de maandelijks geleverde energie door opwekker  $gi$  ten behoeve van de energiefunctie verwarming, volgens 9.2.2, in kWh;

$COP_{H;gen;prac;mi;gi} = COP_{gi;mi} \times f_{prac}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement onder praktijkomstandigheden voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ , van opwekker  $gi$ , in systeem  $si$ , waarbij  $COP_{gi;mi}$  en  $f_{prac}$  bepaald worden volgens 9.6.3;

$f_{H;buitenlucht}$  is de verhouding tussen de ingaande warmtestroom door buitenlucht in de warmtepomp ten opzichte van de ingaande totale warmtestroom in de warmtepomp (= ventilatieretourlucht + buitenlucht). De fractie  $f_{H;buitenlucht}$  is niet verder uitgewerkt in deze NTA. In een kwaliteitsverklaring kan deze fractie opgegeven worden. Wanneer de fractie onbekend is, moet gerekend worden met  $f_{H;buitenlucht} = 0$ ;

**OPMERKING** De fractie  $f_{H;buitenlucht}$  geeft weer welk deel van de totale ingaande warmtestroom in de warmtepomp door buitenlucht geleverd wordt. Deze verhouding is niet hetzelfde als de verhouding van de ventilatidebieten (buitenlucht en retourlucht) die de warmtepomp in gaan omdat er nog gecorrigeerd behoort te worden voor de energie-inhoud van de beide ventilatiestromen.

$f_{Pren;renheat}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=renheat), bepaald volgens tabel 5.4.

#### — in het geval van met een vaste biomassa gestookte toestellen:

$Q_{H;gen;gi;mi;out}$  is de maandelijks geleverde energie door opwekker  $gi$  (biomassatoestel) ten behoeve van de energiefunctie verwarming, volgens 9.2.2, in kWh;

$f_{Pren;bmX}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=bmX), bepaald volgens tabel 5.4. Bij biomassa behoort een onderscheid te worden gemaakt tussen biomassatoestellen die vallen onder het Activiteitenbesluit (bmA), biomassatoestellen die voldoen aan de criteria uit bijlage R (bmB) en overige biomassa (bmC).

— **in het geval van externe warmtelevering:**

$Q_{H;gen;gi;mi;out}$  is de maandelijks geleverde energie door opwekker  $gi$  (externe warmtelevering) ten behoeve van de energiefunctie verwarming, volgens 9.2.2, in kWh;

$f_{Pren;dhX}$  is de dimensiooze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=dhX), bepaald volgens tabel 5.4. Bij externe warmtelevering behoort een onderscheid gemaakt te worden tussen externe warmtelevering waarvoor een kwaliteitsverklaring beschikbaar is met daarop het aandeel hernieuwbare energie/restwarmte (dhkwal), en alle overige externe warmtelevering waarbij geen kwaliteitsverklaring voor het aandeel hernieuwbare energie beschikbaar is (dhforf).

— **in het geval van een warmtepomp met een hogetemperatuurbron ( $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ) (externe warmtelevering):**

$Q_{HD;hp;in;bron}$  is de maandelijks geleverde energie door het hogetemperatuur-(bron)energiesysteem aan de warmtepomp, volgens 9.6.7.2 in kWh;

$f_{Pren;dh;hp;in;bron}$  is de dimensiooze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (= hogetemperatuurbron ( $T \geq 20^{\circ}\text{C}$ ) die de warmtepomp voedt, bron te beschouwen als extern warmteleveringssysteem), bepaald volgens tabel 5.4.

— **in het geval van zonneboilers:**

$Q_{H;ren;sol;prac}$  is de onder praktijkomstandigheden aangeleverde maandelijkse hoeveelheid hernieuwbare energie ten behoeve van verwarming door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie van de op systeem  $si$  aangesloten zonne-energiesystemen (zonneboilercombi's), bepaald volgens 9.2.3.4, in kWh;

$f_{Pren;renheat}$  is de dimensiooze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=renheat), bepaald volgens tabel 5.4.

### 5.6.2.2 Hernieuwbare energie koeling

De maandelijkse hernieuwbare ‘primaire’ energie van systeem  $si$  ten behoeve van de energiefunctie koeling,  $E_{Pren;C,mi;si}$ , in kWh, wordt bepaald volgens:

$$E_{Pren;C,mi;si} = \sum_{gi,ci=fc} Q_{C;gen;gi;mi;out} \times f_{Pren;rencold} + \sum_{gi,ci=dc} Q_{C;gen;gi;mi;out} \times f_{Pren;dcX} + \sum_{gi,ci=abs} Q_{C;gen;gi;mi;out} \times f_{Pren;dhX} \quad (5.34)$$

Waarin:

— in het geval van (vrije) koeling met een EER  $\geq 8$ :

$$Q_{C;gen;gi;mi;out} = Q_{C;gen;pref;zi}$$

waarin:

$Q_{C;gen;pref;zi}$  is de maandelijks geleverde energie door opwekker  $gi$  ((vrije) koeling) met preferentie  $pref$  ten behoeve van de energiefunctie koeling, volgens 10.5.3, in kWh;

$f_{Pren;rencold}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=rencold), bepaald volgens tabel 5.4.

— in het geval van (vrije) koeling met een EER  $< 8$ :

$$Q_{C;gen;gi;mi;out} = 0.$$

— in het geval van externe koudelevering:

$$Q_{C;gen;gi;mi;out} = Q_{C;gen;pref;zi}$$

waarin:

$Q_{C;gen;pref;zi}$  is de maandelijks geleverde energie door opwekker  $gi$  (externe koudelevering) met preferentie  $pref$  ten behoeve van de energiefunctie koeling, volgens 10.5.3, in kWh;

$f_{Pren;dcX}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=dcX), bepaald volgens tabel 5.4. Bij externe koudelevering behoort een onderscheid gemaakt te worden tussen externe koudelevering waarvoor een kwaliteitsverklaring beschikbaar is met daarop het aandeel hernieuwbare energie (dckwal), en alle overige externe koudelevering waarbij geen kwaliteitsverklaring voor het aandeel hernieuwbare energie beschikbaar is (dcforf).

— in het geval van absorptiekoeling die aangedreven wordt door externe warmtelevering:

$$Q_{C;gen;gi;mi;out} = Q_{C;gen;pref;zi}$$

$Q_{C;gen;pref;zi}$  is de maandelijks geleverde energie door opwekker  $gi$  (absorptiekoeling) met preferentie  $pref$  ten behoeve van de energiefunctie koeling, volgens 10.5.3, in kWh;

$f_{Pren;dhX}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=dhX), bepaald volgens tabel 5.4. Bij externe warmtelevering moet een onderscheid worden gemaakt tussen externe warmtelevering waarvoor een kwaliteitsverklaring beschikbaar is met

daarop het aandeel hernieuwbare energie (dhkwal), en alle overige externe warmtelevering waarbij geen kwaliteitsverklaring voor het aandeel hernieuwbare energie beschikbaar is (dhforf).

### 5.6.2.3 Hernieuwbare energie tapwater

De maandelijkse hernieuwbare ‘primaire’ energie van systeem  $si$  ten behoeve van de energiefunctie tapwater,  $E_{\text{Pren;W,mi};si}$ , in kWh, wordt bepaald volgens:

$$\begin{aligned} E_{\text{Pren;W,mi};si} = & \sum_{gi=hp} Q_{\text{W;ren;hp;in}} \times f_{\text{Pren;renheat}} + \sum_{gi,ci=bm} Q_{\text{W;gen;gi;mi;out}} \times f_{\text{Pren;bmX}} \\ & + \sum_{gi,ci=dw} Q_{\text{W;gen;gi;mi;out}} \times f_{\text{Pren;dwX}} + \sum_{gi,ci=sol} Q_{\text{W;ren;sol;prac}} \times f_{\text{Pren;renheat}} \end{aligned} \quad (5.35)$$

Waarvoor het volgende geldt:

— **in het geval van warmtepompen:**

Indien er sprake is van warmtepompen met  $\eta_{\text{W;gen;prac;mi},gi} \geq 1$  en de warmtepomp is geen ventilatiereturrluchtwarmtepomp of een boosterwarmtepomp, dan geldt:

$$Q_{\text{W;ren,hp;in}} = Q_{\text{W;gen;gi;out}} \times \left( 1 - \frac{1}{\eta_{\text{W;gen;prac;mi},gi}} \right) \quad (5.36)$$

Indien er sprake is van warmtepompen met  $\eta_{\text{W;gen;prac;mi},gi} \geq 1$  en deze warmtepompen maken gedeeltelijk gebruik van ventilatiereturrlucht als bron en gedeeltelijk van buitenlucht als bron, dan wordt alleen het buitenluchtdeel als hernieuwbare energie aangemerkt.

$$Q_{\text{W;ren,hp;in}} = Q_{\text{W;gen;gi;out}} \times \left( 1 - \frac{1}{\eta_{\text{W;gen;prac;mi},gi}} \right) \times f_{\text{W;buitenlucht}} \quad (5.37)$$

Indien er sprake is van ventilatiereturrluchtwarmtepompen met  $\eta_{\text{W;gen;prac;mi},gi} \geq 1$  die ‘diepkoelen’ (dat wil zeggen dat de wegblaasttemperatuur van de warmtepomp lager is dan de buitentemperatuur), dan is het mogelijk om een deel van de bronenergie als hernieuwbaar te beschouwen. Het gaat hierbij om het deel van de bronenergie dat ontstaat doordat de temperatuur van de wegblaaslucht na de warmtepomp lager is dan de buitentemperatuur. De wijze waarop in die gevallen de waarde voor  $Q_{\text{W;ren,hp;in}}$  moet worden bepaald is niet verder uitgewerkt in deze NTA. In een gecontroleerde kwaliteitsverklaring kan deze waarde opgegeven worden. Wanneer deze waarde onbekend is, moet gerekend worden met  $Q_{\text{W;ren,hp;in}} = 0$ .

**OPMERKING 1** Indien bij combiwarmtepompen de tijdfracties dat het toestel per maand in bedrijf is voor de opwekking van verwarming en warm tapwater samen groter zijn dan 1, dan wordt bij de berekening van de totale hoeveelheid hernieuwbare energie voor warm tapwater voor elke maand waarin dat voorkomt, rekening gehouden met een beperking van de opgegeven totale hoeveelheid hernieuwbare energie tot maximaal een tijdfractie van 1. Voor de maanden waarbij de tijdfracties voor opwekking van verwarming en warm tapwater samen kleiner dan of gelijk zijn aan 1, wordt een correctiefactor van 1 aangehouden; er is in dat geval geen correctie nodig. Indien de totale hoeveelheid hernieuwbare energie voor warmtapwater op jaarrichting is opgegeven, dan wordt een gemiddelde correctiefactor bepaald waarbij elke maand in gelijke mate meetelt.

Indien er sprake is van warmtepompen met  $\eta_{W;gen;prac;mi,gi} < 1$  of boosterwarmtepompen, dan geldt:

$$Q_{W;ren,hp;in} = 0 \quad (5.38)$$

**OPMERKING 2** Een boosterwarmtepomp wordt gevoed door een warme bron (bijvoorbeeld externe warmtelevering of een collectieve warme bron). De warmte die aan de boosterwarmtepomp geleverd wordt, moet door het verwarmingssysteem geleverd worden. In hoofdstuk 9 wordt deze hoeveelheid warmte berekend. In 5.6.2.1 wordt berekend wat de hoeveelheid hernieuwbare energie is die het verwarmingssysteem gebruikt. Om deze reden wordt in deze paragraaf de hernieuwbare energie van een boosterwarmtepomp op 0 kWh gesteld: hiermee wordt dubbeltelling voorkomen.

- $Q_{W;ren,hp;in}$  is de maandelijks ingezette hernieuwbare energie door warmtepompen ten behoeve van de energiefunctie tapwater, in kWh;
- $Q_{W;gen,gi;out}$  is de maandelijks geleverde energie door opwekker  $gi$  ten behoeve van de energiefunctie tapwater, volgens 13.8.2, in kWh;
- $\eta_{W;gen;prac;mi,gi}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement onder praktijkomstandigheden voor tapwater, in maand  $mi$ , van opwekker  $gi$ , in systeem  $si$ , bepaald volgens 13.8.2 e.v.;
- $f_{W;buitenlucht}$  is de verhouding tussen de ingaande warmtestroom door buitenlucht in de warmtepomp ten opzichte van de ingaande totale warmtestroom in de warmtepomp (= ventilatieretourlucht + buitenlucht). De fractie  $f_{W;buitenlucht}$  is niet verder uitgewerkt in deze NTA. In een kwaliteitsverklaring kan deze fractie opgegeven worden. Wanneer de fractie onbekend is, behoort gerekend te worden met  $f_{W;buitenlucht} = 0$ .

**OPMERKING 3** De fractie  $f_{W;buitenlucht}$  geeft weer welk deel van de totale ingaande warmtestroom in de warmtepomp door buitenlucht geleverd wordt. Deze verhouding is niet hetzelfde als de verhouding van de ventilatiedebieten (buitenlucht en retourlucht) die de warmtepomp in gaan omdat er nog gecorrigeerd moet worden voor de energie-inhoud van de beide ventilatiestromen.

- $f_{Pren;renheat}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=renheat), bepaald volgens tabel 5.

#### — in het geval van met een vaste biomassa gestookte toestellen:

- $Q_{W;gen,gi;out}$  is de maandelijks geleverde energie door opwekker  $gi$  ten behoeve van de energiefunctie tapwater, volgens 13.8.2, in kWh;
- $f_{Pren;bmX}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=bmX), bepaald volgens tabel 5.4. Bij biomassa behoort een onderscheid gemaakt te worden tussen biomassatoestellen die vallen onder het Activiteitenbesluit (bmA), biomassatoestellen die voldoen aan de criteria uit bijlage R (bmB) en overige biomassa (bmC).

#### — in het geval van externe warmtelevering:

- $Q_{W;gen,gi;out}$  is de maandelijks geleverde energie door opwekker  $gi$  ten behoeve van de energiefunctie tapwater, volgens 13.8.2 in kWh;
- $f_{Pren;dwX}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende

energiebron  $ri$  (=dwX), bepaald volgens tabel 5.4. Bij externe warmtelevering moet een onderscheid worden gemaakt tussen externe warmtelevering waarvoor een kwaliteitsverklaring beschikbaar is met daarop het aandeel hernieuwbare energie/restwarmte (dwkwal), en alle overige externe warmtelevering waarbij geen kwaliteitsverklaring voor het aandeel hernieuwbare energie beschikbaar is (dwforf).

#### — in het geval van zonneboilers:

- $Q_{W;ren;sol;prac}$  is de onder praktijkomstandigheden aangeleverde maandelijkse hoeveelheid hernieuwbare energie ten behoeve van tapwater door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie van de op  $si$  aangesloten zonne-energiesystemen (zonneboilers en PVT), bepaald volgens 13.1.2.4, in kWh;
- $f_{Pren;renheat}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=renheat), bepaald volgens tabel 5.4.

#### 5.6.2.4 Hernieuwbare opgewekte elektriciteit

De maandelijkse hoeveelheid op het eigen perceel opgewekte primaire hernieuwbare elektriciteit,  $E_{Pren;el;mi;si}$ , in kWh, wordt bepaald volgens:

$$E_{Pren;el;mi;si} = \sum_{gi=PV} E_{el;PV;out} \times f_{Pren;renelect} + \sum_{gi=PVT} E_{el;PVT;out} \times f_{Pren;renelect} + \sum_{gi=wind} E_{el;wind;out} \times f_{Pren;renelect} \quad (5.39)$$

Waarin:

- $E_{el;PV;out}$  is de maandelijkse hoeveelheid op het eigen perceel opgewekte elektriciteit uit zonne-energie door PV-systemen, bepaald volgens 16.2, in kWh;
- $E_{el;PVT;out}$  is de maandelijkse hoeveelheid op het eigen perceel opgewekte elektriciteit uit zonne-energie door PVT-systemen, bepaald volgens 16.3, in kWh;
- $E_{el;wind;out}$  is de maandelijkse hoeveelheid op het eigen perceel opgewekte elektriciteit uit windenergie, bepaald volgens 16.5, in kWh;
- $f_{Pren;renelect}$  is de dimensieloze primaire hernieuwbare energiefactor voor de omrekening naar primaire hernieuwbare energie voor de desbetreffende energiebron  $ri$  (=renelect), bepaald volgens tabel 5.4.

#### 5.6.3 Getalswaarden primaire hernieuwbare energiefactor

Voor de primaire hernieuwbare energiefactor gelden de getalswaarden uit tabel 5.4.

**Tabel 5.4 — Getalswaarden voor de primaire hernieuwbare energiefactor**

<b>Hernieuwbare energiebron (ri)</b>	$f_{Pren;ri}$
Hernieuwbaar opgewekte elektriciteit (renelect)	1,45
Omgevingswarmte (renheat)	1,0
Omgevingskoude (rencold)	1,0
Biomassa (bmA) voor op een vaste biomassa gestookte kachels en ketels die vallen onder het Activiteitenbesluit. Hiervoor wordt als grenswaarde aangehouden een thermisch vermogen van meer dan 100 kW per installatie.	1,0
Biomassa (bmB) voor op een vaste biomassa gestookte kachels en ketels ( $\leq 100$ kW thermisch vermogen) die voldoen aan een minimale verbrandingskwaliteit en een maximaal emissieniveau, zoals gegeven in bijlage R	0,5
Biomassa (bmC) voor op een vaste biomassa gestookte kachels en ketels die niet aan de hierboven genoemde criteria voldoen	0
Externe warmtelevering voor verwarming (dhkwal) waarvoor een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$f_{Pren;dh}$
Externe warmtelevering voor warm tapwater (dwkwal) waarvoor een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$f_{Pren;dw}$
Externe warmtelevering voor verwarming of warm tapwater (dhforf, dwforf) waarvoor geen kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	0
Externe koudelevering (dckwal) waarvoor een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	$f_{Pren;dc}$
Externe koudelevering (dcforf) waarvoor geen kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P beschikbaar is	0

## 5.7 Grenswaarde oververhitting

### 5.7.1 Principe

Om het risico van oververhitting te beperken is in deze NTA een vereenvoudigde methode opgenomen voor het berekenen van het risico van te hoge temperaturen. Het risico van te hoge temperaturen wordt per rekenzone en per oriëntatie bepaald aan de hand van de maand juli ( $TO_{juli}$ -indicator). Deze berekening hoeft alleen uitgevoerd te worden voor rekenzones waarin geen actief koelsysteem aanwezig is. In de Omgevingsregeling zijn grenswaarden opgenomen voor de  $TO_{juli}$ -indicator waar deze rekenzones aan moeten voldoen. Rekenzones waarin een actief koelsysteem is aangebracht, worden geacht te voldoen aan dit criterium. Een actief koelsysteem moet dan wel voldoende capaciteit hebben om aan de koudebehoefte tegemoet te kunnen komen.

De volgende systemen voor woningbouw vallen onder 'actief koelsysteem':

- systemen zoals vermeld in tabel 10.29;
- systemen zoals vermeld in tabel 10.30;
- systemen zoals vermeld in tabel 10.34 met uitzondering van dauwpunktskoeling op de ventilatielucht, waarbij de uitgaande luchtstroom (ETA) wordt bevochtigd voor het verkrijgen van het koelend effect; of
- warmtepompsystemen (lucht/lucht, lucht/water of water/water) met actieve koeling (met inzet van de warmtepomp) en een voor koeling geschikt afgiftesysteem; of
- externe koudelevering en een voor koeling geschikt afgiftesysteem; of
- splitunit-/multi-splitunit-koelinstallatie in iedere verblijfsruimte.

Voor alle andere systemen moet de  $TO_{juli}$ -indicator worden bepaald. Bij toepassing van deze systemen geldt de  $TO_{juli}$ -eis, of zal conform de richtlijnen in de regelgeving aangetoond moeten worden dat het aantal gewogen temperatuuroverschrijdinguren binnen de gestelde grens blijft.

**OPMERKING 1** Bij dauwpunktskoeling op de ventilatielucht, waarbij de uitgaande luchtstroom (ETA) wordt bevochtigd voor het verkrijgen van het koelend effect, is de benodigde capaciteit vaak beperkt. Er kan dan niet zonder meer worden aangehouden dat de benodigde koelvraag wordt gerealiseerd. Om bij dauwpunktskoeling op de ventilatielucht aan de voorwaarde van ontheffing van de eis aan de  $TO_{juli}$ -indicator te voldoen is een aanvullend koelsysteem noodzakelijk.

**OPMERKING 2** In de bouwregelgeving is aangegeven dat voor woongebouwen de oververhittingstoets op appartementniveau uitgevoerd moet worden. Hierdoor is het in de praktijk noodzakelijk om binnen een woongebouw elk appartement als (ten minste één) aparte rekenzone te schematiseren.

### 5.7.2 Rekenregels

**OPMERKING 1** De rekenwaarde voor de koudebehoefte is een indicatie voor overtollige warmte. Veel overtollige warmte leidt tot risico van een te hoge binnentemperatuur die bij voorkeur door passieve koelmaatregelen (effectieve raamoriëntatie en zonwering, overstek, gebouwmassa, ventilatie e.d.) behoort te worden voorkomen.

Een indicatieve berekening van het risico van te hoge temperaturen wordt per rekenzone en per oriëntatie gegeven aan de hand van de maand juli ( $TO_{juli;or,zi}$ ). Indien in rekenzone  $zi$  een actief koelsysteem is aangebracht, mag voor alle oriëntaties  $or$  in de rekenzone  $zi$  voor  $TO_{juli;or,zi}$  de getalswaarde 0 worden gehanteerd. Indien geen actief koelsysteem aanwezig is, moet  $TO_{juli;or,zi}$  als volgt worden bepaald:

$$TO_{juli;or,zi} = \frac{(Q_{C;nd;juli;or,zi} - Q_{C,HP;juli;or,zi}) \times 1\,000}{(H_{C,D;juli;or,zi} + H_{gr;an;juli;or,zi} + H_{C,ve;juli;or,zi}) \times t_{juli}} \quad (5.40)$$

waarin:

$TO_{juli;or,zi}$  is de getalswaarde voor het risico van te hoge temperaturen in de maand juli voor oriëntatie  $or$ , in rekenzone  $zi$ , in K, waarbij de rekenwaarde van  $TO_{juli;or,zi}$  minimaal de waarde 0 heeft;

$Q_{C;nd;juli;or,zi}$  is de koudebehoefte voor de maand juli voor oriëntatie  $or$ , van elke rekenzone  $zi$ , in kWh, bepaald volgens de volgende stappen:

— Stap A:

Bepaal de som van de geprojecteerde oppervlakten van de uitwendige scheidingsconstructies per oriëntatie, per rekenzone:

$$A_{T;or,zi} = \sum_i A_{T;or,zi,i} \quad (5.41)$$

waarin:

$A_{T;or,zi}$  is de som van de geprojecteerde oppervlakten van de uitwendige scheidingsconstructies per oriëntatie in rekenzone  $zi$ , in  $\text{m}^2$ ;

$A_{T;or,zi,i}$  is de geprojecteerde oppervlakte van het ondoorschijnend vlakke element of het raam of de deur  $i$  van de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens K.1.2, voor rekenzone  $zi$ , voor oriëntatie  $or$ , in  $\text{m}^2$ .

Voor oriëntatie  $or$  worden de volgende oriëntaties onderscheiden: N, NO, O, ZO, Z, ZW, W, NW.

Hierbij geldt dat elementen, ramen of deuren die geen uitwendige scheidingsconstructie zijn tussen een rekenzone en de buitenlucht, niet in deze sommatie worden meegenomen. Dit geldt bijvoorbeeld voor elementen, ramen of deuren tussen een rekenzone en een aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR), aangrenzende verwarmde ruimte (AVR), grond, kruipruimte, water enz. Een uitzondering hierop is een aangrenzende onverwarmde serre (AOS): het geveldeel dat grenst aan een serre, grenst niet aan buitenlucht, toch moet dit geveldeel bij de desbetreffende oriëntatie van het geveldeel worden meegenomen. Horizontale elementen, ramen of deuren worden ook niet in deze sommatie meegenomen. Deze overige elementen worden apart beschouwd en naar rato over de oriëntaties verdeeld.

Voor oriëntaties  $or$  waarvoor geldt  $A_{T;or,zi} \leq 3 \text{ m}^2$ , blijft bepaling van  $T_{0;juli;or,zi}$  achterwege.

— Stap B:

Bepaal de koudebehoefte,  $Q_{C;nd;juli;or,zi}$ , in kWh, voor de maand juli in rekenzone  $zi$ , per oriëntatie  $or$ , volgens 7.2.2, waarbij de componenten voor de warmtebalans als volgt, voor zover relevant, worden opgedeeld per oriëntatie  $or$ .

- De som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmingssysteem,  $Q_{H;ls;rbl;juli;or,zi}$ , bepaald overeenkomstig 9.2.5.1, in kWh, wordt opgedeeld per oriëntatie  $or$ , gewogen naar  $A_{T;or,zi}$ .
- De som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimtekoelingssysteem,  $Q_{C;ls;rbl;juli;or,zi}$ , bepaald overeenkomstig 10.2, in kWh, wordt opgedeeld per oriëntatie  $or$ , gewogen naar  $A_{T;or,zi}$ .
- De interne warmtewinst,  $Q_{C;int;juli;or,zi}$ , bepaald overeenkomstig 7.5.2, in kWh, wordt opgedeeld per oriëntatie  $or$ , gewogen naar  $A_{T;or,zi}$ .
- De effectieve interne warmtecapaciteit,  $C_{m;int;eff;juli;or,zi}$ , bepaald overeenkomstig 7.7, in J/K, wordt opgedeeld per oriëntatie  $or$ , gewogen naar  $A_{T;or,zi}$ .
- De warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie,  $H_{C;ve;juli;or,zi}$ , bepaald volgens 7.4.3, in W/K, wordt opgedeeld per oriëntatie  $or$ , gewogen naar  $A_{T;or,zi}$ .

- De warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie voor gebouwelementen in thermisch contact met de grond,  $H_{\text{gr;an;juli};or,zi}$ , bepaald volgens 8.3, in W/K, wordt opgedeeld per oriëntatie  $or$ , gewogen naar  $A_{T,or,zi}$ .
- De warmteoverdrachtcoëfficiënt via verticale leidingen die door de thermische schil gaan en in directe verbinding staan met buitenlucht,  $H_{C,p;zi}$ , bepaald volgens 7.3.2 in W/K, wordt op nul gesteld.
- De zonnewarmtewinst,  $Q_{C;\text{sol;juli};or,zi}$ , toegewezen aan oriëntatie  $or$ , in rekenzone  $zi$ , in kWh, wordt bepaald volgens onderstaande stappen.
- De warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie met uitzondering van de beganegrondvloer,  $H_{C,D;juli;k,zi}$ , toegewezen aan oriëntatie  $or$ , in rekenzone  $zi$ , in W/K, wordt bepaald volgens onderstaande stappen.

— Stap 1:

Bepaal de warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie met uitzondering van de beganegrondvloer,  $H_{C,D;juli;k,zi}$ , voor de afzonderlijke elementen, thermische bruggen, ramen en deuren  $k$  in rekenzone  $zi$ , volgens 8.2, in W/K. Indien in 8.2 gebruikt wordt gemaakt van formule (8.2), vervalt in stap 1 de bepaling van de warmteoverdrachtcoëfficiënt door alle afzonderlijke thermische bruggen.

Bepaal de zonnewarmtewinst,  $Q_{C;\text{sol;juli};k,zi}$ , voor de afzonderlijke constructies  $k$ , in rekenzone  $zi$ , volgens 7.6.3, in kWh.

— Stap 2:

Oriëntatiegebonden elementen:

Bepaal in rekenzone  $zi$  per oriëntatie  $or$  (N, NO, O, ZO, Z, ZW, W of NW):

- de warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie met uitzondering van de beganegrondvloer,  $H_{C,D;juli;vert;or,zi}$ , door sommatie van de warmteoverdrachtcoëfficiënten voor transmissie  $H_{C,D;juli;k,zi}$  uit stap 1 voor alle afzonderlijke elementen, thermische bruggen, ramen en deuren die een uitwendige scheidingsconstructie zijn tussen de rekenzone en de buitenlucht of serre en die deze oriëntatie  $or$  hebben, in W/K. Voor iedere lineaire thermische brug,  $k$ , die deel uitmaakt van constructiedelen met verschillende oriëntaties, moet de warmteoverdrachtcoëfficiënt,  $(\ell_k \times \psi_k)$ , als gevolg van deze thermische brug gelijk verdeeld worden over deze constructiedelen. Indien in 8.2 gebruikt wordt gemaakt van formule (8.2), vervalt in stap 2 de sommatie van de warmteoverdrachtcoëfficiënten voor alle afzonderlijke thermische bruggen.

Het bepalen van het warmteverlies via lineaire thermische bruggen per oriëntatie is uitsluitend noodzakelijk op het moment dat  $T_{O;juli;or,zi}$  niet 0 K is en berekend moet worden en er een grenswaarde aan de uitkomst van  $T_{O;juli;or,zi}$  wordt gesteld. In alle andere gevallen is het splitsen van het warmteverlies via lineaire thermische bruggen per oriëntatie niet noodzakelijk.

- de zonnewarmtewinst,  $Q_{C;\text{sol;juli};vert;or,zi}$ , door sommatie van de zonnewarmtewinst  $Q_{C;\text{sol;juli};k,zi}$  uit stap 1 voor de afzonderlijke constructies  $k$  die een uitwendige scheidingsconstructie zijn tussen de rekenzone en de buitenlucht of serre en die deze oriëntatie  $or$  hebben, in kWh.

— Stap 3:

Overige elementen:

Bepaal de warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie met uitzondering van de beganegrondvloer,  $H_{C,D;juli;hor;zi}$ , door sommatie van de warmteoverdrachtcoëfficiënten voor transmissie  $H_{C,D;juli;k,zi}$  uit stap 1 voor de overige afzonderlijke elementen, thermische bruggen, ramen en deuren in de rekenzone  $zi$ , in W/K. Indien in 8.2 gebruikt wordt gemaakt van formule (8.2), vervalt in stap 3 de sommatie van de warmteoverdrachtcoëfficiënten voor alle afzonderlijke thermische bruggen.

Bepaal de zonnewarmtewinst,  $Q_{C,sol;juli;zi}$ , door sommatie van de zonnewarmtewinst  $Q_{C,sol;juli;k,zi}$  voor de overige afzonderlijke constructies  $k$  in rekenzone  $zi$ , uit stap 1, in kWh.

— Stap 4:

Bepaal in rekenzone  $zi$  de warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie met uitzondering van de beganegrondvloer,  $H_{C,D;juli;hor;or,zi}$ , door de warmteoverdrachtcoëfficiënt  $H_{C,D;juli;hor;zi}$  uit stap 3 te verdelen over de oriëntaties  $or$  gewogen naar  $A_{T,or,zi}$ , in W/K.

Bepaal in rekenzone  $zi$  de zonnewarmtewinst,  $Q_{C,sol;juli;hor;or,zi}$ , door de zonnewarmtewinst  $Q_{C,sol;juli;hor,zi}$  uit stap 3 te verdelen over de oriëntaties  $or$  gewogen naar  $A_{T,or,zi}$ , in kWh.

— Stap 5:

Bepaal de warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie met uitzondering van de beganegrondvloer,  $H_{C,D;juli;or,zi}$ , voor oriëntatie  $or$ , in rekenzone  $zi$ , door  $H_{C,D;juli;hor;or,zi}$  uit stap 4 en  $H_{C,D;juli;vert;or,zi}$  uit stap 2 per oriëntatie  $or$  bij elkaar op te tellen, in W/K.

Bepaal de zonnewarmtewinst,  $Q_{C,sol;juli;or,zi}$ , voor oriëntatie  $or$ , in rekenzone  $zi$ , door  $Q_{C,sol;juli;hor;or,zi}$  uit stap 4 en  $Q_{C,sol;juli;vert;or,zi}$  uit stap 2 per oriëntatie  $or$  bij elkaar op te tellen, in kWh.

$Q_{C,HP;juli;or,zi}$  is de door de boosterwarmtepomp aan het koudedistributiesysteem ontrokken energie voor oriëntatie  $or$ , t.b.v. rekenzone  $zi$ , in maand juli, in kWh, bepaald volgens de volgende stappen:

— Stap i:

Bepaal de som van de koudebehoefte voor de maand juli, voor alle oriëntaties  $or$ , van elke rekenzone  $zi$ , in kWh:

$$Q_{C,nd;juli,zi} = \sum_{or} Q_{C,nd;juli;or,zi} \quad (5.41a)$$

waarin:

$Q_{C,nd;juli;or,zi}$  is de koudebehoefte voor de maand juli voor oriëntatie  $or$ , van elke rekenzone  $zi$ , in kWh, zoals in bovenstaand stappenplan bepaald;

$Q_{C,nd;juli,zi}$  is de gesommeerde koudebehoefte voor de maand juli voor alle oriëntaties  $or$ , van elke rekenzone  $zi$ , in kWh.

## — Stap ii:

Bepaal voor de maand juli van elke rekenzone  $zi$  voor elke oriëntatie  $or$  de dimensioze verhouding tussen de koudebehoefte voor oriëntatie  $or$ , en de gesommeerde koudebehoefte voor alle oriëntaties:

$$f_{C;juli;or,zi} = \frac{Q_{C;nd;juli;or,zi}}{Q_{C;nd;juli,zi}} \quad (5.41b)$$

waarin:

$f_{C;juli;or,zi}$  is de dimensioze verhouding tussen de koudebehoefte voor oriëntatie  $or$ , en de gesommeerde koudebehoefte voor alle oriëntaties voor de maand juli van elke rekenzone  $zi$ ;

$Q_{C;nd;juli;or,zi}$  is de koudebehoefte voor de maand juli voor oriëntatie  $or$ , van elke rekenzone  $zi$ , in kWh, zoals in bovenstaand stappenplan bepaald;

$Q_{C;nd;juli,zi}$  is de gesommeerde koudebehoefte voor de maand juli voor alle oriëntaties  $or$ , van elke rekenzone  $zi$ , in kWh.

## — Stap iii:

Bepaal de door de boosterwarmtepomp aan het koudedistributiesysteem ontrokken energie voor oriëntatie  $or$ , t.b.v. rekenzone  $zi$ , in maand juli, in kWh:

$$Q_{C;HP;juli;or,zi} = Q_{C;HP;juli,zi} \times f_{C;juli;or,zi} \quad (5.41c)$$

waarin:

$Q_{C;HP;juli;or,zi}$  is de door de boosterwarmtepomp aan het koudedistributiesysteem ontrokken energie voor oriëntatie  $or$ , t.b.v. rekenzone  $zi$ , in maand juli, in kWh;

$f_{C;juli;or,zi}$  is de dimensioze verhouding tussen de koudebehoefte voor oriëntatie  $or$ , en de gesommeerde koudebehoefte voor alle oriëntaties voor de maand juli van elke rekenzone  $zi$ , zoals in bovenstaande stappen bepaald;

$Q_{C;HP;juli,zi}$  is de door de boosterwarmtepomp aan het koudedistributiesysteem ontrokken energie, t.b.v. rekenzone  $zi$ , in maand juli, bepaald overeenkomstig 10.3.2, in kWh.

$H_{C;D;juli;or,zi}$  is de directe warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht met uitzondering van de begane grondvloer in de maand juli, voor oriëntatie  $or$ , in rekenzone  $zi$ , zoals in bovenstaand stappenplan bepaald, in W/K;

$H_{gr;an;juli;or,zi}$  is de warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie voor gebouwelementen in thermisch contact met de grond in de maand juli, voor oriëntatie  $or$ , in rekenzone  $zi$ , zoals in bovenstaand stappenplan bepaald, in W/K;

$H_{C;ve;juli;or,zi}$  is de warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie in de maand juli, voor oriëntatie  $or$ , in rekenzone  $zi$ , zoals in bovenstaand stappenplan bepaald, in W/K;

$t_{juli}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de maand juli, bepaald volgens 17.2, in h.

Rond de  $T_{0,juli}$ -indicator naar boven af op een veelvoud van 0,01.

**OPMERKING 2** Deze indicatieve berekening van het risico van te hoge temperaturen is een versimpelde benadering om extra invoer te voorkomen. Door de opdeling in oriëntaties kunnen onbedoelde effecten optreden, bijvoorbeeld uitmiddeling van het risico op oververhitting tussen ruimten met een laag risico en een hoog risico (zoals een koei beganegrondvertrek en een warme slaapkamer op de verdieping), of bijvoorbeeld woningen met afwijkende plattegronden (L-vormige plattegronden, uitstulpingen, inhammen enz.). Het beste beeld van het risico op te hoge temperaturen wordt verkregen door afzonderlijke verdiepingen in aparte rekenzones te verdelen. In alle gevallen geldt dat een afweging tot inschakeling van professioneel inzicht op dit aspect verstandig is.

**OPMERKING 3** Om te voorkomen dat er een eis geldt voor constructies met een beperkte afmeting, blijven deze buiten beschouwing. Het betreft bijvoorbeeld geveldelen en daarmee gelijk te stellen elementen, zoals de zijkant van een dakkapel of een sprong of uitstulping in de gevel, waarvan uit de context van het plan kan worden afgeleid dat er sprake zal zijn van een onbedoeld effect, zoals beschreven bij OPMERKING 2. Normatief is bepaald dat deze een maximale afmeting mogen hebben van  $3\text{ m}^2$  per oriëntatie per rekenzone voor alle constructies met een zelfde oriëntatie.

## 5.8 Externe warmte- en/of koude- en/of warmtapwaterlevering

Indien geen gebruik wordt gemaakt van de forfaitaire waarden voor externe warmte- en/of koudelevering, worden de primaire energiefactor ( $f_{P;del;dx}$ ), CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënten ( $K_{CO2;del;dx;tot}$ ) en het aandeel hernieuwbare energie ( $f_{Pren;dx}$ ) van de externe warmte- en/of koudelevering bepaald volgens bijlage P. In deze bijlage is NEN 7125:2017 overgenomen.

**OPMERKING 1** Bijlage P is van toepassing op externe warmte- en/of koudeleveringssystemen. In principe is een collectieve gebouwinstallatie op het eigen perceel gesitueerd en is er bij opwekkers buiten het perceel sprake van externe warmte- en/of koudelevering. Uitzondering hierop vormt de onderstaande situatie:

- de percelen waaraan de gebouwgebonden installatie levert, zijn aangrenzend en de installatie staat op één van de percelen. Hierbij mag openbaar gebied (grond of water) buiten beschouwing gelaten worden; en
- de kortst gemeten afstand tussen de energieprestatieplichtige gebouwen of delen van gebouwen en het gebouw waarin de installatie staat, is maximaal 50 m; en
- het betreft een bestaande situatie die is opgeleverd voor 1 januari 2021 waarbij de installatie levert aan gebouwen gelegen op ten hoogste drie percelen; en
- de energieprestatielijst moet toegang hebben tot de technische installatie.

Als aan deze vier voorwaarden is voldaan, wordt deze installatie als een collectieve gebouwinstallatie aangemerkt. Het opwekkingsrendement en de energiedrager van deze collectieve gebouwinstallatie moeten tevens worden gebruikt voor de hierop aangesloten energieprestatieplichtige gebouwen of delen van een gebouw op de aangrenzende percelen.

Door de vervanging van NEN 7120 door NTA 8800 en een aantal beleidsmatige keuzes waren een aantal aanpassingen noodzakelijk. Dit betreft onder andere:

- het vervallen van de mogelijkheid om duurzame elektriciteit en gas die getransporteerd worden via het landelijke netwerk, te alloceren aan specifieke afnemers. Een uitzondering hierop vormt het elektriciteitsgebruik van elektrische opwekkers in de flexmodus;
- het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft voor het bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissie van een WKK met derving gekozen voor methode B;

- bij het bepalen van de RER<sub>PrenTot</sub>-indicator, het aandeel hernieuwbare energie en restwarmte, wordt zowel de hoeveelheid hernieuwbare energie als de hoeveelheid restwarmte en/of -koude in het aandeel hernieuwbare energie en restwarmte meegerekend.

OPMERKING 2 Het betrekken van de hoeveelheid restwarmte en/of -koude in de RER<sub>PrenTot</sub>-indicator is een beleidmatige keuze en gebaseerd op artikel 15 lid 3 van DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources.

OPMERKING 3 Lokaal geproduceerde duurzame elektriciteit en gas, die niet getransporteerd worden via het landelijke netwerk, kunnen nog steeds worden gebruikt.

In een beperkt aantal gevallen zijn voor distributienetten voor externe warmte- en/of koudelevering in 2020 kwaliteitsverklaringen conform NTA 8800:2020 en NEN 7125 opgesteld. Voor toepassing van deze verklaringen zijn in 5.8.1 t/m 5.8.4 van NTA 8800:2020 een aantal aanvullingen gegeven voor het gebruik van NEN 7125. Onder toepassing van deze aanvullingen kunnen verklaringen voor externe warmte- en/of koudelevering die zijn opgesteld conform NTA 8800:2020 en NEN 7125, tot uiterlijk 2024 gebruikt worden.

Bij externe warmte- of koudelevering is het toegestaan om (hernieuwbare) bronnen die nog niet zijn aangesloten op het net mee te waarderen in de energetische prestaties van het externe warmte- en/of koudenet. Dit betreft de primaire energiefactor ( $f_{P;del;dx}$ ), de primaire hernieuwbare energiefactor ( $f_{Pren;dx}$ ) en de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënten ( $K_{CO2;del;dx;tot}$ ). De berekening wordt gecontroleerd door een door de overheid aangewezen partij, waarna een kwaliteitsverklaring wordt afgegeven. Hiervoor gelden de volgende voorwaarden:

- Voor de bron is een investeringsbesluit genomen of voor het externe warmte- of koudenet is een concessie, vergunning of overeenkomst beschikbaar waarin duidelijk is beschreven welke bronnen er nu en in de toekomst op het externe warmte- of koudenet aangesloten worden, inclusief de planning van het aansluiten van deze bronnen en de verwachte ontwikkeling van de warmtevraag. Bij een concessie, vergunning of overeenkomst moet de looptijd minimaal 10 jaar zijn en moeten alle direct betrokken partijen (zoals beheerder warmtenet, leverancier warmte, gemeente/provincie en eventueel de ontwikkelaar van het project) instemming hebben gegeven en hebben getekend voor de concessie, vergunning of overeenkomst.
- De bronnen die binnen een periode van maximaal 10 jaar worden aangesloten op het externe warmte- of koudenet mogen worden meegeteld. Op de kwaliteitsverklaring moet vermeld worden, dat bij de bepaling van de energetische prestatie van het betreffende externe warmte- of koudenet rekening is gehouden met deze toekomstige ontwikkelingen.
- De op de kwaliteitsverklaring opgegeven energetische prestaties (de primaire energiefactor ( $f_{P;del;dx}$ ), de primaire hernieuwbare energiefactor ( $f_{Pren;dx}$ )) en de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënten ( $K_{CO2;del;dx;tot}$ ) van het externe warmte- of koudenet zijn de, over de (gehele) gekozen looptijd van de verklaring, gemiddelde gewogen waarden. Deze waarden worden bepaald op basis van de op dat moment geldende primaire energiefactoren.
- De kwaliteitsverklaring met de energetische prestaties van externe warmte- of koudenetten conform bijlage P (EMG-verklaring) zal elke 3 jaar opnieuw moeten worden beoordeeld. Hierbij zal worden nagegaan of de energieprestatie van de externe warmte- of koudelevering zich ontwikkelt conform de verwachting. Een kwaliteitsverklaring voor een klein systeem voor externe warmte- en/of koudelevering op basis van uitsluitend forfaitaire waarden volgens bijlage P kent geen beperking van de geldigheidstermijn zolang het systeem niet wordt uitgebreid, aangepast of een andere energiemix gebruikt.

Bij externe warmte- of koudelevering is het toegestaan om voor de warmteproductie die met elektrische opwekkers is geproduceerd conform de flexmodus te vertalen naar de productie van duurzame warmte en af te wijken van  $f_{P;\text{del};ci}$  en  $K_{CO_2;\text{del};ci}$  volgens tabel 5.2 en 5.3. In die situaties worden de  $f_{P;\text{del};ci}$  en  $K_{CO_2;\text{del};ci}$  uit tabel 5.5 en 5.6 gebruikt.

Voorwaarde is:

- dat de productie van de betreffende elektrische opwekkers op een transparante en controleerbare manier wordt geregistreerd,
- dat het warmtenet 500 of meer aansluitingen heeft en
- dat het warmtenet is voorzien van een warmtebuffer, waarmee de warmteproductie het aanbod op de elektriciteitsmarkt kan volgen en los kan staan van de momentane warmtevraag.

De price cap voor een gascentrale en een kolencentrale wordt als volgt bepaald:

$$\text{price cap}_{\text{gas}} = \text{kosten voor gas} + \text{kosten CO}_2\text{-uitstoot gascentrale} =$$

$$= \frac{\text{gasprijs}}{\text{efficiëntie gascentrale}} + \frac{\text{CO}_2\text{-prijs}}{\text{efficiëntie gascentrale}} * \text{CO}_2\text{-emissiefactor gas}$$

$$\text{price cap}_{\text{kolen}} = \text{kosten voor kolen} + \text{kosten CO}_2\text{-uitstoot kolencentrale} =$$

$$= \frac{\text{kolenprijs}}{\text{efficiëntie kolencentrale}} + \frac{\text{CO}_2\text{-prijs}}{\text{efficiëntie kolencentrale}} * \text{CO}_2\text{-emissiefactor kolen}$$

$$\text{price cap} = \text{MIN}(\text{price cap}_{\text{gas}}, \text{price cap}_{\text{kolen}})$$

**OPMERKING 4** Middels het pricecapmechanisme wordt aangetoond en gewaarborgd dat duurzaam gewaardeerde warmte daadwerkelijk is geproduceerd uit hernieuwbare elektriciteit. Dit is toepasbaar op technieken die grootschalig worden ingezet voor gebiedsgerichte warmteoplossingen t.b.v. het produceren van warmte voor een warmtenet. Elke dag wordt voor de volgende dag door een onafhankelijke partij de price cap vastgesteld en gepubliceerd.

**OPMERKING 5** De onafhankelijke partij registreert de prijzen voor kolen en gas, zoals deze gelden op de dagmarkt voor kolen (API2 Rotterdam Coal Futures), gas (TTF) en CO<sub>2</sub>-emissie (EUA). De CO<sub>2</sub>-emissiefactoren zijn vaste waarden voor kolen en gas, zoals deze worden gebruikt voor het Europese systeem voor CO<sub>2</sub>-emissiehandel (EU-ETS). Deze worden jaarlijks gerapporteerd in de *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO<sub>2</sub> emissiefactoren*. Omdat het hier gaat om het bepalen van de kosten voor de producent, is aangesloten bij de uitgangspunten voor de markt en niet bij de CO<sub>2</sub>-emissiegetallen uit NTA 8800. De efficiënties zijn representatief voor de nieuwste centrales om er zeker van te zijn dat de price cap laag genoeg is zodat ook die centrales niet de extra benodigde elektriciteit gaan leveren. Deze efficiënties zijn voor kolen en gascentrales respectievelijk 46 % en 59 % en zijn iets hoger dan wat in de Europese Unie als referentie wordt gehanteerd (document 32015R2402).

Allocatie (virtueel of administratief toerekenen) van warmteopwekkers naar specifieke secundaire netten is alleen toegestaan indien er sprake is van een warmtenet waar meerdere warmteleveranciers gebruik van maken. Elke warmteleverancier bepaalt op basis van de eigen mix van warmteopwekkers de energieprestatie van de aaneengesloten secundaire. Een secundair net is aaneengesloten als ze door hetzelfde warmtebedrijf gebruikt worden en verbonden zijn via één primair net.

## Toelichting:

Een primair net is in de situatie met lange transportnetten tussen verschillende gebieden dat leidingdeel dat de onderstations van de transportnetten met de onderstations van de secundaire netten verbindt.

Indien een warmteleverancier die opereert op een secundair net onderdeel is van dezelfde holding als de andere warmteleverancier die opereert op het secundaire net, worden de warmteleveranciers ten behoeve van deze rapportage aangemerkt als één warmteleverancier. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan de situatie waarin:

- warmteleverancier B een dochteronderneming is van warmteleverancier A;
- warmteleverancier B voor meer dan 50 % eigendom is van warmteleverancier A, of;
- warmteleverancier A en B beide dochteronderneming of voor meer dan 50 % eigendom zijn van dezelfde moedermaatschappij.

Hulpenergie, ingezet in het primaire net van het warmtenetwerk dat de leverancier niet zelf exploiteert, wordt verdeeld naar rato van de warmte die voor de leverancier over dit warmtenet wordt getransporteerd;

**OPMERKING 6** Door deze aanpassing is het niet mogelijk om specifieke warmteopwekkers virtueel of administratief te koppelen aan specifieke gebouwen. Het is een beleidsmatige keuze om deze vorm van allocatie niet toe te staan. Indien een bron fysiek aangesloten is op een secundair net, is dit géén allocatie en mag deze bron toegerekend worden aan het deel waaraan hij levert. Daarnaast kan de primaire energiefactor van een secundair net op basis van individuele eigenschappen afwijken van de overige secundaire netten. Eén en ander in overstemming met P.6.1.1 van bijlage P. Indien voor een secundair net een aparte primaire energiefactor wordt bepaald, zal ook beoordeeld moeten worden of ook voor andere secundaire netten gekoppeld aan het primaire net een nieuwe primaire energiefactor bepaald moet worden. Dit is het geval indien er voor deze secundaire netten een kwaliteitsverklaring is aangevraagd of reeds verstrekt.

### 5.8.1 Bepaling primaire energiefactoren

Voor het bepalen van de primaire energiefactor bij externe warmtelevering voor verwarming ( $f_{P;del;dh}$ ), warm tapwater ( $f_{P;del;dw}$ ) en/of koudelevering ( $f_{P;del;dc}$ ) op basis van bijlage P zijn onderstaande primaire energiefactoren van een afvalverbrandingsinstallatie AVI, biogas, groen gas en restwarmte van toepassing.

**Tabel 5.5 — Getalswaarden voor de primaire energiefactor die uitsluitend gebruikt mogen worden bij een berekening volgens bijlage P; aanvulling op tabel 5.2**

Energiedrager ( $ci$ )	Energie aangeleverd aan de opwekker van de externe energievoorziening $f_{P;del;ci}$	Op eigen perceel gebruikte zelf geproduceerde energie $f_{P;pr;us;ci}^a$	Geëxporteerde energie $f_{P;exp;ci}$
Biogas en groen gas (bg)	0,0 <sup>b</sup>	0	N.v.t.
Biomassa die verbrand wordt in een warmtecentrale die valt onder het Activiteitenbesluit (bm). Hiervoor wordt als grenswaarde aangehouden een thermisch vermogen van meer dan 100 kW per installatie.	0,0	0	N.v.t.
AVI (wi)	0,5	N.v.t.	N.v.t.
Duurzame elektriciteit	N.v.t	0 <sup>b</sup>	N.v.t.
Elektriciteit t.b.v. elektrische opwekker in de flexmodus	0	N.v.t.	N.v.t.

<sup>a</sup> Warmte aangeleverd door een duurzame bron op eigen perceel (thermische zonne-energie) is reeds in mindering gebracht op de te leveren energie door niet-duurzame energiedragers voor verwarming en warm tapwater.

<sup>b</sup> Duurzame elektriciteit, biogas en groen gas, in de vorm van aangeleverde energie, mogen uitsluitend worden gewaardeerd als gebiedsmaatregel volgens bijlage P.

### 5.8.2 Bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënten

De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van externe energielevering,  $K_{CO2;del;dx;tot}$ , moet bepaald worden volgens bijlage P. In bijlage P wordt hiervoor de term  $K_{CO2;xd;tot}$  gebruikt. Bij het bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënten bij externe warmtelevering voor verwarming ( $K_{CO2;del;dh;tot}$ ), warm tapwater ( $K_{CO2;del;dw;tot}$ ) en/of koudelevering ( $K_{CO2;del;dc;tot}$ ) op basis van bijlage P zijn onderstaande CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënten van een afvalverbrandingsinstallatie AVI, biogas, groen gas en restwarmte van toepassing.

**Tabel 5.6 — CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënten,  $K_{CO_2}$ , per soort brandstof, die uitsluitend gebruikt mogen worden bij een berekening volgens bijlage P; aanvulling op tabel 5.3**

Energiedrager ( $ci$ )	Energie aangeleverd aan de opwekking van de externe energie $K_{CO_2;del;ci}$ kg/kWh	Op eigen perceel gebruikte zelf geproduceerde energie $K_{CO_2;pr;us;ci}^a$ kg/kWh	Geëxporteerde energie $K_{CO_2;exp;ci}$ kg/kWh
Biogas en groen gas (bg)	0,0 <sup>b</sup>	N.v.t.	N.v.t.
Biomassa die verbrand wordt in een warmtecentrale die valt onder het Activiteitenbesluit (bm). Hiervoor wordt als grenswaarde aangehouden een thermisch vermogen van meer dan 100 kW per installatie.	0,0	N.v.t.	N.v.t.
AVI (wi)	0,113	N.v.t	N.v.t.
Duurzame elektriciteit	N.v.t.	0	N.v.t.
Elektriciteit t.b.v. elektrische opwekker in de flexmodus	0	N.v.t.	N.v.t.

<sup>a</sup> Warmte aangeleverd door een duurzame bron op eigen perceel (thermische zonne-energie) is reeds in mindering gebracht op de te leveren energie door niet-duurzame energiedragers voor verwarming en warm tapwater.

<sup>b</sup> Duurzame elektriciteit, biogas en groen gas, in de vorm van aangeleverde energie, mogen uitsluitend worden gewaardeerd als gebiedsmaatregel volgens bijlage P.

### 5.8.3 Bepaling van de primaire hernieuwbare energiefactor bij externe energielevering

#### 5.8.3.1 Warmtelevering

De primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe warmtelevering  $f_{Pren;dh}$  wordt bepaald volgens:

$$f_{Pren;dh} = \frac{E_{Pren;dh}}{E_{Pren;dh} + E_{prim;dh}}$$

$$E_{Pren;dh} = \sum_{gi} (Q_{HD;gen;gi} \times f_{Pren;HD;gi}) + (W_{HD;gen;ren} + W_{HD;aux;tot;ren}) \times f_{Pren;elec} \quad (5.42)$$

$$E_{prim;dh} = Q_{XD=HD;out;tot} \times f_{P;XD=HD;tot}$$

Rond de primaire hernieuwbare energiefactor naar beneden af op een veelvoud van 0,01.

**OPMERKING 1** De RER<sub>PrenTot</sub>-eis kan ingevuld worden met hernieuwbare warmte en restwarmte. In deze formule wordt geen onderscheid gemaakt tussen deze vormen van energie, omdat ze gelijkwaardig meetellen.

**OPMERKING 2** Indien gebruik wordt gemaakt van directe elektrische verwarming als warmteopwekker, wordt deze, met uitzondering van het elektriciteitsgebruik van elektrische opwekkers in de flexmodus, benaderd als een warmtepomp met een opwekkingsrendement  $\eta_{HD;gen} = 1$ .

waarin:

$f_{Pren;dh}$	is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe warmtelevering ten behoeve van de energiefunctie verwarming aan de afnemers;
$E_{Pren;dh}$	is de jaarlijkse hoeveelheid hernieuwbare energie die ingezet wordt door het externe warmteleveringssysteem, in kWh;
$E_{prim;dh}$	is de jaarlijkse hoeveelheid primaire energie die ingezet wordt door het externe warmteleveringssysteem, in kWh;
$Q_{HD;gen,gi}$	is de warmteopwekking door het externe energiesysteem van warmteopwekker $gi$ op jaarrichting ten behoeve van de energiefunctie verwarming, in kWh;
$W_{HD;gen;ren}$	is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde hernieuwbare elektrische energie ten behoeve van de aandrijving van de warmteopwekker(s) in de collectieve warmtevoorziening (externe warmtelevering), in kWh;
$W_{HD;aux;tot;ren}$	is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde hernieuwbare elektrische hulpenergie ten behoeve van de collectieve warmtevoorziening volgens P.6.8, in kWh;
$f_{Pren;elec}$	is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de gebruikte hernieuwbare elektriciteit, bepaald volgens tabel 5.4;

**OPMERKING 3** De hernieuwbare elektrische energie is fysiek aantoonbaar gekoppeld aan de aandrijving van de warmteopwekker(s) (bijvoorbeeld de warmtepomp) en/of de distributiepompen. Een uitzondering hierop vormt het elektriciteitsgebruik van elektrische opwekkers in de flexmodus.

$Q_{XD=HD;out,tot}$	is de totale warmtelevering voor de energiefunctie verwarming (HD) door het energiesysteem aan alle afnemers op jaarrichting, bepaald volgens P.6.1.2.1, in kWh;
$f_{P;XD=HD;tot}$	is de dimensiooze primaire energiefactor voor warmtelevering voor de energiefunctie verwarming (HD) door het energiesysteem aan de afnemers, bepaald volgens P.6.1.2.1;
$f_{Pren;HD;gi}$	is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe warmtelevering van opwekker $gi$ ten behoeve van de energiefunctie verwarming; hierbij geldt:

- a) In geval van met fossiele brandstof gestookte verwarming:

$$f_{Pren;HD;gi} = 0 \quad (5.43)$$

- b) In geval van warmtepompen:

Indien er sprake is van warmtepompen met  $\eta_{\text{HD;gen}} \geq 1$ , dan geldt:

$$f_{\text{Pren;HD;gi}} = \left( 1 - \frac{1}{\eta_{\text{HD;gen}}} \right) \quad (5.44)$$

waarin:

$\eta_{\text{HD;gen}}$  is het opwekkingsrendement van warmtepompen volgens tabel P.5.

OPMERKING 4 Indien de bron hernieuwbaar of restwarmte en/of -koude is, dan telt deze mee voor het aandeel hernieuwbaar en restwarmte in de indicator aandeel hernieuwbare energie.

OPMERKING 5 De hulpenergie die nodig is om de restwarmte uit het proces beschikbaar te maken, bronpomp, zit in het opwekkingsrendement van de warmtepomp  $\eta_{\text{HD;gen}}$  volgens tabel P.5 verdisconteerd.

- c) In het geval van met een geheel of gedeeltelijk met biomassa of biogas (mbf) gestookte warmtelevering:

$$f_{\text{Pren;HD;gi}} = \frac{Q_{\text{H;mb;A;gi}}}{Q_{\text{H;mbf;gi}}} \quad (5.45)$$

waarin:

$Q_{\text{H;mb;A;gi}}$  is de totale hoeveelheid gebruikte biomassa (biobrandstoffen) voor de energiefunctie verwarming op jaarbasis, waarvoor geldt dat deze valt onder het Activiteitenbesluit van warmteopwekker  $gi$ , in kWh;

$Q_{\text{H;mbf;gi}}$  is de totale hoeveelheid gebruikt mengsel van biobrandstof en fossiele brandstof voor de energiefunctie verwarming van warmteopwekker  $gi$  op jaarbasis, in kWh.

OPMERKING 6 Indien de warmtelevering voor 100 % gebruikmaakt van biobrandstoffen en er geen fossiele brandstoffen gebruikt worden, dan is de factor  $f_{\text{Pren;HD;gi}} = 1$ .

- d) In het geval van een afvalverbrandingsinstallatie AVI:

$$f_{\text{Pren;HD;gi}} = 1 - f_{\text{P;del;ci;gi}} = 1 - 0,5 = 0,5 \quad (5.46)$$

waarin:

$f_{\text{Pren;HD;gi}}$  is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe warmtelevering ten behoeve van de energiefunctie verwarming van warmteopwekker  $gi$  aan de afnemers;

$f_{\text{P;del;ci;gi}}$  is de primaire energiefactor van opwekker  $gi$  volgens tabel 5.5.

- e) In het geval van restwarmte:

$$f_{\text{Pren;HD;gi}} = 1 - f_{\text{P;del;rw;gi}} \quad (5.47)$$

waarin:

$f_{P;del;rw;gi}$  is de primaire energiefactor van restwarmte van opwekker  $gi$  volgens P.6.5.4.7.

OPMERKING 7 Restwarmte en/of -koude telt mee voor het aandeel hernieuwbaar en restwarmte in de indicator aandeel hernieuwbare energie.

OPMERKING 8 Indien bij een AVI meer stoom wordt geproduceerd dan kan worden ingezet voor de productie van elektriciteit en deze (dump)stoom wordt gebruikt voor de directe verwarming van het warmtedistributiesysteem (via een dumpcondensator), dan moet deze warmte worden gewaardeerd tegen het opwekkingsrendement (thermisch) van de stoomketel met een primaire energiefactor  $f_{P;del;ci}$  van de AVI, tabel 5.5. Indien het opwekkingsrendement van de stoomketel niet bekend is, geldt het opwekkingsrendement  $\eta_{H;gen}$  van een stoomketel met afvoer verbrandingsgassen volgens tabel 9.25.

f) In het geval van geothermie:

$$f_{Pren;HD;gi} = 1 - \frac{1}{\eta_{HD;gen;gi}} = 1 - \frac{1}{20} = 0,95 \quad (5.48)$$

waarin:

$\eta_{HD;gen;gi}$  is het opwekkingsrendement van geothermie;  $\eta_{HD;gen;gi} = 20$  conform P.6.5.4.8 van bijlage P.

g) In geval van elektrische opwekkers die in de flexmodus aan staan:

$$f_{Pren;HD;gi} = 1 - (1 - \frac{Q_{HD;\text{elektrische opwekker;flex}}}{Q_{HD;\text{elektrische opwekker;totaal}}}) / \eta_{\text{elektrische opwekker}}$$

waarin:

$Q_{HD;\text{elektrische opwekker;flex}}$  is de sommatie van de warmteproductie van de elektrische opwekkers in de flexmodus, in GJ;

$Q_{HD;\text{elektrische opwekker;totaal}}$  is de totale jaarproductie van de elektrische opwekker in zowel de basis- als flexmodus, in GJ;

$\eta_{\text{elektrische opwekker}}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor de warmtelevering van de elektrische opwekker. Voor directe elektrische verwarming (elektrodeboiler) is  $\eta_{\text{elektrische opwekker}}$  0,99 en voor warmtepompen volgens tabel P.5.

OPMERKING 9 De forfaitaire waarde voor de jaarlijkse productie in de flexmodus ( $Q_{HD;\text{elektrische opwekker;flex}}$ ) wordt berekend door het opgestelde thermisch vermogen van de elektrische opwekker(s) te vermenigvuldigen met 1 500 uur, met een maximum van 15 % van de totale warmteproductie van het totale warmtenetwerk. Afwijken van deze forfaitaire waarde is alleen mogelijk op basis van historisch gerealiseerde prestaties. Dit wordt in dat geval onderbouwd met een registratie op uurbasis van de daadwerkelijke inzet van de elektroboiler afgezet tegen die uren waarop aan de voorwaarde van de price cap is voldaan.  $Q_{HD;\text{elektrische opwekker;totaal}}$  wordt in dat geval onderbouwd op basis van  $Q_{HD;\text{elektrische opwekker;flex}}$  en het doel van de resterende inzet (piek en/of back-upvoorziening).

### 5.8.3.2 Koudelevering

De primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe koudelevering  $f_{\text{Pren;dc}}$  wordt bepaald volgens:

$$f_{\text{Pren;dc}} = \frac{E_{\text{Pren;dc}}}{E_{\text{Pren;dc}} + E_{\text{prim;dc}}} \quad (5.49)$$

$$E_{\text{Pren;dc}} = \sum_{gi} \left( Q_{\text{CD;gen};gi} \times f_{\text{Pren;CD};gi} \right) + \left( W_{\text{CD;gen;ren}} + W_{\text{CD;aux;tot;ren}} \right) \times f_{\text{Pren;elec}}$$

$$E_{\text{prim;dc}} = Q_{\text{XD=CD;out;tot}} \times f_{\text{P;XD=CD;tot}}$$

waarin:

- $Q_{\text{CD;gen},gi}$  is de koudelevering door het energiesysteem van koudeopwekker  $gi$  op jaarbasis ten behoeve van de energiefunctie koeling, volgens bijlage P, in kWh;
- $f_{\text{Pren;dc}}$  is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe koudelevering ten behoeve van de energiefunctie koeling aan de afnemers;
- $f_{\text{Pren;CD};gi}$  is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe koudelevering van opwekker  $gi$  ten behoeve van de energiefunctie koeling;
- $W_{\text{CD;aux;tot;ren}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenomen hernieuwbare elektrische hulpenergie ten behoeve van de collectieve koudevoorziening volgens P.6.10, in kWh;
- $W_{\text{CD;gen;ren}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenomen hernieuwbare elektrische energie ten behoeve van de aandrijving van de koudeopwekkers in de collectieve koudevoorziening (externe koudelevering);
- $f_{\text{Pren;elec}}$  is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de gebruikte hernieuwbare elektriciteit, bepaald volgens tabel 5.4;

OPMERKING 1 De hernieuwbare elektrische energie is fysiek aantoonbaar gekoppeld aan de aandrijving van de koudeopwekkers en/of de distributiepompen.

- $Q_{\text{XD=CD;out,tot}}$  is de totale koudelevering voor de energiefunctie koeling (CD) door het energiesysteem aan alle afnemers op jaarbasis, bepaald volgens P.6.1.2.1, in kWh;
- $f_{\text{P;XD=CD;tot}}$  is de dimensieloze primaire energiefactor voor koudelevering voor de energiefunctie koeling (CD) door het energiesysteem aan de afnemers, bepaald volgens P.6.1.2.1.

OPMERKING 2 De RER<sub>PrenTot</sub>-eis kan ingevuld worden met hernieuwbare koude en restkoude. In deze formule wordt geen onderscheid gemaakt tussen deze vormen van energie, omdat ze gelijkwaardig meetellen.

Hierbij geldt:

— Indien het opwekkingsrendement voor koeling  $\eta_{\text{CD;gen},gi} \geq 8$ , dan geldt:

$$f_{\text{Pren;CD};gi} = 1.$$

— In alle andere gevallen geldt:

$$f_{\text{Pren;CD};gi} = 0.$$

waarin:

$\eta_{CD;gen;gi}$  is het opwekkingsrendement van de koeling van koudeopwekker  $gi$ , volgens tabel P.9.

### 5.8.3.3 Warmtapwaterlevering (collectieve warmtapwaterbereiding)

De primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe warmtapwaterlevering  $f_{Pren;dw}$  wordt bepaald volgens:

$$f_{Pren;dw} = \frac{E_{Pren;dw}}{E_{Pren;dw} + E_{prim;dw}} \quad (5.50)$$

$$E_{Pren;dw} = \sum_{gi} (Q_{WD;gen;gi} \times f_{Pren;WD;gi}) + (W_{WD;gen;ren} + W_{WD;aux;tot;ren}) \times f_{Pren;elec}$$

$$E_{prim;dw} = Q_{XD=WD;out;tot} \times f_{P;XD=WD;tot}$$

Rond de primaire hernieuwbare energiefactor naar beneden af op een veelvoud van 0,01.

**OPMERKING 1** De RER<sub>PrenTot</sub>-eis kan ingevuld worden met hernieuwbare warmte en restwarmte. In deze formule wordt geen onderscheid gemaakt tussen deze vormen van energie, omdat ze gelijkwaardig meetellen.

**OPMERKING 2** Indien gebruik wordt gemaakt van directe elektrische verwarming als warmtapwateropwekker, wordt deze benaderd als een warmtepomp met een opwekkingsrendement  $\eta_{WD;gen} = 1$ .

waarin:

$f_{Pren;dw}$  is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe warmtapwaterlevering ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater aan de afnemers;

$E_{Pren;dw}$  is de jaarlijkse hoeveelheid hernieuwbare energie die ingezet wordt door het externe warmtapwaterleveringssysteem, in kWh;

$E_{prim;dw}$  is de jaarlijkse hoeveelheid primaire energie die ingezet wordt door het externe warmtapwatersysteem, in kWh;

$Q_{WD;gen,gi}$  is de warmtapwaterlevering door het externe energiesysteem van opwekker  $gi$  op jaarbasis ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater, volgens bijlage P, in kWh;

$W_{WD;aux;tot;ren}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde hernieuwbare elektrische hulpenergie ten behoeve van het collectieve circulatiesysteem voor externe warmtapwaterlevering bepaald volgens P.6.9, in kWh;

$W_{WD;gen;ren}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde hernieuwbare elektrische energie ten behoeve van de aandrijving van de warmteopwekkers in de collectieve warmtapwatervoorziening (externe warmtelevering);

$f_{Pren;elec}$  is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de gebruikte hernieuwbare elektriciteit, bepaald volgens tabel 5.4;

**OPMERKING 3** De hernieuwbare elektrische energie is fysiek aantoonbaar gekoppeld aan de aandrijving van de warmteopwekkers (bijv. warmtepomp) en/of de distributiepompen.

$Q_{XD=WD;out,tot}$  is de totale warmtelevering voor de energiefunctie warm tapwater (WD) door het energiesysteem aan alle afnemers op jaarbasis, bepaald volgens paragraaf P.6.1.2.1, in kWh;

$f_{P;XD=WD;tot}$  is de dimensiooze primaire energiefactor voor warmtelevering voor de energiefunctie warm tapwater (WD) door het energiesysteem aan de afnemers, bepaald volgens P.6.1.2.1;

$f_{Pren;WD;gi}$  is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe warmtapwaterlevering ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater van opwekker  $gi$  aan de afnemers; hierbij geldt:

- a) In geval van met fossiele brandstof gestookte verwarming:

$$f_{Pren;WD;gi} = 0 \quad (5.51)$$

waarin:

$f_{Pren;dw;gi}$  is de primaire hernieuwbare energiefactor voor de externe warmtapwaterlevering ten behoeve van de energiefunctie verwarming aan de afnemers van warmteopwekker  $gi$ .

- b) In geval van warmtepompen:

Indien er sprake is van warmtepompen met  $\eta_{WD;gen} \geq 1$ , dan geldt:

$$f_{Pren;WD;gi} = \left( 1 - \frac{1}{\eta_{WD;gen}} \right) \quad (5.52)$$

waarin:

$\eta_{WD;gen}$  is het opwekkingsrendement van warmtepompen volgens P.6.6.5.4 van bijlage P.

**OPMERKING 4** Warmtepompen kunnen op zeer uiteenlopende manieren worden ingezet voor warmtapwaterbereiding, in de meeste gevallen in combinatie met een andere warmteopwekker. Hierover zijn nog weinig praktijkgegevens beschikbaar. Als een of meer gangbare configuraties voor collectieve warmtapwaterbereiding met warmtepompen bekend zijn, worden hiervoor in een herziening van bijlage P forfaitaire waarden of eenvoudige rekenmethoden opgenomen.

- c) In het geval van een geheel of gedeeltelijk met biomassa of biogas (mbf) gestookte warmtelevering:

$$f_{Pren;WD;gi} = \frac{Q_{W;mb;A;gi}}{Q_{W;mbf;gi}} \quad (5.53)$$

waarin:

$Q_{W;mb;A;gi}$  is de totale hoeveelheid gebruikte biomassa (biobrandstoffen) voor de energiefunctie warm tapwater op jaarbasis, waarvoor geldt dat deze valt onder het Activiteitenbesluit van warmteopwekker  $gi$ , in kWh;

$Q_{W;mbf;gi}$  is de totale hoeveelheid gebruikt mengsel van biobrandstof en fossiele brandstof voor de energiefunctie warm tapwater van warmteopwekker  $gi$  op jaarbasis, in kWh;

d) In het geval van een afvalverbrandingsinstallatie AVI:

$$f_{Pren;WD;gi} = 1 - f_{P;del;ci;gi} = 1 - 0,5 = 0,5 \quad (5.54)$$

waarin:

$f_{P;del;ci;gi}$  is de primaire energiefactor van opwekker  $gi$  volgens tabel 5.5.

e) In het geval van restwarmte:

$$f_{Pren;WD;gi} = 1 - f_{P;del;rw;gi} = 1 - 0,1 = 0,9 \quad (5.55)$$

waarin:

$f_{P;del;rw;gi}$  is de primaire energiefactor van restwarmte van opwekker  $gi$  volgens tabel 5.5.

OPMERKING 5 Restwarmte en/of -koude telt mee voor het aandeel hernieuwbaar en restwarmte in de indicator aandeel hernieuwbare energie.

f) In het geval van geothermie:

$$f_{Pren;wd;gi} = 1 - \frac{1}{\eta_{WD;gen;gi}} = 1 - \frac{1}{20} = 0,95 \quad (5.56)$$

waarin:

$\eta_{WD;gen;gi}$  is het opwekkingsrendement van geothermie;  $\eta_{HD;gen;gi} = 20$  conform P.6.5.4.8 van bijlage P.

## 5.9 Beleidmatige factoren

Om de energieprestatie van een gebouw eenduidig uit te kunnen rekenen, moet er gebruikgemaakt worden van vaste waarden die niet aangepast mogen worden in de berekening. Deze waarden zijn vaste, beleidmatig vastgestelde, factoren. Dit zijn onder andere:

- de standaardgebruikersprofielen per gebruiksfunctie waarin onder andere bedrijfstijden, branduur van de verlichting, tapwaterbehoeften enz. vastgelegd zijn;
- de vaste binnentemperaturen waarmee de berekening uitgevoerd wordt;
- de minimumventilatiedebieten per gebruiksfunctie;
- het standaardreferentieklimaat zoals vastgelegd in hoofdstuk 17;
- de primaire energiefactoren, CO<sub>2</sub>-emissiefactoren en de primaire hernieuwbare energiefactoren.

Naast de beleidsfactoren zoals in dit hoofdstuk genoemd, staan in hoofdstukken 6 t/m 17 ook nog diverse beleidsfactoren in de lopende tekst opgenomen. Bijlage Z geeft een overzicht van waar in NTA 8800 de beleidsfactoren worden genoemd. De bij deze parameters in NTA 8800 opgenomen waarden moeten worden beschouwd als vaste waarden.

## 6 Gebouwbegrenzing en schematisering

### 6.1 Principe

Beschouw op grond van de wetgeving het voor de energieprestatieberekening relevante gedeelte van het gebouw en bepaal het toepassingsgebied volgens tabel 6.1. Voor nieuwbouw wordt in de aanvraag voor de omgevingsvergunning vastgelegd op welk gebouw(deel) de energieprestatieberekening betrekking heeft. Voor bestaande bouw geldt dat 'een gebouw' als volgt gedefinieerd is: een gebouw heeft maximaal één pand-ID in het BAG-register.

**OPMERKING 1** In de wetgeving (Bouwbesluit 2012, BEG) is vastgelegd wat het voor de energieprestatieberekening relevante gedeelte van het gebouw is. In tabel 6.1 is een overzicht gegeven van het toepassingsgebied van de energieprestatieberekening voor de verschillende typen gebruiksfuncties. Hierbij wordt inzichtelijk gemaakt voor welk deel van het gebouw de energieprestatieberekening wordt uitgevoerd.

**OPMERKING 2** Alhoewel het op het eerste gezicht eenvoudig lijkt om vast te stellen wat een gebouw is, blijkt dit bij bestaande bouw toch soms onduidelijk te zijn. Bijvoorbeeld in de situatie dat een gebouw meerdere huisnummers heeft: de vraag is dan waar de demarcatie van het gebouw ligt. In die gevallen behoort het BAG-register geraadpleegd te worden. Een gebouw heeft maximaal één pand-ID in het BAG-register en kan verschillende verblijfsobject-ID's (VBO-ID's) hebben. Voor nieuwbouw ligt in de aanvraag voor de omgevingsvergunning vast voor welk gebouw de energieprestatie berekend wordt.

**OPMERKING 3** Voor nieuw te bouwen gebouwen moet in het kader van de aanvraag van de omgevingsvergunning getoetst worden of het gebouw voldoet aan de energieprestatie-eisen die in het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving vastliggen. Deze toetsing vindt in principe plaats op gebouwniveau (m.u.v. de TO<sub>juli</sub>-eis: die wordt getoetst per rekenzone). Dat betekent dat bijvoorbeeld een bedrijfsverzamelgebouw en een woongebouw ieder als geheel getoetst moeten worden aan de nieuwbouweisen. Wanneer een woongebouw gecombineerd wordt met utiliteitsfuncties (bijvoorbeeld winkels onder woningen), dan vindt deze toetsing twee keer plaats: een toetsing van het woongedeelte en een toetsing van het utiliteitsbouwgedeelte (de winkels).

De begrenzing die bij nieuwbouw geldt is niet altijd dezelfde als de begrenzing die bij de afgifte van energielabels (voor bestaande en net opgeleverde gebouwen) gebruikt moet worden: woningen in een woongebouw moeten ieder afzonderlijk van een energielabel voorzien worden. Het is dus niet toegestaan om het energielabel van een woongebouw als geheel te bepalen. Bij utiliteitsgebouwen is de keuze van de begrenzing vrijer en is het mogelijk om een utiliteitsgebouw in zijn geheel of in gedeeltes te voorzien van een energielabel (bijvoorbeeld een winkel in een winkelcentrum mag een eigen energielabel krijgen).

**Tabel 6.1 — Overzicht van toepassing van de energieprestatieberekening afhankelijk van de gebruiksfunctie**

Gebruiksfunctie	Toepassingsgebied
'Woonfunctie'  Bijv. woning, woonwagen, woonboot, appartement, studentenhuis	Woningbouw
'Andere logiesfunctie (niet in een logiesgebouw gelegen)'  Bijv. vakantiehuisje	Woningbouw
Gebruiksfuncties waarvoor een energieprestatie-eis geldt, niet zijnde een 'woonfunctie' of 'logiesfunctie, niet zijnde een logiesgebouw'  Bijv. kantorengebouw, school, sportcomplex, hotel	Utiliteitsbouw

Voor de berekening van de energieprestatie worden alle woonfuncties (waaronder drijvende woonfuncties (woonboten), woonwagens en overige woonfuncties) en 'andere logiesfunctie' (niet in een logiesgebouw gelegen; =vakantiewoning) beschouwd als een 'woonfunctie'. Dat betekent dat voor al deze gebouwtypen hetzelfde gebruiksprofiel en bijbehorende rekenwaarden van de woonfunctie gebruikt moeten worden voor de berekening van de energieprestatie. Het is wel mogelijk dat de wetgever aan deze verschillende gebouwtypen een verschillende energieprestatie-eis oplegt.

**OPMERKING 4** In de rekensoftware voor het bepalen van de energieprestatie en het energielabel van een gebouw zal er, vanwege een mogelijk verschil in energieprestatie-eisen, wel een onderscheid gemaakt moeten kunnen worden tussen de verschillende soorten woonfuncties: woonboten, woonwagens, woningen, woongebouwen en vakantiewoningen.

**OPMERKING 5** Gebouwen die buiten het eigen perceel zoals bedoeld in het Bouwbesluit 2012 zijn gelegen, vallen buiten het relevante gedeelte van het gebouw. Voor twee gebouwen die elk op een eigen perceel zoals bedoeld in het Bouwbesluit 2012 liggen, behoren dus twee afzonderlijke energieprestatieberekeningen te worden gemaakt. In uitzonderlijke situaties komt het voor dat een gebouw zich uitstrekken over meerdere percelen. In dat geval is het toegestaan om één berekening te maken.

**OPMERKING 6** Deze NTA behandelt niet de situatie dat een gebruiksfunctie zich uitstrekken over twee of meer afzonderlijke gebouwen, gelegen op hetzelfde perceel, omdat dit onevenredig veel tekst zou vergen voor toerekening van gemeenschappelijke ruimten e.d. Het meest praktisch in zo'n geval is het uitvoeren van aparte berekeningen voor elk afzonderlijk gebouw.

Binnen woonfuncties die bestemd zijn voor kamergewijze verhuur (zoals studentenhuisvesting, woongroepen en woonvormen voor ouderen) moet een onderscheid gemaakt worden tussen zelfstandige en niet-zelfstandige eenheden. Er is sprake van een zelfstandige eenheid indien deze beschikt over een eigen toilet- en badruimte en een eigen opstelplaats voor een kooktoestel (=keuken). Bij een niet-zelfstandige eenheid worden badruimte en/of keuken door meerdere eenheden gezamenlijk gebruikt.

Een woonfunctie voor kamergewijze verhuur die uit een zelfstandige eenheid bestaat, en dus beschikt over een eigen toilet- en badruimte en een eigen opstelplaats voor een kooktoestel, wordt binnen de energieprestatieberekening beschouwd als een (kleine) woonfunctie. Voor deze zelfstandige woonfunctie kan een energieprestatieberekening (label) opgesteld worden.

Bij een woonfunctie voor kamergewijze verhuur die bestaat uit een aantal niet-zelfstandige eenheden, moeten de eenheden die een gezamenlijke badruimte en/of opstelplaats voor een kooktoestel delen, samengevoegd worden in de berekening tot één woonfunctie. Het aantal eenheden (kamers) hoeft in de berekening van de energieprestatie niet opgegeven te worden.

**VOORBEELD** De studentenkamers (die geen eigen badkamer of keuken hebben) inclusief de gemeenschappelijke badruimte(n) en/of keuken(s) van een afdeling van een studentenhuis behoren als één woonfunctie beschouwd te worden. Het is in dat geval niet toegestaan om de energieprestatie van de afzonderlijke niet-zelfstandige eenheden (kamers) te bepalen. Als de studentenkamers in dit voorbeeld allemaal een eigen badkamer en keuken zouden hebben, dan worden deze kamers beschouwd als afzonderlijke woonfuncties. In een gebouw kunnen meerdere woonfuncties aanwezig zijn, in dat geval spreken we over een woongebouw.

**OPMERKING 7** Zie 6.6.6 voor de bepaling van het aantal woonfuncties ( $N_{woon}$ ) in een gebouw.

Doorloop voor de schematisering van het gebouw onderstaande stappen (zie figuur 6.1).

### **Stap 1. Benoemen gebruiksfuncties**

Maak binnen het gebouw onderscheid tussen de gebruiksfuncties volgens het Bouwbesluit 2012.

### **Stap 2. Bepaling gebouwbegrenzing**

Op basis van de indeling in gebruiksfuncties wordt een grens getrokken tussen de delen van het gebouw die worden meegenomen binnen de begrenzing van het gebouw voor de energieprestatieberekening (de thermische zone), en (verwarmde en/of onverwarmde) aangrenzende ruimten.

De delen van het gebouw die worden meegenomen binnen de begrenzing van de energieprestatieberekening, worden samen de 'thermische zone' genoemd. De aangrenzende ruimten worden nader ingedeeld in vier typen.

### **Stap 3. Indeling in klimatiseringszones**

De thermische zone wordt ingedeeld in 'klimatiseringszones' op basis van verschillen in klimatiseringssystemen.

### **Stap 4. Indeling in rekenzones**

Elke klimatiseringszone wordt ingedeeld in een of meer rekenzones. Hierbij wordt rekening gehouden met de kenmerken van de gebruiksfuncties.

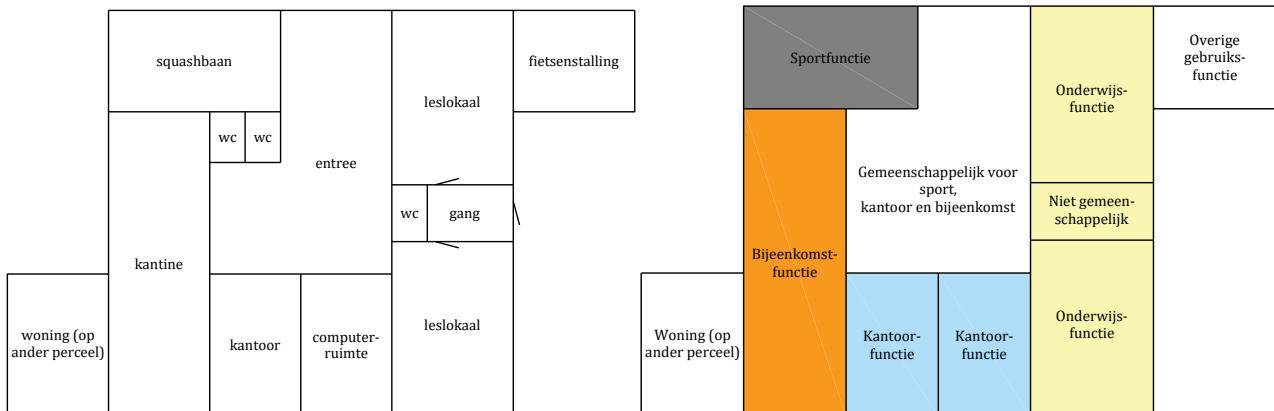
**OPMERKING 8** In deze NTA worden de Nederlandse termen thermische zone, klimatiseringszone, rekenzone en (hoofd)gebruiksfunctie gebruikt. In onderstaande tabel is weergegeven welke termen in de Europese normen gebruikt worden en met welke Nederlandse termen deze overeenkomen.

**Tabel 6.2 — Terminologie in verschillende normen**

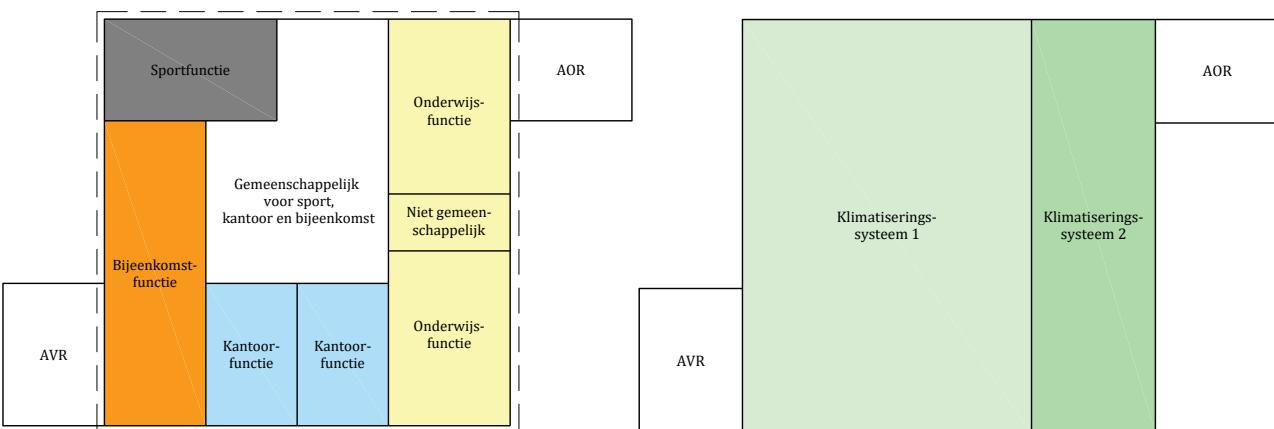
<b>NTA 8800</b>	<b>NEN-EN-ISO 52000-1</b>	<b>Toelichting</b>
Hoofdgebruiksfunctie	Building category	Hoofdcategorie van een gebouw, bijvoorbeeld kantoorgebouw (waarin naast kantoorruimten ook vergaderruimten aanwezig zijn)
Gebruiksfunctie	Space category	Gedeelten van een gebouw die dezelfde gebruiksbestemming hebben, zoals een kantoorfunctie, bijeenkomstfunctie, winkelfunctie, enz.
Ruimte	Space	Voorbeelden van een ruimte zijn een woonkamer, keuken, enz.
Thermische zone	Thermal zone	Gebouw of groep van gebouwdelen waarvoor de energieprestatie wordt berekend
Klimatiseringszone	Service area for heating, cooling, ventilation and (de)humidification	Gedeelte van het gebouw met een bepaald type klimatiseringssysteem
Tapwatersysteemzone	Service area for domestic hot water	Gedeelte van het gebouw met een bepaald type tapwatersysteem
Verlichtingszone	Service area for lighting	Gedeelte van een rekenzone van het gebouw met een bepaald type verlichtingssysteem
Rekenzone	Elementary space	Kleinste rekeneenheid. Gedeelte van een gebouw dat voor de berekening van de energiebehoefte voor verwarming, koeling, bevochtiging en ontvochtiging, tapwater, verlichting en ventilatie als één geheel mag worden beschouwd

In figuur 6.1 is een schematisch voorbeeld opgenomen van de vier te doorlopen stappen voor de begrenzing en indeling van een gebouw.

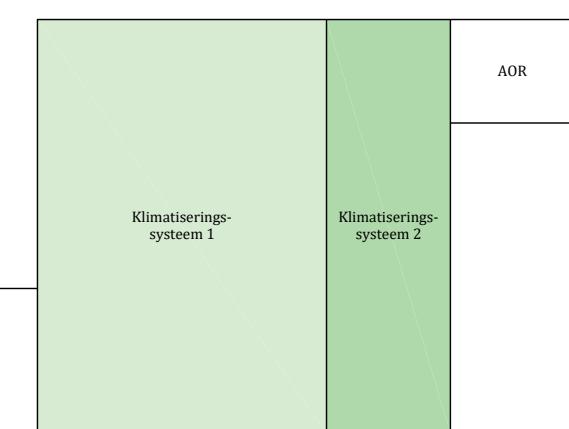
Stap 1: benoemen gebruiksfuncties & gemeenschappelijke ruimten



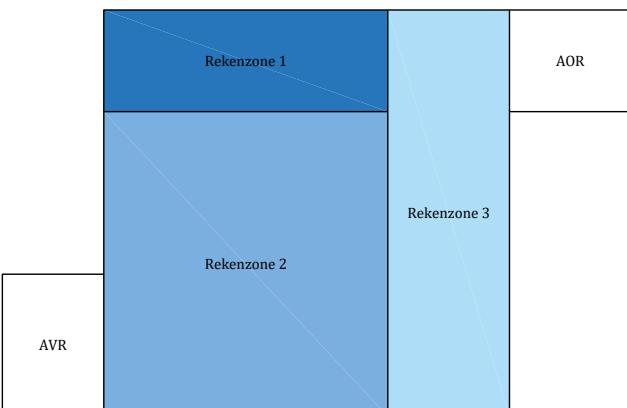
Stap 2: bepalen thermische zone



Stap 3: indelen in klimatiseringssystemen



Stap 4: indelen in rekenzones



**Figuur 6.1 — Schematische weergave van de vier te doorlopen stappen voor de begrenzing en indeling van het gebouw**

**OPMERKING 9** Bij het toedelen van gemeenschappelijke ruimten aan gebruiksfuncties ligt alleen vast welk deel van de gebruiksoppervlakte aan de verschillende gebruiksfuncties behoort te worden toebedeeld. De verliesoppervlakken van de gemeenschappelijke ruimten hoeven niet aan de verschillende gebruiksfuncties toebedeeld te worden. Hierdoor is het mogelijk om per situatie de meest logische indeling te kiezen. In figuur 6.1 is de gevel van de entree bijvoorbeeld geheel toegekend aan rekenzone 1.

**OPMERKING 10** Het bepalen van de gebruiksoppervlakte is nader beschreven in 4.5 van NEN 2580:2007 en in 6.6.

## 6.2 Benoemen gebruiksfuncties (stap 1)

Maak binnen het relevante gedeelte van het gebouw onderscheid tussen de gebruiksfuncties volgens het Bouwbesluit 2012.

**OPMERKING 1** Het Bouwbesluit 2012 onderscheidt voor de energieprestatie de volgende gebruiksfuncties:

- woonfunctie:
    - woonwagen;
    - drijvende woonfunctie;
    - andere woonfunctie;
  - bijeenkomstfunctie:
    - overig;
    - voor kinderopvang;
  - celfunctie:
    - in een cellengebouw;
    - andere celfunctie;
  - gezondheidszorgfunctie:
    - met bedgebied;
    - andere gezondheidszorgfunctie;
  - industriefunctie (hiervoor geldt geen energieprestatie-eis of energielabel);
  - kantoorfunctie;
  - logiesfunctie:
    - in een logiesgebouw;
    - andere logiesfunctie (=vakantiewoning: dit wordt binnen deze NTA beschouwd als woonfunctie);
  - onderwijsfunctie;
  - sportfunctie;
  - winkelfunctie;
  - overige gebruiksfunctie (hiervoor geldt geen energieprestatie-eis of energielabel),
- en daarnaast:
- een woongebouw;
  - een logiesgebouw (is tevens een logiesfunctie) en;
  - een cellengebouw (is tevens een celfunctie).

**OPMERKING 2** In tabel 6.3 is een informatief overzicht opgenomen van de gebruiksfuncties met daarbij aanwijzingen welke ruimten het betreft.

Alle als woningbouw aan te wijzen gebruiksfuncties (waaronder drijvende woonfuncties (woonboten), woonwagens en overige woonfuncties) en ‘andere logiesfunctie’ (niet in een logiesgebouw gelegen; = vakantiewoning) worden voor de berekening van de energieprestatie beschouwd als een ‘woonfunctie’. Dat betekent dat voor al deze gebouwtypen hetzelfde gebruiksprofiel en bijbehorende rekenwaarden van ‘woonfunctie’ gebruikt moeten worden voor de berekening van de energieprestatie. Het is wel mogelijk dat de wetgever aan deze verschillende gebouwtypen een verschillende energieprestatie-eis oplegt.

**OPMERKING 3** In de rekensoftware voor het bepalen van de energieprestatie en het energielabel van een gebouw zal er, vanwege een mogelijk verschil in energieprestatie-eisen, wel een onderscheid gemaakt moeten kunnen worden tussen de verschillende soorten woonfuncties: woonboten, woonwagens, woningen, woongebouwen en vakantiewoningen.

**OPMERKING 4** Gebouwen die buiten het eigen perceel zoals bedoeld in het Bouwbesluit 2012 zijn gelegen, vallen buiten het relevante gedeelte van het gebouw. Voor twee gebouwen die elk op een eigen perceel zoals bedoeld in het Bouwbesluit 2012 liggen, worden dus twee afzonderlijke energieprestatieberekeningen gemaakt.

**OPMERKING 5** Deze NTA behandelt niet de situatie dat een gebruiksfunctie zich uitstrekkt over twee of meer afzonderlijke gebouwen, gelegen op hetzelfde perceel, omdat dit onevenredig veel tekst zou vergen voor toerekening van gemeenschappelijke ruimten e.d. Het meest praktisch in zo’n geval is het uitvoeren van aparte berekeningen voor elk afzonderlijk gebouw.

Bij woonfuncties bestemd voor kamergewijze verhuur (zoals studentenhuisvesting, woongroepen en woonvormen voor ouderen), moet een onderscheid gemaakt worden tussen zelfstandige en niet-zelfstandige eenheden. Er is sprake van een zelfstandige eenheid indien deze beschikt over een eigen toilet- en badruimte en een eigen opstelplaats voor een kooktoestel (=keuken). Bij een niet-zelfstandige eenheid worden badruimte en/of keuken door meerdere eenheden gezamenlijk gebruikt.

Een zelfstandige eenheid bestemd voor kamergewijze verhuur die uit een zelfstandige eenheid bestaat, en dus beschikt over een eigen toilet- en badruimte en een eigen opstelplaats voor een kooktoestel, wordt binnen de energieprestatieberekening beschouwd als woonfunctie. Voor deze zelfstandige woonfunctie kan een energieprestatieberekening (label) opgesteld worden.

Bij woonfuncties voor kamergewijze verhuur, bestaande uit een aantal niet-zelfstandige eenheden, moeten de eenheden die een gezamenlijke badruimte en/of opstelplaats voor een kooktoestel delen, samengevoegd worden in de berekening tot één woonfunctie. Het aantal eenheden (kamers) hoeft in de berekening van de energieprestatie niet opgegeven te worden.

**VOORBEELD** De studentenkamers (die geen eigen badkamer of keuken hebben) inclusief de gemeenschappelijke badruimte(n) en/of keuken(s) van een afdeling van een studentenhuis worden als één woonfunctie beschouwd. Het is in dat geval niet toegestaan om de energieprestatie van de afzonderlijke niet-zelfstandige eenheden (kamers) te bepalen. Als de studentenkamers in dit voorbeeld allemaal een eigen badkamer en keuken zouden hebben, dan worden deze kamers beschouwd als afzonderlijke woonfuncties. In een gebouw kunnen meerdere woonfuncties aanwezig zijn, in dat geval spreken we over een woongebouw.

**OPMERKING 6** Zie 6.6.6 voor de bepaling van het aantal woonfuncties ( $N_{woon}$ ) in een gebouw.

**OPMERKING 7** Tot een gebruiksfunctie kunnen naast niet-gemeenschappelijke ruimten ook gemeenschappelijke ruimten (bijv. gangen) behoren. Door de verschillende ruimten en gebruiksfuncties te benoemen, zijn ook de gemeenschappelijke ruimten aangeduid.

Wanneer in een gebouw zowel woonfuncties als utiliteitsbouwfuncties aanwezig zijn, moet de berekening opgesplitst worden in een woningbouwberekening en een utiliteitsbouwberekening.

**OPMERKING 8** In tegenstelling tot voorlopers van NTA 8800 is het niet meer mogelijk om een zogenoemd combinatiegebouw (woningbouw in combinatie met utiliteitsbouw) in één berekening door te rekenen. Deze functies behoren altijd gesplitst te worden in meerdere berekeningen.

Indien in een gebouw met zowel woonfuncties als utiliteitsbouwfuncties sprake is van gemeenschappelijke ruimten die door beide functies gebruikt worden (bijvoorbeeld een gezamenlijke entree), dan moeten deze gemeenschappelijke ruimten deels toegewezen worden aan de woonfuncties en deels aan de utiliteitsfuncties.

**VOORBEELD** Bij een combinatiegebouw met op de onderste verdieping winkels en daarboven woningen, maken de winkels en de woningen gezamenlijk gebruik van de gemeenschappelijke entree. Er kan in dit geval een denkbeeldige lijn getrokken worden door de gezamenlijke entree, waarbij de begane grond van de entree aan de winkels wordt toegewezen, en de entree op de bovenliggende verdiepingen aan de woningen wordt toegewezen.

In afwijking hiervan geldt dat indien in een gebouw met een of meer woonfuncties een gedeelte is gelegen met een gebruiksfunctie anders dan een woonfunctie en de gebruiksoppervlakte van die gebruiksfunctie niet meer bedraagt dan de helft van de totale som van de gebruiksoppervlakte van de woonfunctie(s) die in het gebouw is (zijn) gelegen én niet meer bedraagt dan 50 m<sup>2</sup>, dan moet voor de berekening van de energieprestatie die gebruiksfunctie worden beschouwd als ware het een woonfunctie.

**VOORBEELD** Voorbeelden hiervan zijn een kantoorruimte aan huis, een kleine winkel aan huis, een bed-and-breakfastgedeelte in een woning, enz.

Vanuit het oogpunt van de vereenvoudiging van de berekening is het bij bestaande utiliteitsgebouwen toegestaan om kleine gebruiksfuncties niet apart in de berekening aan te merken, maar deze onder de hoofdgebruiksfunctie van het gebouw te scharen. De hoofdgebruiksfunctie van het gebouw is de gebruiksfunctie waarvoor een energieprestatie-eis geldt die, voordat deze samenvoeging plaatsgevonden heeft, de grootste gebruiksoppervlakte heeft. Maximaal 25 % van de gebruiksoppervlakte van een gebouw mag op deze wijze aan de hoofdgebruiksfunctie worden toegekend.

**OPMERKING 9** Het toedelen van een kleinere gebruiksfunctie aan de hoofdgebruiksfunctie is alleen toegestaan indien de hoofdgebruiksfunctie een functie is waarvoor een energieprestatie-eis of energielabelplicht geldt. Dit betekent dat bij bijvoorbeeld een groot industriegebouw het niet toegestaan is om de kantoorfunctie aan te merken als industriefunctie.

De gemeenschappelijke ruimten worden naar rato toegekend aan de gebruiksfuncties waar zij op aangewezen zijn. Niet-gemeenschappelijke ruimten, zoals gangen, pantry's, toiletten e.d. die maar één gebruiksfunctie bedienen, worden volledig aan die gebruiksfunctie toegekend.

**VOORBEELD** Centrale verkeersruimten, centrale entrees en toiletten zijn voorbeelden van ruimten die als gemeenschappelijke ruimten kunnen zijn aangemerkt.

**OPMERKING 10** Voor gebouwen waarin naast de industriefunctie ook een andere wel energielabelplichtige gebruiksfunctie aanwezig is, geldt alleen een verplichting voor de labelplichtige delen als de gebruiksoppervlakte van het labelplichtige deel (of een combinatie van de gezamenlijke labelplichtige gebruiksfuncties) groter is dan 50 m<sup>2</sup>.

**OPMERKING 11** De gebouwdelen met een industriefunctie of een overige gebruiksfunctie vallen niet onder de energieprestatieplicht en worden daarom buiten beschouwing gelaten bij de berekening van de energieprestatie van het gebouw. Dit betekent dat voor deze functies de gebruiksoppervlakte niet meegenomen wordt in de energieprestatieberekening, en dat, afhankelijk van de wijze waarop deze ruimten geconditioneerd worden, deze ruimten beschouwd worden als een aangrenzende onverwarmde of een aangrenzende verwarmde ruimte.

**OPMERKING 12** In tabel 6.3 is de term 'hulpfuncties' gebruikt. Een hulpfunctie is geen gebruiksfunctie conform het Bouwbesluit, maar is hier ingevoerd om een gebouw beter te kunnen indelen.

**Tabel 6.3 — Gebruiksfuncties en aanwijzingen welke ruimten het betreft (informatief)**

<b>Gebruiksfuncties</b>	<b>Aanwijzingen<sup>a</sup></b>
Woonfunctie	Ruimten in eengezinswoningen, woonfunctieruimten in flat- of portiekwoningen, ruimten in drijvende woningen, ruimten in studentenhuizen, ruimten in woonfuncties voor zorg, en woonwagens met een woonfunctie
Andere logiesfunctie (niet gelegen in een logiesgebouw)	Ruimten in zomerhuisjes/vakantiehuizen, bed and breakfast. Deze worden in deze NTA beschouwd als woonfunctie
Bijeenkomstfunctie <sup>b</sup> : overig voor kinderopvang	Vergaderzalen in een congrescentrum, bijeenkomstruimte in een kerk, bijeenkomstruimte in een wijkgebouw, bioscoopzaal, theaterzaal, schouwburgzaal, cursusruimte, vergaderruimten, tentoonstellingsruimten, museumzalen, tribune in een sportgebouw, bibliotheekruimte, expositieruimte, aula in een school, ruimte voor kaart- en bordspelen, speelruimten in een casino, café, eetzalen van een restaurant, kantine van een sportclub, dansruimten in een discotheek, foyer in een schouwburg, foyer in een bioscoop, horecagelegenheid in een ziekenhuis
	Slaap- en kinderverblijven in een kinderdagverblijf, kinderopvangruimte van een crèche
Celfunctie	Gevangenis- of politiecel, kamer in een tehuis voor dwangmatige verpleging, cel op een station
Gezondheidszorgfunctie: met bedgebied (klinisch)	Ruimten voor de behandeling van bedgebonden patiënten in een: ziekenhuis/verpleegtehuis/psychiatrische inrichting/gezinsvervangend tehuis voor verstandelijk gehandicapten
andere gezondheidszorgfunctie (niet-klinisch)	Ruimten voor de behandeling van niet-bedgebonden patiënten in een: ziekenhuis, verpleegtehuis, psychiatrische inrichting, gezinsvervangend tehuis voor verstandelijk gehandicapten, medisch centrum, polikliniek, praktijkruimte van huisarts/fysiotherapeut/tandarts/dierenarts, dierenkliniek, woonzorgcomplex, bejaardentehuis of een verzorgingstehuis, wachtruimte in ziekenhuizen, huisarts, tandarts, enz.
Industriefunctie <sup>c</sup>	Werkplaats, magazijn van een fabriek, fabrieksruimte, opslagruimte in een pakhuis, stal van een boerderij, opslagloods, tuinbouwkas, koel- of vrieshuis, muziekstudio, grootkeuken (bijvoorbeeld van een restaurant of ziekenhuis), labruimte, operatiekamer, werkplaats in een garage en werkplaats in een brandweerkazerne
Kantoorfunctie	Kantoorruimten en stiltewerkplekken in gebouwen, bijvoorbeeld kantoorruimten in een accountantsbureau, administratiekantoor, advocatenkantoor, bankgebouw, gemeentehuis, bedrijfsverzamelgebouw of school, kantoorruimte bij een winkel, kantoorruimte aan een woning, kantoorruimte in een politiebureau, kantoorruimten in een brandweerkazerne
Logiesfunctie in een logiesgebouw	Slaapverblijven in hotels, motels, pensions of asielcentra, slaapruimten in opvangcentrum voor tijdelijk verblijf van mensen, slaapverblijven in een brandweerkazerne

Gebruiksfuncties	Aanwijzingen <sup>a</sup>
Onderwijsfunctie	Klaslokaal in een schoolgebouw, collegezaal van een universiteit, zalen voor projectonderwijs, leraren/docentenkamers
Sportfunctie	Zwemzaal in een zwembad, gymnastieklokaal, sportruimte in een sporthal, sportruimte in een fitnesscentrum, gedeelte om te bowlen bij een bowlingbaan, biljartzaal, kleedruimte- en doucheruimte bij sport, tennishal, squashbaan in een squashhal, baan voor indoorkarting, manege, overdekte wielerbaan, boulodrome (overdekte jeu-de-boulesbaan), raquetballbaan, bokszaal, schietbaan, overdekte rolschaatsbaan
Winkelfunctie	Alle winkelruimten in een winkel of winkelcentrum (ook kantoorachtige functie zoals een reisbureau of makelaarskantoor in een winkelcentrum), winkelgedeelte in een supermarkt, pedicure, reisbureau, bordeel, kapsalon, apotheek, stationsloket, verkoop bij een tankstation, showrooms, publiek toegankelijke ruimten en publiek toegankelijke spreekkamers van een bankfiliaal
Overige gebruiksfunctie <sup>c</sup>	Trafohuisje, parkeergarage, tuinbouwkas bij woning (niet beroepsmatig), sanitair gebouw op een camping, wachtlokaal voor passagiers op een station, bushokje
Hulpfunctie <sup>d</sup>	Toiletten, kleedruimten (zijnde niet sport), pantry's, verkeersruimten (gang, hal, overloop, entree, vide, lift, trap, trappenhuis), technische ruimten, bezemkasten, schoonmaakkasten, opslagruimten, stallingsruimten, bergruimten, meterruimten, stookruimten  Zolders, vlieringen, kelders/souterrains, atria en serres, indien geen verblijfsruimte

<sup>a</sup> Aanwijzingen in bovenstaande tabel zijn niet uitputtend.  
<sup>b</sup> Entreegebieden/recepties in utiliteitsgebouwen hebben over het algemeen geen bijeenkomstfunctie maar een hulpfunctie (tabel 6.4).  
<sup>c</sup> Voor industriefunctie en overige gebruiksfunctie geldt geen energieprestatie-eis of energielabel.  
<sup>d</sup> Geen gebruiksfunctie conform het Bouwbesluit, maar ingevoerd om de gebouwen te kunnen indelen.

**OPMERKING 13** In tabel 6.4 is aangegeven hoe de ruimten met een hulpfunctie toegewezen worden aan een van de gebruiksfuncties of dat deze buiten de berekening van de energieprestatie gehouden worden (en dus beschouwd worden als een aangrenzende verwarmde of onverwarmde ruimte).

Datacenters hebben in de bouwregelgeving een industriefunctie: ‘gebruiksfunctie voor het bedrijfsmatig bewerken of opslaan van materialen en goederen, of voor bedrijfsmatige agrarische doeleinden’ (Besluit bouwwerken leefomgeving). Conform artikel 4.149 van Besluit bouwwerken leefomgeving geldt hiervoor geen energieprestatie, waardoor datacenters in NTA 8800 dan ook niet aan de orde komen. Dat de activiteit die in een datacenter plaatsvindt, een hoge energie-intensiteit kent, doet daar niets aan af.

**OPMERKING 14** Privaatrechtelijk (bijvoorbeeld in een brancheclassificatie als ‘Green IT’) is het energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-uitstoot vanzelfsprekend een onderscheidend kenmerk. De overheid kijkt wel vanuit andere regelgeving naar het energiegebruik in gebouwen (Wet milieubeheer, Activiteitenbesluit) en stelt daar eisen aan. Ook is er indirecte invloed via de belasting op het energiegebruik. Dat valt allemaal buiten de bouwregelgeving.

**Tabel 6.4 — Toekenning van de hulpfuncties aan gebruiksfuncties (informatief)**

Hulpfuncties	Actie
Niet-gemeenschappelijke <sup>a</sup> ruimten	Toiletten, kleedruimte en pantry
	Verkeersruimten zijnde: gang, hal, overloop, entree, trap of vide
	Bezemkasten en schoonmaakkasten
	Opslagruimte of server/computerraumte gelieerd <sup>b</sup> aan een gebruiksfunctie
Gemeenschappelijke <sup>a</sup> ruimten	Toiletten, kleedruimte en pantry
	Verkeersruimten zijnde: gang, hal, overloop, entree, trap, vide, trappenhuis (niet grenzend aan buiten) en liftschacht (niet grenzend aan buiten)
	Bezemkasten en schoonmaakkasten
Overige ruimten	Sterk geventileerde ruimten <sup>c</sup> , niet zijnde liftschachten
	Stallingsruimten voor motorvoertuigen
	Verkeersruimten zijnde: trappenhuis en/of liftschacht (beide grenzend aan buiten)
	Overige opslagruimte, stallingsruimten, bergruimten
	Technische ruimten, stookruimten, meterruimten
	Zolders, vlieringen, kelders/souterrains <sup>d</sup>
	Serres en atria
Zie 6.3	

<sup>a</sup> Het verschil tussen een niet-gemeenschappelijke en een gemeenschappelijke ruimte is dat op een niet-gemeenschappelijke ruimte slechts één gebruiksfunctie is aangesloten en op een gemeenschappelijke ruimte meer dan één verschillende gebruiksfunctie aangesloten.

<sup>b</sup> Opslagruimte gelieerd aan een gebruiksfunctie is een opslagruimte die zonder bouwkundige aanpassingen weer ingericht kan worden als onderdeel van een gebruiksfunctie. Hierbij valt te denken aan een kantoorruimte die tijdelijk als opslagruimte is ingericht, of de voorraadkamer voor kantoorartikelen.

<sup>c</sup> Hieronder vallen ook ruimten die via een of meer niet-afsluitbare ventilatieopeningen met totale oppervlakte (dus gesommeerd) van 0,2 m<sup>2</sup> of meer in verbinding staan met de buitenlucht.

<sup>d</sup> Zolders, vlieringen en kelders/souterrains kunnen alleen als overige ruimte behandeld worden als zij een hulpfunctie hebben toegekend gekregen. Deze ruimten kunnen namelijk ook een gebruiksfunctie hebben, bijvoorbeeld een woonfunctie, bijeenkomstfunctie, kantoorfunctie.

### 6.3 Bepaling gebouwbegrenzing (stap 2)

Op basis van de benoemde gebruiksfuncties (zie 6.2) wordt een grens getrokken tussen de delen van het relevante gedeelte van het gebouw die worden meegenomen binnen de begrenzing van het gebouw voor de energieprestatieberekening en de (verwarmde en/of onverwarmde) aangrenzende ruimten die buiten de energieprestatieberekening vallen.

Het is met deze NTA mogelijk om zowel de energieprestatie van een gebouw als geheel als de energieprestatie van losse eenheden te bepalen. In de (bouw)regelgeving is vastgelegd op welk niveau eisen gesteld worden.

**OPMERKING 1** Het is dus mogelijk om, zowel voor nieuwbouw als voor bestaande bouw, de energieprestatie van een geheel woongebouw te bepalen en daarnaast ook de energieprestatie van de afzonderlijke woningen (verblijfsobjecten) binnen het gebouw inzichtelijk te maken. Op deze manier wordt voor een bewoner van een woning ook inzichtelijk gemaakt dat de woningen die op de bovenste verdieping gelegen zijn, een andere energieprestatie (en daarmee een andere energierekening) hebben dan de woningen die zich in het midden van het gebouw bevinden. Dezelfde systematiek mag ook toegepast worden binnen utiliteitsgebouwen, en geldt bijvoorbeeld voor winkels in een winkelcentrum of kantoorvleugels/kantoorverdiepingen in een kantoorgebouw die aan verschillende huurders verhuurd worden. Het is hierbij de bedoeling om maximaal een onderverdeling te maken tot op het niveau van bijvoorbeeld een verhuurbare winkel, verdieping of vleugel van een gebouw. Als richtlijn kan aangehouden worden dat de losse units een eigen ingang/opgang behoren te hebben en beschikken over een eigen VBO-ID. Het is dus nadrukkelijk niet de bedoeling om bij bijvoorbeeld een bedrijfsverzamelgebouw waarin losse ruimten (kamers) verhuurd worden, een label per verhuurde ruimte/kamer op te gaan stellen.

**OPMERKING 2** Opgemerkt wordt dat de som van de losse eenheden niet gelijk hoeft te zijn aan het gebouw als geheel. Bijvoorbeeld bij een woongebouw waarbij er sprake is van een inpandig centraal trappenhuis dat binnen de thermische schil ligt. In dat geval wordt bij de berekening van het gebouw als geheel het trappenhuis wel meegenomen in de berekening, maar bij de berekening van de energieprestatie van de losse woningen, wordt gekeken naar de individuele woningen en blijft het centrale trappenhuis buiten beschouwing.

Het relevante gedeelte van het gebouw, zoals bepaald in 6.1, wordt verdeeld in:

- de thermische zone, en
- aangrenzende ruimten (AR).

Binnen de thermische zone liggen, indien aanwezig, ten minste:

- a) de verblijfsgebieden en verblijfsruimten;
- b) toilet- en badruimten die zijn gelegen in een gebruiksfunctie waarvoor de energieprestatieberekening wordt uitgevoerd;
- c) ruimten met een opstelplaats voor een kooktoestel die zijn gelegen in een gebruiksfunctie waarvoor de energieprestatieberekening wordt uitgevoerd;
- d) vanuit het gebouw met een vaste trap bereikbare, beloopbare zolders met een hoogte van 1,5 m of meer;
- e) vanuit het gebouw bereikbare kelderkasten die maximaal een oppervlakte hebben van  $4 \text{ m}^2$ , en waarvan het hoogteverschil tussen de aangrenzende vloer van het gebouw en de vloer van de kelderhok maximaal 1,5 m bedraagt.

**OPMERKING 3** Voor de energieprestatieberekening behoren woonkamers, slaapkamers, toiletten, badkamers, beloopbare zolders die met een vaste trap bereikbaar zijn en keukens altijd tot de thermische zone.

OPMERKING 4 Een vлизotrap wordt niet beschouwd als een vaste trap.

Buiten de thermische zone liggen:

- a) ruimten met een industriefunctie;
- b) sterk geventileerde ruimten, niet zijnde liftschachten;
- c) ruimten die via een of meer niet-afsluitbare openingen met een oppervlakte van in totaal ten minste  $0,2 \text{ m}^2$  in verbinding staan met de buitenlucht.
- d) stallingsruimten voor motorvoertuigen;
- e) groepen van berghingen (inclusief toegangsgangen) in een woongebouw;
- f) technische ruimten waar de installaties voor verwarmen, koelen, ventilatie en/of tapwaterbereiding staan opgesteld in gebouwen met een gebruiksoppervlakte ( $A_{g:\text{gebouw}}$ , zie **Error! Reference source not found.**) van meer dan  $500 \text{ m}^2$ .

OPMERKING 5 Bij woongebouwen komt het regelmatig voor dat op de begane grond alle berghingen van het gebouw geclusterd bij elkaar liggen. Deze groepen van berghingen worden over het algemeen niet geklimatiseerd en er is ook geen sprake van bijvoorbeeld tapwatergebruik in die berghingen. Deze groepen van berghingen worden buiten de berekening gehouden en worden aangemerkt als een aangrenzende ruimte. Inpandige berghingen in de woningen van het woongebouw worden wel als onderdeel van de thermische zone beschouwd en krijgen dan de woonfunctie toegekend.

Gemeenschappelijke ruimten (zoals centrale entreehallen en (inpandige) centrale verkeersruimten) in woongebouwen die binnen de thermische zone liggen maar buiten de individuele woningen, moeten meegenomen worden in de berekening van de energieprestatie van het woongebouw als geheel. Deze gemeenschappelijke ruimten hebben een woonfunctie. Bij de berekening van het energielabel van de individuele woningen en/of de T0juli-toets van de individuele woningen in een woongebouw worden deze gemeenschappelijke ruimten buiten beschouwing gelaten.

OPMERKING 6 Bij gebouwen met een  $A_{g:\text{gebouw}}$  groter dan  $500 \text{ m}^2$  worden de grote technische ruimten, waar bijvoorbeeld de centrale opwekkers en luchtbehandelingskasten zich bevinden, buiten de berekening gehouden. Deze technische ruimten vormen geen onderdeel van de thermische zone en worden als aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR) of aangrenzende verwarmde ruimte (AVR) beschouwd. Deze technische ruimten behoren dus niet als gemeenschappelijke ruimte aangemerkt te worden. Kleine technische ruimten (zoals meterkasten en verdeelruimten per verdieping) hoeven niet buiten de berekening gehouden te worden en mogen wel als gemeenschappelijke ruimte worden aangemerkt.

Alle overige ruimten vallen binnen de thermische zone indien:

- a) de ruimte wordt verwarmd of gekoeld ten behoeve van het verblijven van mensen;
- of
- b) er een niet-afsluitbare verbinding is tussen de ruimte en een gebouwgedeelte dat (reeds) behoort tot het primair als thermische zone aangeduide gedeelte;

OPMERKING 7 Een niet-afsluitbare verbinding is een opening die niet met aanwezige beweegbare constructieonderdelen voor 90 % of meer kan worden afgesloten.

OPMERKING 8 Het primair als thermische zone aangeduide gedeelte van het gebouw omvat de verblijfsgebieden en verblijfsruimten, de toilet- en badruimten die zijn gelegen in een gebruiksfunctie waarvoor de energieprestatieberekening wordt uitgevoerd en de ruimten met een opstelplaats voor een kooktoestel die zijn gelegen in een gebruiksfunctie waarvoor de energieprestatieberekening wordt uitgevoerd.

of

c) aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- 1) de ruimte grenst aan een gebouwgedeelte dat (reeds) behoort tot de thermische zone, en
- 2) meer dan 70 % van de oppervlakte, met uitzondering van daglichtopeningen en deuren, van de uitwendige scheidingsconstructie van de ruimte heeft een warmteweerstand ( $R_c$ ) groter dan of gelijk aan  $0,36 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ ; en
- 3) meer dan 70 % van de oppervlakte van de uitwendige daglichtopeningen en deuren van de ruimte heeft een warmtedoorgangscoëfficiënt ( $U_w$ ) kleiner dan of gelijk aan  $4,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ; en
- 4) meer dan 70 % van de oppervlakte (met uitzondering van daglichtopeningen en deuren) van de scheidingsconstructie tussen de ruimte en de ruimte(n) binnen het primair als thermische zone aangeduidde deel van het gebouw, heeft een warmteweerstand kleiner dan  $0,36 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ ;

of

d) aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- 1) de ruimte grenst aan een gebouwgedeelte dat (reeds) behoort tot de thermische zone; en
- 2) meer dan 70 % van de oppervlakte, met uitzondering van daglichtopeningen en deuren, van de uitwendige scheidingsconstructie van de ruimte heeft een warmteweerstand groter dan of gelijk aan  $0,36 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ ; en
- 3) meer dan 70 % van de oppervlakte van de uitwendige daglichtopeningen en deuren van de ruimte heeft een warmtedoorgangscoëfficiënt ( $U_w$ ) kleiner dan of gelijk aan  $4,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ; en
- 4) meer dan 70 % van de oppervlakte, met uitzondering van daglichtopeningen en deuren, van de scheidingsconstructie tussen de ruimte en de ruimte(n) binnen het primair als thermische zone aangeduidde deel van het gebouw heeft een warmteweerstand groter dan of gelijk aan  $0,36 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ ; en
- 5) de oppervlakte gewogen gemiddelde warmteweerstand van de scheidingsconstructie tussen de ruimte en het primair als thermische zone aangeduidde deel is kleiner dan de oppervlakte gewogen gemiddelde warmteweerstand van de uitwendige scheidingsconstructie van de ruimte. Ramen en deuren worden bij de bepaling van deze gemiddelde warmteweerstanden buiten beschouwing gelaten;

of

f) aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- 1) de ruimte grenst aan een gebouwgedeelte dat behoort tot de thermische zone; en
- 2) meer dan 70 % van de oppervlakte, met uitzondering van daglichtopeningen en deuren, van de uitwendige scheidingsconstructie van de ruimte heeft een warmteweerstand kleiner dan  $0,36 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ ; en
- 3) meer dan 70 % van de oppervlakte, met uitzondering van daglichtopeningen en deuren, van de scheidingsconstructie tussen de ruimte en de ruimte(n) binnen het primair als thermische zone aangeduid deel van het gebouw heeft een warmteweerstand kleiner dan  $0,36 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ ; en

4) in de ruimte is een gebouwgebonden warmteafgiftesysteem aanwezig.

OPMERKING 9 Voorwaarde e) komt alleen voor bij bestaande bouw.

OPMERKING 10 Een warmteweerstand van  $0,36 \text{ m}^2\text{K/W}$  komt overeen met de warmteweerstand van een niet-geïsoleerde spouwmuur. De grens aan de U-waarde van de gevelopeningen zorgt ervoor dat ten minste isolatieglas of voorzetteramnen aanwezig zijn in de uitwendige scheidingsconstructie.

Het doorlopen van bovengenoemde criteria is een iteratief proces. Voor elke afzonderlijke overige ruimte moet worden bepaald of deze al dan niet tot de thermische zone moet worden gerekend. De volgorde waarin de verschillende overige ruimten worden doorlopen, is in principe vrij te kiezen.

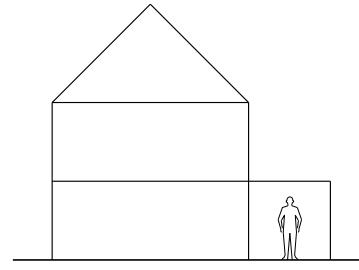
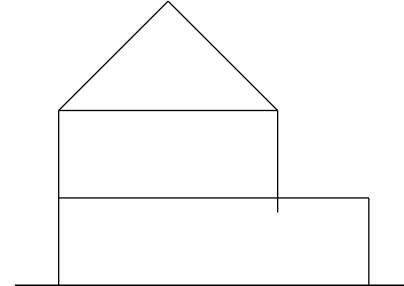
OPMERKING 11 Aangeraden wordt om te beginnen met de overige ruimten die grenzen aan een gebouwgedeelte dat reeds behoort tot de thermische zone. Hierdoor komt de noodzaak van het iteratieve proces in de meeste situaties te vervallen.

OPMERKING 12 Voorbeelden van de overige ruimten zijn stallingsruimten niet bestemd voor motorvoertuigen, bergruimten, kleine technische ruimten en meterruimten. Ruimten zoals niet-beloopbare zolders, vlieringen, kelders/souterrains, serres, atria en balkon/galerijafdichtingen worden, voor zover niet benoemd als verblijfsruimte, ook als overige ruimte behandeld.

OPMERKING 13 In tabel 6.5 is een overzicht gegeven van de situaties waarin een overige ruimte wordt meegenomen binnen de thermische zone.

OPMERKING 14 Op basis van bovenstaande criteria zal voor sommige ruimten nog niet zijn vastgesteld of deze binnen of buiten de thermische zone liggen, bijv. meterkasten en bergingen zonder warmteafgiftesysteem in bestaande bouw. Er is in dat geval keuzevrijheid om de ruimte al dan niet tot de thermische zone te rekenen. Inpandige ruimten zullen in de meeste gevallen tot de thermische zone gerekend worden om het uittrekwerk te minimaliseren.

**Tabel 6.5 — Situaties waarin een overige ruimte wordt meegenomen binnen de thermische zone**

	<b>Verwarmd of gekoeld t.b.v. verblijven van mensen?</b>	<b>Ruimte grenst aan thermische zone?</b>	<b>Niet-afsluitbare verbinding?</b>	<b>Uitwendige scheidingsconstructie m<sup>2</sup>K/W</b>	<b>Scheidingsconstructie m<sup>2</sup>K/W</b>	<b>Warmte-afgifte-element aanwezig?</b>	<b>Voorbeeld uitgewerkt voor een bijkeuken</b>
a)	Ja	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	
b)	Nee	Ja	Ja	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	

	Verwarmd of gekoeld t.b.v. verblijven van mensen?	Ruimte grenst aan thermische zone?	Niet-afsluitbare verbinding?	Uitwendige scheidingsconstructie m <sup>2</sup> K/W	Scheidingsconstructie m <sup>2</sup> K/W	Warmte-afgifte-element aanwezig?	Voorbeeld uitgewerkt voor een bijkeuken
c)	Nee	Ja	nee	$R_c \geq 0,36$ en $U_w \leq 4,5$	$R_c \leq 0,36$	N.v.t.	
d)	Nee	Ja	nee	$R_c \geq 0,36$ en $\geq R_c$ van de scheidingsconstructie en $U_w \leq 4,5$	$R_c \geq 0,36$	N.v.t.	

	Verwarmd of gekoeld t.b.v. verblijven van mensen?	Ruimte grenst aan thermische zone?	Niet-afsluitbare verbinding?	Uitwendige scheidingsconstructie m <sup>2</sup> K/W	Scheidingsconstructie m <sup>2</sup> K/W	Warmte-afgifte-element aanwezig?	Voorbeeld uitgewerkt voor een bijkeuken
e)	Nee	Ja	Nee	$R_c < 0,36$	$R_c < 0,36$	Ja	

Alle ruimten buiten de thermische zone moeten worden beschouwd als aangrenzende ruimten. Deze zijn onder te verdelen in:

- aangrenzende verwarmde ruimten (AVR): ruimten die worden verwarmd of gekoeld ten behoeve van het verblijven van mensen en die niet tot de thermische zone worden gerekend;
- aangrenzende onverwarmde ruimten (AOR): ruimten die niet worden verwarmd of gekoeld ten behoeve van het verblijven van mensen en die niet tot de thermische zone worden gerekend;

OPMERKING 15 Wanneer een aangrenzende ruimte niet verwarmd of gekoeld wordt ten behoeve van het verblijven van mensen, maar er is het hele jaar rond wel continu sprake van een binnentemperatuur van minimaal 15 °C (bijvoorbeeld doordat er een productieproces plaatsvindt in die ruimte), dan mag die ruimte ook aangemerkt worden als een aangrenzende verwarmde ruimte (AVR). Als niet voldaan wordt aan dit temperatuurcriterium, hoort die ruimte beschouwd worden als een AOR of als een aangrenzende sterk geventileerde ruimte.

OPMERKING 16 De aanwezigheid van alleen een vorstbeveiliging in de aangrenzende ruimte is onvoldoende om te garanderen dat de binnentemperatuur altijd op minimaal 15 °C gehouden wordt.

- aangrenzende onverwarmde serres (AOS): aangrenzende onverwarmde ruimten met een significante zoninstraling;

OPMERKING 17 Dit betreft vooral serres, atria (indien buiten de thermische zone gelegen) en balkon- en galerijafdichtingen. Bij gering effect van zoninstraling is het verschil tussen de berekening van het effect van een AOS en van een AOR eveneens gering. In dat geval betekent de keuze voor een AOS meer rekenwerk met nauwelijks of geen voordeel in het rekenresultaat.

- aangrenzende sterk geventileerde ruimten: aangrenzende ruimten die via niet-afsluitbare ventilatieopeningen met buitenlucht worden geventileerd met een ventilatiecapaciteit, bepaald volgens 5.3 van NEN 1087:2001, van ten minste 3 dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte van die ruimten of aangrenzende ruimten die via een of meer niet-afsluitbare openingen met een totale oppervlakte (dus gesommeerd) van 0,2 m<sup>2</sup> of meer in verbinding met buitenlucht staan.

OPMERKING 18 De begrenzende scheidingsconstructies die de thermische zone scheiden van buitenlucht, grond of water (uitwendige scheidingsconstructies) en van de aangrenzende ruimten, vormen de basis voor de bepaling van de totale verliesoppervlakte, zie 6.7.

Vanuit het oogpunt van de vereenvoudiging van de berekening is het toegestaan om een AOR, AOS of een aangrenzende sterk geventileerde ruimte als 'buiten' te beschouwen.

## 6.4 Indeling in klimatiseringszones (stap 3)

De thermische zone wordt verdeeld in een of meer klimatiseringszones op basis van verschillen in klimatiseringssystemen.

De thermische zone wordt in klimatiseringszones verdeeld, zodat aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- a) elke klimatiseringszone wordt door niet meer dan één verwarmingssysteem als bedoeld in 9.1 verwarmd;
- b) elke klimatiseringszone wordt door niet meer dan één koelsysteem als bedoeld in 10.1 gekoeld; en
- c) in elke klimatiseringszone is niet meer dan één bevochtigingssysteem, als bedoeld in hoofdstuk 12, aanwezig;
- d) ten minste 80 % van de gebruiksoppervlakte van elke klimatiseringszone wordt door niet meer dan één soort ventilatiesysteemvariant volgens hoofdstuk 11 geventileerd.

Indien de gebruiksoppervlakte van een initiële klimatiseringszone kleiner is dan 10 % van de gebruiksoppervlakte van een aangrenzende initiële klimatiseringszone, dan mogen deze klimatiseringszones worden samengenomen, waarbij voor de totale klimatiseringszone het klimatiseringssysteem van de grootste klimatiseringszone mag worden aangehouden (de 10%-regel).

**OPMERKING 1** Met 'verschillende verwarmingssystemen' wordt bedoeld: verwarmingssystemen met verschillende (eventueel combinaties van) opwekkers, zoals bijvoorbeeld één verwarmingssysteem in het gebouw dat wordt gevoed door een HR-ketel en een tweede verwarmingssysteem in een ander deel van hetzelfde gebouw dat wordt gevoed door bijvoorbeeld een warmtepomp (meestal ook in een andere ruimte geplaatst).

**OPMERKING 2** Het koelsysteem bestaat uit het koudeafgiftesysteem, het koudedistributiesysteem en het koudeopweksysteem. Voor ieder van deze onderdelen worden maandelijkse waarden voor het energiegebruik, de terugwinbare verliezen en de elektrische hulpenergie berekend. Het distributiedeel kan meerdere koudeafgiftesystemen voeden. De laagst benodigde temperatuur van het koudeafgiftesysteem is bepalend voor de temperatuur in het distributiesysteem en de koudeopwekker. Het distributiedeel kan door meer opwekkers worden gevoed. Elke opwekker wordt door één soort energiedrager *ci* gevoed en levert koude aan één distributiesysteem.

**OPMERKING 3** Met 'verschillende ventilatiesysteemvarianten' wordt bedoeld:

- a) natuurlijke toe- en afvoer;
- b) mechanische toevoer en natuurlijke afvoer;
- c) natuurlijke toevoer en mechanische afvoer;
- d) mechanische toe- en afvoer;
- e) decentrale ventilatie.

**OPMERKING 4** Met de 'initiële klimatiseringszone' wordt hier bedoeld de klimatiseringszone zoals vastgesteld op basis van de voorwaarden a) tot en met d) die in deze paragraaf zijn beschreven.

Van deze voorwaarden mag voor het opsplitsen in klimatiseringszones als gevolg van toepassing van twee of meer verwarmings- en/of koelsystemen worden afgeweken indien:

- voor verwarming: de onderscheiden systemen dezelfde rekenwaarden voor het opwekkingsrendement hebben, of zijn bedoeld om dezelfde ruimten te verwarmen;
- voor koeling: de onderscheiden systemen dezelfde rekenwaarden hebben voor het opwekkingsrendement, of zijn bedoeld om dezelfde ruimten te koelen;
- voor bevochtiging: de onderscheiden systemen dezelfde rekenwaarden hebben voor het opwekkingsrendement, of zijn bedoeld om dezelfde ruimten te bevochtigen.

**OPMERKING 5** Merk op dat een bepaalde klimatiseringszone wel door meer dan één installatie van warm tapwater mag worden voorzien. Voor zover de installatievoorzieningen niet zijn gecombineerd, is de berekening van de energiebehoefte voor warm tapwater namelijk onafhankelijk van de berekening van de energiebehoefte voor verwarming of koeling. Eventuele verschillen in tapwatersystemen in een gebouw zijn dus geen reden om een gebouw op te splitsen in meerdere klimatiseringszones of rekenzones.

**OPMERKING 6** Verlichtingssystemen worden, nadat alle stappen van het schematiseringsproces doorlopen zijn, toegekend aan een of meerdere (delen van) rekenzones. Eventuele verschillen in verlichtingssystemen in een gebouw zijn dus geen reden om een gebouw op te splitsen in meerdere klimatiseringszones of rekenzones.

**OPMERKING 7** De 10%-regel biedt de mogelijkheid om de complexiteit van de energieprestatieberekening te beheersen. Met name bij de beoordeling van de klimatiseringssystemen van gemeenschappelijke ruimten zoals gangzones, toiletten en dergelijke kan deze regel van pas komen. Hieronder enkele voorbeelden waarbij gebruik gemaakt kan worden van deze vereenvoudigingsregel:

- De toiletgroepen in een utiliteitsgebouw hebben een ander type ventilatiesysteem dan de kantoorvertrekken. Het is dan toegestaan om de toiletgroepen toe te voegen aan het klimatiseringssysteem van de kantoorvertrekken.
- De gangzones in een utiliteitsgebouw hebben geen eigen ventilatiesysteem, maar maken (deels of indirect) gebruik van het ventilatiesysteem van de naastgelegen gebieden (bijvoorbeeld overstort van ventilatielucht naar de gangzones). In dat geval mag voor deze gemeenschappelijke ruimten het klimatiseringssysteem van de naastgelegen gebieden aangehouden worden.
- Als variant op het vorige voorbeeld komt ook de situatie voor dat een gangzone grenst aan gebieden met verschillende klimatiseringssystemen. In dat geval mag de gangzone verdeeld worden over deze verschillende klimatiseringssystems.

In de meeste gevallen zullen gemeenschappelijke ruimten zoals gangen en toiletten op basis van bovenstaande toegeweerd worden aan een of meerdere naastgelegen klimatiseringssystemen. Incidenteel komt het voor dat het nodig is om voor gemeenschappelijke ruimten een eigen klimatiseringssysteem aan te maken in de berekening. Een voorbeeld hiervan is een utiliteitsgebouw met een grote entreehal / ontvangstruimte die niet gekoeld wordt, terwijl de rest van het gebouw wel gekoeld wordt. In dat geval is het mogelijk om voor dit gebied een apart klimatiseringssysteem aan te maken in de berekening.

De energieprestatie-adviseur behoort duidelijk vastleggen welke keuzes in de schematisering gemaakt zijn.

**OPMERKING 8** Bij de berekening van woongebouwen als geheel behoren gemeenschappelijke ruimten (zoals centrale verkeersruimten en de centrale entree) die binnen de thermische zone liggen maar buiten de individuele woningen, meegenomen worden in de berekening van het woongebouw. Dit geldt ook als deze gemeenschappelijke ruimten een ander klimatiseringssysteem hebben dan de woningen zelf. In dat geval mag het (eventueel) afwijkende klimatiseringssysteem van deze gemeenschappelijke ruimten genegeerd worden. Deze gemeenschappelijke ruimten krijgen hetzelfde klimatiseringssysteem als de rest van het woongebouw. Het gebruiksoppervlak en de transmissieverliezen van deze gemeenschappelijke ruimten worden verdeeld over alle rekenzone(s) in het woongebouw die gebruik maken van deze gemeenschappelijke ruimten.

Bij de berekening van het energielabel van de individuele woningen in een woongebouw en de TO<sub>juli</sub>-berekening van de individuele woningen in een woongebouw, wordt deze toevoeging voor de gemeenschappelijke ruimten buiten beschouwing gelaten.

## 6.5 Indeling in rekenzones (stap 4)

### 6.5.1 Principe

Elke klimatiseringszone wordt ingedeeld in een of meer rekenzones. Hierbij wordt uitgegaan van de indeling in (groepen van) gebruksfuncties en (groepen van) gemeenschappelijke ruimten. De gemeenschappelijke ruimten worden aan de afzonderlijke gebruksfuncties toegeweerd volgens 6.2.

Aan iedere rekenzone worden tevens een of meerdere tapwatersystemen en een of meerdere verlichtingszones gekoppeld.

**OPMERKING** Rekenzones vormen die delen van gebouwen die voor de berekening van de energieprestatie als uniform mogen worden beschouwd. Kenmerk van een rekenzone is dan ook een bepaalde overeenkomst in gebruik en in systemen voor klimatisering en ventilatie. Met het type tapwatersysteem of verlichtingssysteem hoeft bij het indelen in rekenzones nog geen rekening gehouden te worden. Nadat een gebouw ingedeeld is in rekenzones, worden aan iedere rekenzone een of meerdere tapwatersystemen en verlichtingszones toegewezen. Daarnaast kan een rekenzone delen van meer dan één gebruksfunctie omvatten.

### 6.5.2 Indelingsvoorschrift

In een rekenzone waarin een woonfunctie is opgenomen, mogen geen andere gebruksfuncties voorkomen behalve hetgeen bij fictie als onderdeel van een dergelijke woonfunctie mag worden beschouwd.

**OPMERKING 1** In 6.2 is aangegeven in welke situaties een gebruiksfunctie mag worden beschouwd als een woonfunctie.

Bij de indeling in rekenzones moet verder aan de volgende voorwaarden worden voldaan.

- a) Voor alle delen van gebruiksfuncties binnen de rekenzone verschilt de setpointtemperatuur voor verwarming,  $\theta_{int;set;H}$ , maximaal 4 K. Aan deze voorwaarde hoeft niet te worden voldaan indien het gedeelte van de grootste gebruiksfunctie binnen de rekenzone ten minste 90 % van de gebruiksoppervlakte van de rekenzone omvat.

**OPMERKING 2** Indien in een gebouw gemeenschappelijke ruimten aanwezig zijn, dan behoort de controle op 90 % plaats te vinden nadat het gebruiksoppervlak van de gemeenschappelijke ruimten is toegekend aan de aangesloten gebruiksfuncties.

- b) Voor alle delen van gebruiksfuncties binnen de rekenzone met ventilatiesysteem A, B, C of E verschilt de specifieke ventilatiecapaciteit per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte,  $q_{us;spec}$ , bepaald volgens 11.4, ten hoogste een factor 4. Aan deze voorwaarde hoeft niet te worden voldaan indien de verblijfsgebieden met elkaar in open verbinding staan of indien over meer dan 80 % van de vloeroppervlakte van die verblijfsgebieden, gelegen binnen de rekenzone, dezelfde ventilatiecapaciteit is vereist.

**OPMERKING 3** Indien het dominante klimatiseringssysteem een ventilatiesysteem D, mechanische toe- en afvoer, betreft, zullen als gevolg van warmteterugwinning en/of voorverwarming van de toevoerlucht de effecten van grote capaciteitsverschillen voor de warmtebehoefte beperkt zijn. Daarom is in dat geval geen opdeling in rekenzones volgens voorwaarde b) nodig.

- c) Voor alle delen binnen de rekenzone verschilt de specifieke interne warmtecapaciteit  $D_{m,int;eff,zi}$ , bepaald volgens 7.7, ten hoogste een factor 3. Aan deze voorwaarde hoeft niet te worden voldaan indien meer dan 80 % van de rekenzone dezelfde specifieke interne warmtecapaciteit heeft.
- d) Voor zover niet strijdig met het voorgaande, mag de thermische zone naar believen in meer dan één rekenzone worden verdeeld.

**OPMERKING 4** De specifieke interne warmtecapaciteit kan een relatief grote invloed hebben op de energiebehoefte-indicator ( $Ewe_{H+C;nd;ventsyst=c1}$ ). Om die reden mogen delen van een gebouw met een zeer uiteenlopende thermische massa niet zonder meer samengenomen worden in één rekenzone. De factor 3 is zo gekozen dat het in de meeste woningen met een traditionele bouwwijze niet nodig zal zijn om de woning op te splitsen in meerdere rekenzones.

**OPMERKING 5** Opdeling kan voor het krijgen van inzicht gewenst zijn om te voorkomen dat de warmtewinst en het warmteverlies worden gemiddeld over de bouwlagen met uiteenlopende karakteristieke eigenschappen. Dit zou leiden tot een overschatting van de benuttingsfactor voor warmtewinst en een onderschatting van de koudebehoefte. De behoefte tot nadere opdeling kan ook ontstaan om inzicht te krijgen in de indicatie van de mogelijke temperatuuroverschrijdingen van afzonderlijke verdiepingen.

### 6.5.3 Aan te houden rekenwaarden

Bij de berekening van de energiebehoefte moeten bij rekenzones waarin slechts (een gedeelte van) één gebruiksfunctie is gelegen, de bij de desbetreffende gebruiksfunctie behorende rekenwaarden worden aangehouden voor de volgende variabelen:

- a) de setpointtemperatuur voor de bepaling van de warmte- en koudebehoefte ( $\theta_{int;H;set}$  resp.  $\theta_{int;C;set}$ ) binnentemperatuur (volgens 7.9.4);
- b) de gereduceerde setpointtemperatuur voor de warmtebehoefteberekening  $\theta_{int;H;low}$  (volgens 7.9.5);

- c) aantal uren per dag en aantal dagen per week met gereduceerde setpointtemperatuur voor de warmte- en koudebehoefteberekening  $\Delta t_{H;\text{red};\text{day}}$ ,  $\Delta t_{H;\text{red};\text{week}}$  en  $\Delta t_{C;\text{red};\text{week}}$  (volgens 7.9.5);
- d) specifieke ventilatiecapaciteit  $q_{\text{usi};\text{spec}}$  (volgens 11.2.2.5.1);
- e) specifieke spuiventilatiecapaciteit  $q_{\text{ve};\text{spec};\text{spui}}$  (volgens 11.2.3.2);
- f) interne warmteproductie door personen  $q_{\text{oc}}$  (volgens 7.5.3.1);
- g) de correctiefactor voor de bezettingstijd  $f_{\tau;\text{usi}}$  (volgens 7.5.3.1);
- h) de specifieke interne warmteproductie voor apparatuur  $q_a$  (volgens 7.5.3.2);
- i) specifiek geïnstalleerd vermogen voor verlichting  $P_{n;\text{spec}}$  (volgens tabel 14.2 in 14.3.4);
- j) maximale brandduur per jaar van verlichting overdag  $t_D$  en 's avonds  $t_N$  (volgens tabel 14.1 in 14.2);
- k) de afwezigheidsfactoren voor verlichting overdag  $F_{A,D}$  en 's avonds  $F_{A,N}$  (volgens tabel 14.4 in 14.5.2);
- l) warmtebehoefte voor warm tapwater  $Q_{W;\text{nd};\text{spec};\text{usi}}$  (volgens 13.2.3);
- m) rekenwaarden aandeel doucheverbruik  $C_{W;\text{nd};\text{sh}}$  (volgens 13.5.3);
- n) aantal kilogram-uren vocht  $(\Delta x \cdot t_{mi})_{a;\text{sup};zi;mi}$  dat per maand per gemiddelde kg/h luchtventilatiecapaciteit moet worden toegevoerd (volgens 12.2).

Bij de berekening van de energiebehoefte moet bij rekenzones waarin (gedeelten van) meer dan één gebruiksfunctie is (zijn) gelegen, de naar gebruiksoppervlakte gewogen rekenwaarde worden gehanteerd van de voor de afzonderlijke gebruiksfuncties gegeven rekenwaarden voor bovengenoemde variabelen.

## 6.6 Gebruiksoppervlakte van de thermische zone en de rekenzone

### 6.6.1 Algemeen

Bepaal de gebruiksoppervlakte van de thermische zone en de afzonderlijke rekenzones.

### 6.6.2 Gebruiksoppervlakte van de thermische zone

De totale gebruiksoppervlakte van de thermische zone ( $A_{g;\text{tot}}$ ) wordt bepaald als de som van de gebruiksoppervlakten van alle rekenzones in het gebouw of gebouwdeel waarover de energieprestatie wordt bepaald, volgens 6.6.3.

### 6.6.3 Gebruiksoppervlakte van de rekenzone

De gebruiksoppervlakte van een rekenzone ( $A_{g;zi}$ ) wordt bepaald als de som van de gebruiksoppervlakten van alle (groepen van) niet-gemeenschappelijke ruimten en de (groepen van) gemeenschappelijke ruimten die binnen de rekenzone liggen, bepaald volgens 4.5.1 van NEN 2580:2007.

#### 6.6.4 Gebruiksoppervlakte van de gebruiksfunctie

De gebruiksoppervlakte van een gebruiksfunctie in de thermische zone wordt bepaald volgens 4.5.2 van NEN 2580:2007.

**OPMERKING** Een gemeenschappelijke ruimte wordt toebedeeld aan de gebruiksfuncties die zijn aangewezen op deze gemeenschappelijke ruimte naar rato van de initiële gebruiksoppervlakten van deze gebruiksfuncties.

De in 4.5.3 van NEN 2580:2007 gegeven uitzondering voor gemeenschappelijke verkeersruimten van woon- en logiesfuncties is niet van toepassing.

De gebruiksoppervlakte van een gebruiksfunctie binnen een rekenzone wordt bepaald volgens 4.5.2 van NEN 2580:2007, waarbij alleen de (groepen van) niet-gemeenschappelijke ruimten en de (groepen van) gemeenschappelijke ruimten die binnen de rekenzone liggen, in beschouwing worden genomen. Een gemeenschappelijke ruimte wordt toebedeeld aan de gebruiksfuncties die zijn aangewezen op deze gemeenschappelijke ruimte naar rato van de initiële gebruiksoppervlakten van deze gebruiksfuncties voor zover deze gebruiksfuncties zijn gelegen binnen de rekenzone.

#### 6.6.5 Gebruiksoppervlakte per woning in een woongebouw

Indien een woongebouw als één rekenzone wordt geschematiseerd, wordt de gemiddelde gebruiksoppervlakte per woning,  $A_{g;woning}$ , in m<sup>2</sup>, bepaald volgens:

$$A_{g;woning} = \frac{A_{g;woon}}{N_{woon}} \quad (6.1)$$

waarin:

$A_{g;woon}$  is de gebruiksoppervlakte van het woongebouw, bepaald volgens 6.6.2, in m<sup>2</sup>;

$N_{woon}$  is het aantal woonfuncties in het woongebouw, bepaald volgens 6.6.6.

**OPMERKING** De gebruiksoppervlakte per woning wordt in deze norm niet gebruikt, maar kan in afgeleide documenten nodig zijn.

#### 6.6.6 Aantal woonfuncties ( $N_{woon}$ )

Voor de bepaling van de energieprestatie is het aantal woonfuncties (woningen) ( $N_{woon}$ ) nodig. Voor de bepaling van de interne warmtelast, 7.5, de tapwaterbehoefte, 13.2.3, en voor de systeemventilatievolumestroom, 11.2.2.5.1, is daarnaast  $N_{woon;zi}$  per rekenzone nodig.

Het aantal woonfuncties ( $N_{woon}$ ) is in principe gelijk aan het aantal woningen in een gebouw. Bij een niet in een woongebouw gelegen grondgebonden woning, woonwagen, drijvende woning of een 'andere logiesfunctie (niet in een logiesgebouw gelegen)' (=vakantiewoning) is  $N_{woon}$  gelijk aan 1.

Bij een woongebouw waarin zich meerdere zelfstandige eenheden voor kamergewijze verhuur bevinden, geldt dat  $N_{woon}$  gelijk is aan het aantal zelfstandige eenheden.

In een woongebouw waarin zich meerdere niet-zelfstandige eenheden voor kamergewijze verhuur bevinden, is  $N_{woon}$  gelijk aan het aantal units dat gezamenlijk een badkamer en/of keuken deelt.

**OPMERKING 1** In figuur 6.2 is schematisch weergegeven hoe  $N_{woon}$  moet worden voor een woongebouw met 'reguliere' woningen en twee woongebouwen met kamergewijze verhuur (gedeeltelijk zelfstandige eenheden, en gedeeltelijk niet-zelfstandige eenheden).

Woongebouw met woningen ( $N_{woon} = 8$ ):		
woning 1		woning 5
woning 2		woning 6
woning 3		woning 7
woning 4		woning 8
Woongebouw met kamergewijze verhuur ( $N_{woon} = 3$ ):		
zelfstandige eenheid 1		zelfstandige eenheid 2
niet-zelfstandige eenheid 1	gezamenlijke badkamer en keuken	niet-zelfstandige eenheid 2
niet-zelfstandige eenheid 3		niet-zelfstandige eenheid 4
niet-zelfstandige eenheid 5		niet-zelfstandige eenheid 6
Woongebouw met kamergewijze verhuur ( $N_{woon} = 5$ ):		
zelfstandige eenheid 1		zelfstandige eenheid 2
niet-zelfstandige eenheid 1	gezamenlijke badkamer en keuken (1 en 2)	niet-zelfstandige eenheid 2
niet-zelfstandige eenheid 3 met eigen keuken	gezamenlijke badkamer (3 en 4)	niet-zelfstandige eenheid 4 met eigen keuken
niet-zelfstandige eenheid 5 met eigen badkamer	gezamenlijke keuken (5 en 6)	niet-zelfstandige eenheid 6 met eigen badkamer

**Figuur 6.2 — Bepaling van  $N_{woon}$  in de praktijk**

In het tweede voorbeeld delen niet-zelfstandige eenheid 1 t/m 6 gezamenlijk een badkamer en keuken. In het onderste voorbeeld delen niet-zelfstandige eenheid 1 en 2 gezamenlijk een badkamer en keuken, delen niet-zelfstandige eenheid 3 en 4 gezamenlijk een badkamer, en delen niet-zelfstandige eenheid 5 en 6 gezamenlijk een keuken.

Bepaal vervolgens het aantal woonfuncties per rekenzone,  $N_{woon;zi}$ , volgens:

— de afzonderlijke woonfunctie valt samen met één rekenzone:

$$N_{woon;zi} = 1;$$

— het woongebouw is één rekenzone:

$$N_{woon;zi} = N_{woon} \quad (6.2a)$$

— het woongebouw of de afzonderlijke woonfunctie is verdeeld in verschillende rekenzones:

$$N_{woon;zi} = \frac{A_{g;zi}}{\sum_{zi} A_{g;zi}} \times N_{woon} \quad (6.2b)$$

waarin:

$N_{woon;zi}$  is het aantal woonfuncties per rekenzone;

$N_{woon}$  is het aantal woonfuncties in het gebouw;

$A_{g;zi}$  is de gebruiksoppervlakte van de beschouwde rekenzone, bepaald volgens 6.6, in m<sup>2</sup>.

**OPMERKING 2** Indien de woonfunctie is verdeeld in verschillende zones, is  $N_{woon;zi}$  kleiner dan 1. Dit is de fractie van de rekenzone in de totale woningoppervlakte.

Voor een ‘andere logiesfunctie (niet gelegen in een logiesgebouw)’, drijvende woningen en voor een woonwagen bestaande uit meer dan één rekenzone geldt de bepaling van het aantal woonfuncties per rekenzone overeenkomstig een woning.

**OPMERKING 3** Het aantal woonfuncties in het gebouw is gelijk aan de som van het aantal woonfuncties per rekenzone.

### 6.6.7 Gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel

In voorkomende gevallen zal de energieprestatie bepaald moeten worden van een gedeelte van een gebouw (een unit), zoals bijvoorbeeld de energieprestatie van een losse woning in een woongebouw, of de energieprestatie van een gedeelte van een utiliteitsgebouw. Wanneer die losse woning, of dat gedeelte van een utiliteitsgebouw, gebruikmaakt van collectieve gebouwinstallaties zoals een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming of een collectief gebouw PV-systeem, dan zal de bijdrage van dat collectieve gebouwsysteem naar rato van de gebruiksoppervlakte toebedeeld moeten worden aan de beschouwde unit. In die gevallen is het nodig om ook de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel ( $A_{g;gebouw}$ ) te bepalen.

Daarbij kan het nodig zijn om een onderscheid te maken tussen  $A_{g;gebouw;C}$  (de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op een collectief gebouwsysteem voor de functie koeling),  $A_{g;gebouw;H}$  (de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op een collectief gebouwsysteem voor de functie verwarming),  $A_{g;gebouw;W}$  (de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op een collectief gebouwsysteem voor de functie warm tapwater),  $A_{g;gebouw;PV}$  (de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op een collectief gebouw-PV-systeem) en  $f_{gebouw;si;v}$  (de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel, dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem voor de functie ventilatoren).

$A_{g;gebouw}$  wordt gedefinieerd als de som van  $A_{g;tot}$  van alle delen van het gebouw die energieprestatieplichtig zijn en die zijn aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie. Onder energieprestatieplichtig wordt in dit geval verstaan die delen van het gebouw waaraan in het Bouwbesluit een energieprestatie-eis gesteld wordt, inclusief de eventuele gemeenschappelijke ruimten die aangesloten zijn op energieprestatieplichtige delen.

**OPMERKING** In concreto betekent dit dat bijvoorbeeld bij een bedrijfsverzamelgebouw met een industriehal daaraan,  $A_{g;gebouw}$  gelijk is aan het oppervlak van het totale gebouw minus de industriehal. En bij een woongebouw met daaronder een parkeergarage blijft de parkeergarage buiten beschouwing bij de bepaling van  $A_{g;gebouw}$ .

Indien bij een woongebouw  $A_{g;gebouw}$  niet bekend is (bijvoorbeeld wanneer het energielabel van een bestaande woonfunctie binnen een woongebouw bepaald moet worden en de adviseur geen toegang heeft tot de andere woningen in het woongebouw), dan mag  $A_{g;gebouw}$  als volgt bepaald worden:  
 $A_{g;gebouw} = A_{g;tot}$  van de beschouwde woning maal  $N_{woon}$ .

Bij utiliteitsgebouwen wordt ervan uitgegaan dat een adviseur in staat is om  $A_{g;gebouw}$  van het gehele gebouw op te nemen.

## 6.7 Verliesoppervlakte

### 6.7.1 Principe

Bepaal de verliesoppervlakte  $A_{ls}$ , in  $\text{m}^2$ , van een gebouw uit de som van de oppervlakten van de afzonderlijke uitwendige scheidingsconstructies en hanteer daarbij de weegfactor voor de afzonderlijke scheidingsconstructies als bepaald in 6.7.3. Voor de rekenwaarden van de oppervlakten van de afzonderlijke uitwendige scheidingsconstructies gelden de rekenwaarden van  $A_T$ , die volgens 6.9 worden bepaald in het kader van de bepaling van de warmteoverdrachtcoëfficiënt voor transmissie.

**OPMERKING** De verliesoppervlakte en gebruiksoppervlakte van een gebouw zullen in de praktijk nooit exact bepaald kunnen worden. In het opnameprotocol is beschreven welke meetafwijkingen toegestaan zijn.

### 6.7.2 Rekenregels verliesoppervlakte

Bepaal de totale verliesoppervlakte van de thermische zone volgens:

$$A_{ls} = f_{ls;1} \times A_{T;1} + f_{ls;2} \times A_{T;2} + \dots \quad (6.3)$$

waarin:

$A_{ls}$  is de totale verliesoppervlakte van de thermische zone, in  $\text{m}^2$ ;

$A_{T;1, 2, \dots}$  zijn de geprojecteerde oppervlakten van de constructies die de begrenzing vormen van de thermische zone, bepaald volgens 6.9, in  $\text{m}^2$ ;

$f_{ls;1, 2, \dots}$  zijn de weegfactoren voor de desbetreffende scheidingsconstructies, bepaald volgens 6.7.3.

### 6.7.3 Wegin g scheidingsconstructies voor verliesoppervlakte

Bepaal de weegfactor  $f_{ls}$  als volgt:

- a) voor inwendige scheidingsconstructies op de perceelsgrens en voor scheidingsconstructies die de rekenzone scheiden van een andere rekenzone of een aangrenzende verwarmde ruimte:

$$f_{ls} = 0;$$

**OPMERKING 1** Voor de definitie van aangrenzende verwarmde ruimte (AVR): zie 3.3.4.

- b) voor constructies die de rekenzone scheiden van buitenlucht, water, aangrenzende onverwarmde ruimten, aangrenzende onverwarmde serres of (aangrenzende) sterk geventileerde ruimten:

$$f_{ls} = 1;$$

**OPMERKING 2** Voor de definitie van aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR), aangrenzende onverwarmde serre (AOS) en (aangrenzende) sterk geventileerde ruimte: zie respectievelijk 3.3.1, 3.3.2 en 3.3.3.

- c) voor constructies die de rekenzone scheiden van de grond of een kruipruimte:

$$f_{ls} = 0,7.$$

**OPMERKING 3** Bij de bepaling van het transmissiewarmteverlies in hoofdstuk 8 is de correctiefactor  $b$  geïntroduceerd die op het eerste gezicht lijkt op de weegfactor  $f_{ls}$ . Echter, bij de bepaling van het transmissiewarmteverlies volgens hoofdstuk 7 gaat het om de berekening van het warmteverlies op basis van de *daadwerkelijke* aard van het ontwerp, bijvoorbeeld isolatiewaarde en/of toepassing van een aangrenzende onverwarmde serre of buitenberging tegen de gevel.

## 6.8 Dakoppervlakte

### 6.8.1 Principe

Bepaal de dakoppervlakte  $A_{\text{roof}}$ , in  $\text{m}^2$ , van een gebouw uit de som van de oppervlakten van de afzonderlijke uitwendige niet-transparante scheidingsconstructies met een hellingshoek van ten minste  $15^\circ$  ten opzichte van de verticaal. Voor de rekenwaarden van de oppervlakten van de afzonderlijke uitwendige niet-transparante scheidingsconstructies gelden de rekenwaarden van  $A_T$ , die volgens 6.9 worden bepaald in het kader van de bepaling van de warmteoverdrachtcoëfficiënt voor transmissie.

### 6.8.2 Rekenregels dakoppervlakte

Bepaal de totale dakoppervlakte van de thermische zone volgens:

$$A_{\text{roof}} = A_{T;\text{roof};1} + A_{T;\text{roof};2} + \dots \quad (6.4)$$

waarin:

$A_{\text{roof}}$  is de totale dakoppervlakte van de thermische zone, in  $\text{m}^2$ ;

$A_{T;\text{roof};1, 2, \dots}$  zijn de geprojecteerde oppervlakten van de niet-transparante constructies met een hellingshoek van ten minste  $15^\circ$  ten opzichte van de verticaal die de begrenzing vormen van de thermische zone, bepaald volgens 6.9, in  $\text{m}^2$ .

## 6.9 Geprojecteerde oppervlakten van scheidingsconstructies

### 6.9.1 Dichte scheidingsconstructie

Bepaal de geprojecteerde oppervlakte van een scheidingsconstructie, niet zijnde een raam, deur of kozijn met vast paneel, volgens K.1.3.

### 6.9.2 Raam of deur (inclusief kozijn) of een kozijn met vast paneel

Bepaal de geprojecteerde oppervlakte van een raam of deur (inclusief kozijn) of een kozijn met vast paneel volgens K.1.3.

### 6.9.3 Vloer grenzend aan grond- of kruipruimte

Bepaal de geprojecteerde oppervlakte van een vloer grenzend aan grond- of kruipruimte volgens K.1.3 als de (binnenwerkse) oppervlakte van de vloer, voor zover deze grenst aan een buitenwand of aan een wand die de (verwarmde) ruimte afscheidt van een aangrenzende onverwarmde ruimte.

## 7 Bepaling warmte- en koudebehoefte

### 7.1 Principe

OPMERKING 1 De berekening van de warmte- en koudebehoefte is gebaseerd op de maandmethode uit 6.6 van NEN-EN-ISO 52016-1:2017.

De berekening van de warmte- en koudebehoefte bestaat uit twee onderdelen:

- a) warmte- en koudebehoefte van de rekenzone zelf;
- b) warmte- en koudebehoefte voor centrale voorverwarming en/of voorkoeling van aan de rekenzone toegevoerde lucht, indien van toepassing.

In de warmtebalans van de rekenzone zelf (in dit hoofdstuk) wordt gerekend met de temperatuur van de toevoerlucht bij intrede in de rekenzone (onderdeel a). Centrale voorverwarming en/of voorkoeling van ventilatielucht aan de rekenzone (onderdeel b) is opgenomen in hoofdstuk 9 (verwarming) en hoofdstuk 10 (koeling).

OPMERKING 2 De warmte- respectievelijk koudebehoefte voor de centrale voorverwarming en voorkoeling van de ventilatielucht wordt afzonderlijk verrekend, omdat vanuit het oogpunt van comfort doorgaans voor een hogere inblaasttemperatuur van de toevoerlucht wordt gekozen, dan op basis van de warmtebalans benodigd is. Hierdoor is de totale warmte- respectievelijk koudebehoefte in het geval van voorverwarming of voorkoeling groter dan wanneer de lucht niet zou zijn voorverwarmd of voorgekoeld.

Verwarming en koeling in dezelfde maand worden bepaald door twee verschillende berekeningen met eigen waarden voor de verschillende variabelen en parameters. Deze waarden omschrijven representatieve omstandigheden voor verwarming of koeling (bijv. voor ventilatie, het terugwinnen van warmte, zonnebescherming, enz.). De warmte- en koudebehoefte worden beide berekend voor alle maanden van het jaar (waarbij voor sommige maanden de warmte- en/of koudebehoefte een waarde krijgt van nul).

De energiebehoefte voor verwarming en koeling worden berekend onder de aanname dat het vermogen van het systeem oneindig groot is.

Door het maandelijkse tijdinterval van de berekening kunnen alle tijdafhankelijke interacties met de technische bouwsystemen alleen op een versimpelde manier worden gemodelleerd. Dit gebeurt grotendeels door het introduceren van correlatiecoëfficiënten. De waarde van deze coëfficiënten zijn in de meeste gevallen een functie van klimaat, gebruikersgedrag en (bijv.) type systemen en systeemregeling.

### 7.2 Warmte- en koudebehoefte per rekenzone

#### 7.2.1 Warmtebehoefte

Voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$  wordt de maandelijkse energiebehoefte voor verwarming,  $Q_{H;nd;zi;mi}$  in kWh, berekend met formules (7.1) t/m (7.3):

indien:

$$\gamma_{H;zi;mi} \leq 0 \text{ en } Q_{H;gn;zi;mi} > 0: \quad Q_{H;nd;zi;mi} = 0 \quad (7.1)$$

indien:

$$\gamma_{H;zi;mi} > 2,0: \quad Q_{H;nd;zi;mi} = 0 \quad (7.2)$$

in andere gevallen:

$$Q_{H;nd;zi;mi} = Q_{H;ht;zi;mi} - \eta_{H;gn;zi;mi} \cdot Q_{H;gn;zi;mi} - \Delta\eta_{H;gn;zi;mi} \cdot Q_{H;gn;zi;mi} - \eta_{H;gn;zi;mi} \cdot (Q_{H;ls;rbl;zi;mi} - Q_{C;ls;rbl;zi;mi}) \quad (7.3)$$

Met als ondergrens:  $Q_{H;nd;zi;mi} \geq 0$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en voor elke maand  $mi$ :

$Q_{H;nd;zi;mi}$  is de maandelijkse energiebehoefte voor verwarming voor de rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ , zoals hieronder bepaald, in kWh;

$\gamma_{H;zi;mi}$  is de dimensieloze warmtebalansverhouding voor verwarming, bepaald volgens 7.8.2;

$Q_{H;ht;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht voor verwarming, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;

$\eta_{H;gn;zi;mi}$  is de dimensieloze benuttingsfactor voor de warmtewinst, bepaald volgens 7.8.2;

$Q_{H;gn;zi;mi}$  is de totale warmtewinst voor verwarming, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;

$\Delta\eta_{H;gn;zi;mi}$  is het verschil in benuttingsfactor voor de warmtewinst wanneer deze wordt berekend met en zonder inachtneming van de interne warmtewinst door terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem, zoals hieronder bepaald;

$Q_{H;ls;rbl;zi;mi}$  is de som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmingsssysteem in rekenzone  $zi$ , en maand  $mi$ , bepaald volgens 9.2.5.1, in kWh;

$Q_{C;ls;rbl;zi;mi}$  is de som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimtekoelingssysteem in rekenzone  $zi$ , en maand  $mi$ , bepaald volgens 10.2.

**OPMERKING 1** De naamgeving van de termen ‘totale warmteoverdracht’ en ‘totale warmtewinst’ is een benadering. Zie NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017 voor uitleg en achtergrondinformatie.

**OPMERKING 2** De motivatie voor de twee ‘indien’-uitspraken wordt gegeven in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

**OPMERKING 3** De terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{H;ls;rbl;zi;mi}$  respectievelijk  $Q_{C;ls;rbl;zi;mi}$ ) zijn in bovenstaande formule toegevoegd, in plaats van direct aan de interne warmtewinst, om iteraties in de berekening te voorkomen. Het betreft een eerste orde foutbenadering: de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{H;ls;rbl;zi;mi}$  respectievelijk  $Q_{C;ls;rbl;zi;mi}$ ) worden vermenigvuldigd met de benuttingsfactor voor de warmtewinst waarin de terugwinbare verliezen niet zijn meegenomen ( $\eta_{H;gn;zi;mi}$ ); het effect dat de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem hebben op de benuttingsfactor voor warmtewinst wordt verrekend in de derde term van formule (7.3) ( $\Delta\eta_{H;gn;zi;mi} \cdot Q_{H;gn;zi;mi}$ ).

Het verschil in de benuttingsfactor voor warmtewinst, wanneer deze wordt berekend met en zonder inachtneming van de interne warmtewinst door terugwinbare verliezen van en naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem,  $\Delta\eta_{H;gn;zi;mi}$ , moet worden berekend met onderstaande formule (7.4). De eerste term is de benuttingsfactor voor warmtewinst, zoals bepaald in 7.8.2, echter, waarbij de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{H;ls;rbl;zi;mi}$  en  $Q_{C;ls;rbl;zi;mi}$ ) zijn meegenomen ( $Q_{H;ls;rbl;zi;mi}$  en  $Q_{C;ls;rbl;zi;mi}$  worden in de bepaling van de benuttingsfactor in 7.8.2 opgeteld bij de totale warmtewinst voor verwarming  $Q_{H;gn;zi;mi}$  tot  $Q_{H;gn;incl.rbl;zi;mi}$ ). De tweede term is de benuttingsfactor voor warmtewinst, zoals bepaald in 7.8.2,

waarbij de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem niet zijn meegenomen.

$$\Delta\eta_{H;gn;zi;mi} = \eta_{H;gn;incl.rbl;zi;mi} - \eta_{H;gn;zi;mi} \quad (7.4)$$

waarin:

- $\Delta\eta_{H;gn;zi;mi}$  is het verschil in de benuttingsfactor voor de warmtewinst wanneer deze wordt berekend met en zonder inachtneming van de interne warmtewinst door terugwinbare verliezen van en naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem;
- $\eta_{H;gn;incl.rbl;zi;mi}$  is de dimensieloze benuttingsfactor voor warmtewinst, zoals bepaald in 7.8.2, waarbij in de bepaling van de benuttingsfactor wordt gerekend met de totale warmtewinst voor verwarming, inclusief de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{H;gn;incl.rbl;zi;mi}$ ), bepaald volgens onderstaande;
- $\eta_{H;gn;zi;mi}$  is de dimensieloze benuttingsfactor voor warmtewinst, waarbij de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem niet worden meegenomen, zoals bepaald in 7.8.2.

De totale warmtewinst voor verwarming, inclusief de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{H;ls;rbl;zi;mi}$  en  $Q_{C;ls;rbl;zi;mi}$ ) ten behoeve van de bepaling van de benuttingsfactor, inclusief deze terugwinbare verliezen ( $\eta_{H;gn;incl.rbl;zi;mi}$ ), wordt als volgt berekend:

$$Q_{H;gn;incl.rbl;zi;mi} = Q_{H;gn;zi;mi} + Q_{H;ls;rbl;zi;mi} - Q_{C;ls;rbl;zi;mi} \quad (7.5)$$

waarin:

- $Q_{H;gn;incl.rbl;zi;mi}$  is de totale warmtewinst voor verwarming, inclusief de interne warmtewinst door terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem, in kWh;
- $Q_{H;gn;zi;mi}$  is de totale warmtewinst voor verwarming, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;
- $Q_{H;ls;rbl;zi;mi}$  is de som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings-systeem in rekenzone  $zi$ , en maand  $mi$ , bepaald volgens 9.2.5.1, in kWh;
- $Q_{C;ls;rbl;zi;mi}$  is de som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimtekoelingssysteem in rekenzone  $zi$ , en maand  $mi$ , bepaald volgens 10.2, in kWh.

## 7.2.2 Koudebehoefte

Voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$  wordt de maandelijkse energiebehoefte voor koeling,  $Q_{C;nd;zi;mi}$ , in kWh, berekend met de volgende formule:

indien:

$$(1/\gamma_{C;zi;mi}) > 2,0: \quad Q_{C;nd;zi;mi} = 0 \quad (7.6)$$

in andere gevallen:

$$Q_{C;nd;zi;mi} = a_{C;red;zi;mi} \left( Q_{C;gn;zi;mi} - \eta_{C;ht;zi;mi} \cdot Q_{C;ht;zi;mi} + Q_{H;ls;rbl;zi;mi} - Q_{C;ls;rbl;zi;mi} - \Delta\eta_{C;ht;zi;mi} \cdot Q_{C;ht;zi;mi} \right) \quad (7.7)$$

Met als ondergrens:  $Q_{C;nd;zi,mi} \geq 0$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ :

- $Q_{C;nd;zi,mi}$  is de maandelijkse energiebehoefte voor koeling voor de rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ , zoals hieronder bepaald, in kWh;
- $a_{C;red;zi,mi}$  is de dimensiooze reductiefactor voor niet-continu koelen, bepaald volgens 7.9.3;
- $Q_{C;ht;zi,mi}$  is de totale warmteoverdracht voor koeling, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;
- $\eta_{C;ht;zi,mi}$  is de dimensiooze benuttingsfactor voor warmteoverdracht, bepaald volgens 7.8.3;
- $Q_{C;gn;zi,mi}$  is de totale warmtewinst voor koeling, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;
- $Q_{H;ls;rbl;zi,mi}$  is de som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmingssysteem in rekenzone  $zi$ , en maand  $mi$ , bepaald volgens 9.2.5.1, in kWh;
- $Q_{C;ls;rbl;zi,mi}$  is de som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimtekoelingssysteem in rekenzone  $zi$ , en maand  $mi$ , bepaald volgens 10.2, in kWh;
- $\Delta\eta_{C;ht;zi,mi}$  is het verschil in benuttingsfactor voor warmteoverdracht wanneer deze wordt berekend met en zonder inachtneming van de interne warmtewinst door terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem, zoals hieronder bepaald.

OPMERKING 1 De reductiefactor voor niet-continu koelen verschilt van de definitie in NEN-EN-ISO 13790:2008. Zie NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017 voor uitleg en achtergrondinformatie.

OPMERKING 2 De motivatie voor de ‘indien’-uitspraak wordt gegeven in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

OPMERKING 3 De terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{H;ls;rbl;zi,mi}$  respectievelijk  $Q_{C;ls;rbl;zi,mi}$ ) zijn in bovenstaande formule toegevoegd in plaats van direct aan de interne warmtewinst om iteraties in de berekening te voorkomen. Het betreft een eerste orde foutbenadering: de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{H;ls;rbl;zi,mi}$  respectievelijk  $Q_{C;ls;rbl;zi,mi}$ ) worden opgeteld bij de totale warmtewinst voor koeling; het effect dat de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem hebben op de benuttingsfactor voor warmteoverdracht wordt verrekend in de laatste term van formule (7.7) ( $\Delta\eta_{C;ht;zi,mi} \cdot Q_{C;ht;zi,mi}$ ).

Het verschil in de benuttingsfactor voor warmteoverdracht wanneer deze wordt berekend met en zonder inachtneming van de interne warmtewinst door terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem,  $\Delta\eta_{C;ht;zi,mi}$ , wordt berekend met onderstaande formule. De eerste term is de benuttingsfactor voor warmteoverdracht, zoals bepaald in 7.8.3, echter, waarbij de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{H;ls;rbl;zi,mi}$  en  $Q_{C;ls;rbl;zi,mi}$ ) zijn meegegenomen ( $Q_{H;ls;rbl;zi,mi}$  en  $Q_{C;ls;rbl;zi,mi}$  worden in de bepaling van de benuttingsfactor in 7.8.3 opgeteld bij de totale warmtewinst voor koeling  $Q_{C;gn;zi,mi}$  tot  $Q_{C;gn;incl.rbl;zi,mi}$ ). De tweede term is de benuttingsfactor voor warmteoverdracht, zoals gebruikelijk bepaald in 7.8.3, waarbij de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem niet zijn meegegenomen.

$$\Delta\eta_{C;ht;zi;mi} = \eta_{C;ht;incl.rbl;zi;mi} - \eta_{C;ht;zi;mi} \quad (7.8)$$

waarin:

$\Delta\eta_{C;ht;zi;mi}$	is het verschil in de benuttingsfactor voor warmteoverdracht wanneer deze wordt berekend met en zonder inachtneming van de interne warmtewinst door terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem;
$\eta_{C;ht;incl.rbl;zi;mi}$	is de dimensioze benuttingsfactor voor warmteoverdracht, zoals bepaald in 7.8.3, waarbij in de bepaling van de benuttingsfactor wordt gerekend met de totale warmtewinst voor verwarming, inclusief de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{C;gn;incl.rbl;zi;mi}$ ), bepaald volgens onderstaande;
$\eta_{C;ht;zi;mi}$	is de dimensioze benuttingsfactor voor warmteoverdracht, waarbij de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem niet worden meegenomen, zoals bepaald in 7.8.3.

De totale warmtewinst voor koeling, inclusief de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem ( $Q_{H;ls;rbl;zi;mi}$  en  $Q_{C;ls;rbl;zi;mi}$ ) ten behoeve van de bepaling van de benuttingsfactor, inclusief deze terugwinbare verliezen ( $\eta_{C;ht;incl.rbl;zi;mi}$ ), wordt als volgt berekend:

$$Q_{C;gn;incl.rbl;zi;mi} = Q_{C;gn;zi;mi} + Q_{H;ls;rbl;zi;mi} - Q_{C;ls;rbl;zi;mi} \quad (7.9)$$

waarin:

$Q_{C;gn;incl.rbl;zi;mi}$	is de totale warmtewinst voor koeling, inclusief de interne warmtewinst door terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem, in kWh;
$Q_{C;gn;zi;mi}$	is de totale warmtewinst voor koeling, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;
$Q_{H;ls;rbl;zi;mi}$	is de som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmingsysteem in rekenzone $zi$ , en maand $mi$ , bepaald volgens 9.2.5.1, in kWh;
$Q_{C;ls;rbl;zi;mi}$	is de som van alle terugwinbare verliezen van of naar het ruimtekoelingssysteem in rekenzone $zi$ , en maand $mi$ , bepaald volgens 10.2, in kWh.

### 7.2.3 Totale warmteoverdracht en totale warmtewinst

Voor elke rekenzone en elke maand is de totale warmteoverdracht voor verwarming en koeling,  $Q_{H;ht;zi;mi}$  en  $Q_{C;ht;zi;mi}$ , beide in kWh, te berekenen met de volgende twee formules:

Voor verwarming:

$$Q_{H;ht;zi;mi} = Q_{H;tr;zi;mi} + Q_{H;ve;zi;mi} \quad (7.10)$$

Voor koeling:

$$Q_{C;ht;zi;mi} = Q_{C,tr;zi;mi} + Q_{C,ve;zi;mi} \quad (7.11)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ :

- $Q_{H;ht;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht voor verwarming, in kWh;
- $Q_{H,tr;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht door transmissie voor verwarming, bepaald volgens 7.3, in kWh;
- $Q_{H,ve;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht door ventilatie voor verwarming, bepaald volgens 7.4, in kWh;
- $Q_{C,ht;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht voor koeling, in kWh;
- $Q_{C,tr;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht door transmissie voor koeling, bepaald volgens 7.3, in kWh;
- $Q_{C,ve;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht door ventilatie voor koeling, bepaald volgens 7.4, in kWh.

De totale warmtewinst voor verwarming en koeling,  $Q_{H;gn;zi;mi}$  en  $Q_{C;gn;zi;mi}$ , beide in kWh, zijn te berekenen met de volgende twee formules:

Voor verwarming:

$$Q_{H;gn;zi;mi} = Q_{H,int;zi;mi} + Q_{H,sol;zi;mi} \quad (7.12)$$

Voor koeling:

$$Q_{C;gn;zi;mi} = Q_{C,int;zi;mi} + Q_{C,sol;zi;mi} \quad (7.13)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ :

- $Q_{H;gn;zi;mi}$  is de totale warmtewinst voor verwarming, in kWh;
- $Q_{H,int;zi;mi}$  is de totale interne warmtewinst voor verwarming, bepaald volgens 7.5, in kWh;
- $Q_{H,sol;zi;mi}$  is de totale zonnewarmtewinst voor verwarming, bepaald volgens 7.6, in kWh;
- $Q_{C;gn;zi;mi}$  is de totale warmtewinst voor koeling, in kWh;
- $Q_{C,int;zi;mi}$  is de totale interne warmtewinst voor koeling, bepaald volgens 7.5, in kWh;
- $Q_{C,sol;zi;mi}$  is de totale zonnewarmtewinst voor koeling, bepaald volgens 7.6, in kWh.

## 7.3 Warmteoverdracht door transmissie

### 7.3.1 Principe

OPMERKING 1 De methode is ontleend aan 6.6.5 van NEN-EN-ISO 52016-1:2017.

Bepaal de warmteoverdracht door transmissie van een rekenzone per maand door sommering van de warmteoverdrachtscoëfficiënt over de afzonderlijke constructies, waarvan toepassing vermenigvuldigd met een correctiefactor voor een afwijkend temperatuurverschil tussen binnen en buiten, en vermenigvuldigd met het temperatuurverschil tussen de rekentemperatuur in de rekenzone en de buitentemperatuur in de desbetreffende maand en met de tijdsduur in die maand. Warmte-uitwisseling door transmissie tussen aangrenzende rekenzones wordt niet meegerekend. Voor drijvende bouwwerken wordt transmissie naar water als transmissie naar buitenlucht berekend.

OPMERKING 2 Op een bepaald moment of zelfs gedurende een hele maand (zomer) kan de temperatuur in de rekenzone hoger zijn dan de rekentemperatuur voor verwarming. Het lijkt dan vreemd om toch het warmteverlies te berekenen ten opzichte van de rekentemperatuur. Echter, het verschil met de werkelijke gemiddelde temperatuur (inclusief dynamische effecten) wordt integraal verrekend in de benuttingsfactor voor de warmtewinst. Hetzelfde principe geldt voor een lagere temperatuur in de rekenzone dan de rekentemperatuur voor koeling. Dit effect wordt integraal verrekend in de benuttingsfactor voor warmteoverdracht. Zie NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017 voor nadere uitleg.

OPMERKING 3 De (maandgemiddelde) omgevingstemperatuur aan de buitenzijde van de constructie, gezien vanuit de rekenzone, is een essentieel gegeven. Indien die temperatuur hoger is dan de rekentemperatuur in de rekenzone, is het warmteverlies negatief. Om die reden is in de Europese normen gekozen voor de neutralere term 'heat transfer' in plaats van 'heat loss'. Voor constructies grenzend aan de buitenlucht geldt overigens dat, ook voor mediterrane klimaten, de maandgemiddelde buitentemperatuur zelden of nooit hoger is dan de rekentemperatuur.

### 7.3.2 Rekenprocedure

De totale warmteoverdracht door transmissie voor verwarming en koeling,  $Q_{H;tr;zi;mi}$  en  $Q_{C;tr;zi;mi}$ , beide in kWh, wordt berekend met de volgende twee formules:

Voor verwarming:

$$Q_{H;tr;zi;mi} = (H_{H;tr(excl.gf;m);zi;mi} (\theta_{int;calc;H;zi;mi} - \theta_{e;avg;mi}) + H_{g;an;zi;mi} (\theta_{int;calc;H;zi;mi} - \theta_{e;avg;an})) 0,001 t_{mi} \quad (7.14)$$

Voor koeling:

$$Q_{C;tr;zi;mi} = (H_{C;tr(excl.gf;m);zi;mi} (\theta_{int;calc;C;zi;mi} - \theta_{e;avg;mi}) + H_{g;an;zi;mi} (\theta_{int;calc;C;zi;mi} - \theta_{e;avg;an})) 0,001 t_{mi} \quad (7.15)$$

waarin:

$$H_{H/C;tr(excl.gf;mi);zi;mi} = H_{H/C;D;zi;mi} + H_{H/C;U;zi;mi} + H_{H/C;A;zi;mi} + H_{H/C;p;zi} \quad (7.16)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ :

$Q_{H/C;tr;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht door transmissie voor verwarming respectievelijk koeling, in kWh;

$H_{H/C;tr(excl.gf;mi);zi;mi}$  is de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie voor verwarming respectievelijk koeling, met uitzondering van de beganegrondvloer, in W/K;

$H_{H/C;D;zi,mi}$	is de directe warmteoverdrachtcoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht, bepaald volgens 8.2, in W/K;
$H_{H/C;U;zi,mi}$	is de warmteoverdrachtcoëfficiënt via aangrenzende onverwarmde ruimten, bepaald volgens 8.4, in W/K;
$H_{H/C;A;zi,mi}$	is de warmteoverdrachtcoëfficiënt via aangrenzende verwarmde ruimten, bepaald volgens 8.5, in W/K;
$H_{H/C;p;zi}$	is de warmteoverdrachtcoëfficiënt van zone $zi$ via verticale leidingen die door de thermische schil gaan en in directe verbinding staan met buitenlucht, bepaald volgens 7.3.3, in W/K;
$\theta_{int;calc;H/C;zi,mi}$	is de rekentemperatuur van de rekenzone voor verwarming respectievelijk koeling, bepaald volgens 7.9, in °C;
$\theta_{e;avg;mi}$	is de gemiddelde buitentemperatuur in maand $mi$ , bepaald volgens 17.2, in °C;
$H_{g;an;zi,mi}$	is de warmteoverdrachtcoëfficiënt voor gebouwelementen in thermisch contact met de grond, inclusief direct op de grond gestorte vloeren, vrijdragende vloeren en kelders, gebaseerd op het jaarlijkse temperatuurverschil, bepaald volgens 8.3, in W/K;
$\theta_{e;avg;an}$	is de gemiddelde buitentemperatuur voor het volledige jaar, zoals bepaald in 17.2, in °C;
$t_{mi}$	is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17.2, in h.

Voor drijvende bouwwerken wordt transmissie naar water als transmissie naar buitenlucht berekend. Constructies in contact met water worden daarom meegenomen in de directe warmteoverdrachtcoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht,  $H_{H/C;D;zi,mi}$ .

**OPMERKING 1** Volgens afspraak gaat de warmteoverdracht door transmissie en ventilatie van binnen naar buiten. Als voor de warmteoverdracht of een deel van de warmteoverdracht een minteken staat, wordt deze warmte opgeteld bij de rekenzone. De impact van verwarming en koeling wordt nader uitgelegd in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

**OPMERKING 2** De warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie van gebouwelementen in contact met de grond,  $H_{g;zi,mi}$ , is gebaseerd op het jaarlijks gemiddelde temperatuurverschil. De warmteoverdrachtcoëfficiënt kan niet worden gebaseerd op het maandelijkse gemiddelde temperatuurverschil. Dit is uitgelegd in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017 en NPR-CEN-ISO/TR 52019-2:2017.

**OPMERKING 3** De numerieke waarde kan verschillend zijn voor verwarming en koeling (bijv. door verschillende aannames voor het gebruik van luiken). De waarden kunnen verschillen per maand, bijv. door de verschillende duur van het gebruik van luiken.

### 7.3.3 Warmteoverdrachtcoëfficiënt via verticale leidingen

De warmteoverdrachtcoëfficiënt via verticale leidingen die door de thermische schil gaan en in directe verbinding staan met buitenlucht,  $H_{H/C;p;zi}$ , wordt voor iedere rekenzone bepaald volgens onderstaande formule:

$$H_{H/C;p;zi} = \sum_j N_{\text{bouwlaag};j} \cdot H_{H/C;p;\text{spec};j} \quad (7.17)$$

**OPMERKING 1** Het gaat hier om verticale leidingen die in directe verbinding staan met buitenlucht, waarin het zogenaamde schoorsteeneffect optreedt: doordat de lucht aan de wanden van de leiding opwarmt, ontstaat langs de wanden een opwaartse luchtstroming. Hierdoor wordt de luchtdruk onderin de leiding lager, waardoor er (koudere) buitenlucht wordt aangezogen, die de luchtstroming op gang houdt. Het gaat hierbij bijv. om standleidingen voor hemelwater of afvalwater. Ventilatiekanalen vallen hier niet onder.

waarin:

- $H_{H/C;p;zi}$  is de warmteoverdrachtcoëfficiënt van zone  $zi$  via verticale leidingen die door de thermische schil gaan en in directe verbinding staan met buitenlucht, in W/K;
- $j$  is het aantal verticale leidingen in de rekenzone die door de thermische schil gaan en in directe verbinding staan met buitenlucht;
- $n_{\text{bouwlaag}};j$  is het aantal bouwlagen van de rekenzone waarin verticale leiding  $j$  zich bevindt;
- $H_{H/C;p;\text{spec};j}$  is de warmteoverdrachtcoëfficiënt per bouwlaag voor verticale leiding  $j$ , bepaald volgens tabel 7.1 in W/K.

**OPMERKING 2** Met het aantal bouwlagen van de rekenzone wordt het daadwerkelijke aantal bouwlagen van de rekenzone bedoeld ongeacht of de leiding door slechts een deel van de bouwlagen van de rekenzone loopt.

**Tabel 7.1 — Forfaitaire waarden voor de warmteoverdrachtcoëfficiënt via verticale leidingen per bouwlaag**

Type leiding	$H_{H/C;p;\text{spec}}$ W/K
Ongeïsoleerde verticale leiding door thermische schil	1,8
Geïsoleerde verticale leiding door thermische schil <sup>a</sup>	0,5
Geen doorvoeren door thermische schil	0
<sup>a</sup> Een leiding mag alleen als geïsoleerd worden beschouwd als deze over de volledige lengte is geïsoleerd.	

Indien de verticale leiding die door de thermische schil gaat en in directe verbinding staat met de buitenlucht aan meer dan één rekenzone of aan een aangrenzende verwarmde ruimte grenst, dan moet de warmteoverdrachtcoëfficiënt via deze verticale leiding gelijkmatig worden verdeeld over de aangrenzende rekenzones of aangrenzende verwarmde ruimten.

Echter indien een verticale leiding gelegen is tegen een scheidingsconstructie met een aangrenzend verwarmde ruimte, maar onduidelijk is of de verticale leiding daadwerkelijk gedeeld wordt met deze aangrenzend verwarmde ruimte, dan moet ervanuit worden gegaan dat de verticale leiding niet wordt gedeeld en moet de warmteoverdrachtcoëfficiënt volledig aan de betreffende rekenzone worden toebedeeld.

**OPMERKING 3** Dit betreft bijvoorbeeld een verticale leiding die zich bevindt tegen de woningscheidende wand van een appartement bij het bepalen van het label.

Bij de verdeling van leiding  $j$  grenzend aan rekenzone  $zi$  moet voor de bepaling van het aantal aangrenzende rekenzones of aangrenzende verwarmde ruimten van leiding  $j$  uitsluitend gekeken worden naar het aantal aangrenzende rekenzones of aangrenzende verwarmde ruimten van het deel van de leiding dat grenst aan rekenzone  $zi$ . Het totaal aantal aangrenzende rekenzones of aangrenzende verwarmde ruimten over het verloop van de totale leiding is niet relevant.

Indien niet bekend is of een verticale leiding die door de thermische schil gaat en in directe verbinding staat met buitenlucht aanwezig is, moet het volgende worden aangehouden:

- Voor een niet in een woongebouw gelegen woonfunctie: één ongeïsoleerde fictieve verticale leiding per rekenzone per bouwlaag in de rekenzone.
- Voor een woongebouw: één ongeïsoleerde fictieve verticale leiding per woonfunctie.
- Voor utiliteitsbouw: één ongeïsoleerde fictieve verticale leiding per toiletgroep, waarbij boven elkaar gelegen toiletgroepen als één toiletgroep worden beschouwd. Het aantal bouwlagen dat voor de fictieve verticale leiding per toiletgroep wordt aangehouden, moet worden bepaald volgens onderstaande formule:

$$N_{\text{bouwlaag};j} = \frac{H}{3} \quad (7.17a)$$

waarin:

$n_{\text{bouwlaag};j}$  is het aantal bouwlagen dat voor de fictieve verticale leiding  $j$  wordt aangehouden;

$H$  is de buitenwerkse gebouwhoogte gemeten, in m, zoals gedefinieerd in 11.2.1.2.

Het aantal bouwlagen wordt naar beneden afgerond op een geheel getal met een minimum van 1. De warmteoverdrachtcoëfficiënt via de verticale leidingen moet naar rato van gebruiksoppervlakte worden verdeeld over alle rekenzones in het gebouw.

**OPMERKING 4** De buitenwerkse gebouwhoogte  $H$  is dezelfde parameter als de buitenwerkse gebouwhoogte  $H$  die op meerdere plaatsen in hoofdstuk 11 *Ventilatie* wordt gebruikt.

**OPMERKING 5** Indien een aparte berekening wordt gemaakt van een appartement in een appartementengebouw en er een verticale leiding aanwezig is die zich bevindt tussen dat appartement en een naastgelegen appartement, dan wordt de verticale leiding gedeeld tussen de rekenzone in het appartement en het naastgelegen appartement. Het betreft dan namelijk een ‘aangrenzende verwarmde ruimte’. Voor de rekenzone van het appartement in de berekening wordt in dit geval dus de helft in rekening gebracht en valt de andere helft buiten de berekening.

## 7.4 Warmteoverdracht door ventilatie

### 7.4.1 Principe

OPMERKING 1 De methode is ontleend aan 6.6.6 van NEN-EN-ISO 52016-1:2017.

De warmteoverdracht door ventilatie in een rekenzone wordt bepaald door de hoeveelheid infiltratie- en ventilatielucht die de rekenzone binnenkomt en de opwarming of afkoeling tot de rekentemperatuur in de rekenzone. Warmte-uitwisseling door ventilatie tussen aangrenzende rekenzones wordt niet meegerekend.

OPMERKING 2 De temperatuur waarmee de lucht de rekenzone binnenkomt is een essentieel gegeven. Verschillende onderdelen van de infiltratie en ventilatie kunnen met verschillende temperaturen binnengaan en behoren alleen al om die reden uit elkaar te worden gehouden. Indien de temperatuur waarmee de lucht de rekenzone binnenkomt hoger is dan de rekentemperatuur in de rekenzone, is het warmteverlies negatief.

OPMERKING 3 Indien de buitenlucht vóór binnengang in de rekenzone centraal is voorverwarmd of voorgekoeld, of voorverwarming van de lucht door een warmteterugwinunit of bijv. in een aangrenzende onverwarmde serre plaatsvindt, dan wordt dit in dit hoofdstuk verrekend op basis van de temperatuur van de toevoerlucht die in hoofdstuk 11 (ventilatie) wordt berekend. De warmtehuishouding in de aangrenzende onverwarmde serre (en dus de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde serre) wordt echter ook bepaald door transmissieverliezen en warmteverlies (zon). Al met al is er dus sprake van een sterke interactie tussen de berekening van de ventilatie en de rest van de warmte- en koudebehoefteberekening.

### 7.4.2 Rekenprocedure

Voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$  wordt de totale warmteoverdracht door ventilatie voor verwarming en koeling,  $Q_{H/C;ve;zi;mi}$ , in kWh, berekend met de volgende formule:

$$Q_{H/C;ve;zi;mi} = H_{H/C;ve;zi;mi} \cdot (\theta_{int;calc;H/C;zi} - \theta_{e;avg;mi}) \cdot 0,001 \cdot t_{mi} \quad (7.18)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ :

- $Q_{H/C;ve;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht door ventilatie voor verwarming/koeling, in kWh;
- $H_{H/C;ve;zi;mi}$  is de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie voor verwarming/koeling, bepaald volgens 7.4.3, in W/K;
- $\theta_{int;calc;H/C;zi}$  is de rekentemperatuur van de rekenzone voor verwarming/koeling, bepaald volgens 7.9, in °C;
- $\theta_{e;avg;mi}$  is de gemiddelde buitentemperatuur in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in °C;
- $t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17.2, in h.

OPMERKING Zie opmerking 1 in 7.2.3 over mogelijke mintekens voor warmteoverdracht.

### 7.4.3 Warmteoverdrachtcoëfficiënt voor ventilatie

De totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie voor rekenzone  $zi$  en maand  $mi$  voor verwarming en koeling  $H_{H/C;ve;zi;mi}$ , moet worden bepaald met de volgende methode.

**OPMERKING 1** De numerieke waarde van  $H_{H/C;ve;zi;mi}$  kan verschillend zijn voor verwarming en koeling (bijv. door verschillende aannames voor het openen van ramen).

De waarde voor de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie  $H_{H/C;ve;zi;mi}$ , in W/K, wordt berekend met de volgende formule:

$$H_{H/C;ve;zi;mi} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k \left( q_{v;k;H/C;zi,mi} \cdot b_{v;k;H/C;zi,mi} \cdot f_{v;dyn;k,zi,mi} \right) / 3600 \quad (7.19)$$

waarin, voor elke maand  $mi$ :

$H_{H/C;ve;zi;mi}$	is de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie voor verwarming/koeling, voor rekenzone $zi$ , in W/K;
$\rho_a \cdot c_a$	is de warmtecapaciteit van lucht per volume, in J/(m <sup>3</sup> ·K);
$\rho_a$	is de dichtheid van lucht, = 1,205 kg/m <sup>3</sup> ;
$c_a$	is de specifieke warmtecapaciteit van lucht, = 1 005 J/kgK;
$b_{v;k;H/C;zi,mi}$	is de correctiefactor voor toevoertemperatuur voor luchtvolumestroom $k$ , zoals bepaald in 7.4.4;
$f_{v;dyn;k,zi,mi}$	is the dynamische correctiefactor voor luchtvolumestroom $k$ , met getalswaarde $f_{v;dyn;k,zi,mi} = 1$ ;
$q_{v;k;H/C;zi,mi}$	is luchtvolumestroom $k$ , in m <sup>3</sup> /h, waarvoor de volgende luchtvolumestromen worden onderscheiden:
$q_{v;eff;lea;in;zi,mi}$	is de effectieve luchtvolumestroom die van buiten de rekenzone binnenkomt als gevolg van infiltratie, zoals bepaald in 11.2.1.7, in m <sup>3</sup> /h;
$q_{v;eff,arg;I;zi,mi}$	is de effectieve luchtvolumestroom als gevolg van spuivoorzieningen, zoals bepaald in 11.2.1.7, in m <sup>3</sup> /h;
$q_{v;eff,arg;II;zi,mi}$	is de effectieve luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie, zoals bepaald in 11.2.1.7, in m <sup>3</sup> /h;
$q_{v;eff;comb;zi,mi}$	is de effectieve luchtvolumestroom als gevolg van verbrandingslucht voor open verbrandingstoestellen, zoals bepaald in 11.2.1.7, in m <sup>3</sup> /h;
$q_{v;eff;Vent;in;zi,mi}$	is de effectieve luchtvolumestroom als gevolg van natuurlijke toevoer van ventilatielucht, zoals bepaald in 11.2.1.7, in m <sup>3</sup> /h;
$q_{v;eff,SUP;zi,mi}$	is de effectieve luchtvolumestroom als gevolg van mechanische toevoer van ventilatielucht, zoals bepaald in 11.2.1.7, in m <sup>3</sup> /h.

**OPMERKING 2** De correctiefactor voor toevoertemperatuur, bijv, corrigeert de warmteoverdrachtcoëfficiënt in plaats van het temperatuurverschil. Deze correctiefactor kan voor elke luchtvolumestroom  $k$  anders zijn.

**OPMERKING 3** De dynamische correctiefactor voor luchtvolumestroom  $k$  corrigeert, als deze een waarde heeft niet gelijk aan 1, voor significante verschillen tussen het patroon van de ventilatiehoeveelheid en/of toevoertemperatuur gedurende de dag (per uur) en week (werkdagen, weekend) en het patroon van binnen-

en/of buitentemperatuur en/of energiebehoefte. Er kan worden beargumenteerd dat dit soort correcties al worden meegenomen in de benuttingsfactor, zie de uitleg in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017. De dynamische correctiefactor voor luchtvolumestroom  $k$  is daarom op 1 gesteld.

#### 7.4.4 Correctiefactor voor toevoertemperatuur $b_v$

Bepaal de correctiefactor voor toevoertemperatuur,  $b_{v;k,H/C,mi}$ , voor luchtvolumestroom  $k$  en maand  $mi$  voor verwarming/koeling met de volgende formule:

$$b_{v,k;H/C;mi} = \frac{(\theta_{\text{int;set};H/C;\text{stc};mi} - \theta_{\text{sup},k;H/C;mi})}{(\theta_{\text{int;set};H/C;\text{stc};mi} - \theta_{\text{e;avg};mi})} \quad (7.20)$$

waarin, voor elke maand  $mi$ :

$b_{v,k;H/C;mi}$  is de correctiefactor voor toevoertemperatuur voor luchtstroom  $k$ , voor verwarming/koeling;

$\theta_{\text{int;set};H/C;\text{stc};zi;mi}$  is de setpointtemperatuur voor de thermisch geconditioneerde zones van de aangrenzende rekenzone  $zi$ , voor verwarming/koeling, zoals bepaald in 7.9, in °C;

$\theta_{\text{sup},k;H/C;mi}$  is de aanvoertemperatuur van luchtstroom  $k$ , voor verwarming/koeling, zoals hieronder bepaald, in °C;

$\theta_{\text{e;avg};mi}$  is de gemiddelde buitentemperatuur per maand, zoals bepaald in 17.2, in °C.

**OPMERKING 1** De correctiefactor voor toevoertemperatuur heeft een waarde ongelijk 1 als de temperatuur van de lucht die de rekenzone wordt ingeblazen,  $\theta_{\text{sup},k;H/C;mi}$  niet gelijk is aan de buitentemperatuur.

Als de luchtvolumestroom direct van buiten komt en niet wordt voorverwarmd (bij infiltratie, natuurlijke toevoer van ventilatielucht zonder voorverwarming van de ventilatielucht in de natuurlijke toevoerroosters, verbrandingslucht voor open verbrandingstoestellen en spuiventilatie) geldt:

$$\theta_{\text{sup},k;H/C;mi} = \theta_{\text{e;avg};mi}$$

In het geval van een mechanisch toegevoerde luchtvolumestroom of natuurlijke toevoer van ventilatielucht met voorverwarming van de ventilatielucht in de natuurlijke toevoerroosters geldt:

$$\theta_{\text{sup},k;H/C;mi} = \theta_{\text{SUP;dis;out};zi,mi}$$

waarin:

$\theta_{\text{SUP;dis;out};zi,mi}$  is de temperatuur van de lucht die de rekenzone wordt ingeblazen in het geval van een mechanisch toegevoerde luchtvolumestroom of voorverwarming van natuurlijke toevoer, zoals bepaald in 11.3.2, in °C.

In het geval van zomernachtventilatie geldt:

$$\theta_{\text{sup},k;H/C;mi} = \theta_{\text{e;argII},mi}$$

waarin:

$\theta_{e;\text{argII},mi}$  is de maandgemiddelde buitentemperatuur bij zomernachtventilatie, zoals bepaald in 17.2, in °C.

Bij ventilatie, inclusief infiltratie, is de correctiefactor voor toevoertemperatuur voor een onverwarmde ruimte voor luchtstroom  $k$ ,  $b_{v,k;H/C;mi}$ , gelijk aan de correctiefactor voor de onverwarmde ruimte:

$$b_{v,k;H/C;mi} = b_{U;mi}$$

waarin, voor elke maand  $mi$ :

$b_{v,k;H/C;mi}$  is de correctiefactor voor toevoertemperatuur voor luchtstroom  $k$ , voor verwarming/koeling;

$b_{U;mi}$  is de correctiefactor voor temperatuurverschillen tussen de buitenlucht en de temperatuur in de onverwarmde ruimte  $z_{tu}$ , zoals bepaald in 8.4.1.

De correctiefactor voor toevoertemperatuur is niet toepasbaar voor luchtverwarming/-koeling waarbij de aanvoertemperatuur volledig wordt bepaald door de interne temperatuur (geen voorverwarming maar luchtverwarming).

OPMERKING 2 De motivatie hiervoor wordt gegeven in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

## 7.5 Interne warmtewinst

### 7.5.1 Principe

OPMERKING 1 De methode is ontleend aan 6.6.7 van NEN-EN-ISO 52016-1:2017.

De interne warmtewinst betreft de bijdrage aan de warmtehuishouding door interne bronnen anders dan bewuste toelevering van warmte of koude voor ruimteverwarming, ruimtekoeling of warmtapwaterbereiding. Alleen de interne warmtewinst in de rekenzone zelf wordt meegenomen in de berekening. In aangrenzende onverwarmde ruimten wordt de interne warmtewinst buiten beschouwing gelaten.

Eventuele interne koudeproductie wordt meegerekend als negatieve interne warmtewinst.

OPMERKING 2 De terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem van de ruimte worden niet meegenomen in de bepaling van de totale interne warmtewinst, omdat dit tot ongewenste iteraties in de berekening leidt. Om iteraties in de berekening te voorkomen worden de terugwinbare verliezen van of naar het ruimteverwarmings- en ruimtekoelingssysteem van de ruimte direct in rekening gebracht in de berekening van de warmte- en koudebehoefte in 7.2.1 en 7.2.2.

### 7.5.2 Rekenregels

#### 7.5.2.1 Woningbouw

Bepaal de interne warmtewinst in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , volgens onderstaande formule:

$$Q_{H/C;\text{int};\text{dir};zi;mi} = 180 \cdot N_{\text{woon};zi} \cdot N_{P,\text{woon};zi} \cdot 0,001 \cdot t_{mi} \quad (7.21)$$

Bepaal het aantal bewoners per rekenzone per woonfunctie  $N_{P,\text{woon};zi}$  aan de hand van de gemiddelde gebruiksoppervlakte per woning als volgt:

indien:

$$A_{g,zi} / N_{woon;zi} \leq 30 \text{ m}^2: N_{P,woon;zi} = 1 \quad (7.22)$$

$$30 \text{ m}^2 < A_{g,zi} / N_{woon;zi} \leq 100 \text{ m}^2: N_{P,woon;zi} = 2,28 - 1,28 / 70 \times \left( 100 - \frac{A_{g,zi}}{N_{woon;zi}} \right) \quad (7.23)$$

$$A_{g,zi} / N_{woon;zi} > 100 \text{ m}^2: N_{P,woon;zi} = 1,28 + 0,01 \times \frac{A_{g,zi}}{N_{woon;zi}} \quad (7.24)$$

waarin:

- $Q_{H/C;int;dir;zi;mi}$  is de interne warmtewinst in rekenzone  $zi$ , voor verwarming/koeling, in kWh;
- $N_{woon;zi}$  is het aantal woonfuncties in rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 6.6.7;
- $N_{P,woon;zi}$  is het gemiddeld aantal bewoners per rekenzone per woonfunctie;
- $A_{g,zi}$  is de gebruiksoppervlakte van de beschouwde rekenzone, bepaald volgens 6.6.4, in  $\text{m}^2$ ;
- $t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17.2, in h.

OPMERKING 1 Vergelijkingen (7.22) t/m (7.24) bepalen het aantal bewoners in een (deel van een) woning of een woongebouw op grond van landelijke gemiddelden voor het aantal bewoners per woning, rekening houdend met de distributie van woningafmetingen in de Nederlandse woningvoorraad.

OPMERKING 2 De getalswaarde voor de gemiddelde warmteproductie per persoon, 180 W, in formule (7.21) is gebaseerd op BEK 2000, BAK 1998, Energie in NL en KWR 2000.

OPMERKING 3 In de gegeven waarden zijn zowel de interne warmteproductie door personen als door apparatuur inbegrepen.

### 7.5.2.2 Utiliteitsbouw

Voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$  wordt de interne warmtewinst, voor verwarming/koeling,  $Q_{H/C;int;dir;zi;mi}$ , in kWh, berekend met de volgende formule:

$$Q_{H/C;int;dir;zi;mi} = (\Phi_{H/C;int;oc;zi;mi} + \Phi_{H/C;int;A;zi;mi} + \Phi_{H/C;int;L;zi;mi} + \Phi_{H/C;int;W;zi;mi} + \Phi_{H/C;int;V;zi;mi} + \Phi_{H/C;int;proc;zi;mi}) \cdot 0,001 \cdot t_{mi} \quad (7.25)$$

waarin, voor rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ :

- $Q_{H/C;int;dir;zi;mi}$  is de interne warmtewinst voor verwarming/koeling, in kWh;
- $\Phi_{H/C;int;oc;zi;mi}$  is de warmtestroom ten gevolge van warmteproductie door personen, voor verwarming/koeling, bepaald volgens 7.5.3.1, in W;

$\Phi_{H/C;int;A;zi;mi}$	is de warmtestroom ten gevolge van warmteproductie door apparatuur, voor verwarming/koeling, bepaald volgens 7.5.3.2, in W;
$\Phi_{H/C;int;L;zi;mi}$	is de warmtestroom door terugwinbare verliezen van verlichting, voor verwarming/koeling, bepaald volgens 7.5.3.3, in W;
$\Phi_{H/C;int;W;zi;mi}$	is de warmtestroom door terugwinbare verliezen van het warmtapwatersysteem, voor verwarming/koeling, bepaald volgens 7.5.3.4, in W;
$\Phi_{H/C;int;V;zi;mi}$	is de warmtestroom door terugwinbare verliezen van het ventilatiesysteem, bepaald volgens 7.5.3.5, in W;
$\Phi_{H/C;int;proc;zi;mi}$	is de warmtestroom door terugwinbare verliezen van of naar processen en goederen, voor verwarming/koeling, bepaald volgens 7.5.3.6, in W;
$t_{mi}$	is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17.2, in h.

OPMERKING 1 Meer details worden gegeven in het technische rapport NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

OPMERKING 2 Een koudebron die warmte uit het gebouw of de gebouwzone verwijdert, wordt gezien als een bron met een negatieve waarde.

### 7.5.3 Rekenwaarden

#### 7.5.3.1 Warmtestroom door personen

Bepaal de warmtestroom ten gevolge van de warmteproductie door personen in de beschouwde rekenzone met:

$$\Phi_{int;0c;zi} = q_{0c;usi} \times f_{\tau;usi} \times A_{g;zi} \quad (7.26)$$

waarin:

$\Phi_{int;0c;zi}$  is de warmtestroom van de warmteproductie door personen in de beschouwde rekenzone, in W;

$q_{0c;usi}$  is de specifieke interne warmteproductie door personen, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties  $usi$  in de beschouwde rekenzone, volgens onderstaande tabel, in W/m<sup>2</sup>;

$f_{\tau;usi}$  is de correctiefactor voor de bezettingstijd voor gebruiksfunctie  $usi$  in de beschouwde rekenzone, bepaald volgens tabel 7.2;

$A_{g;zi}$  is de gebruiksoppervlakte van de rekenzone, bepaald volgens 6.6.3, in m<sup>2</sup>.

**Tabel 7.2 — Specifieke interne warmteproductie door personen  $q_{oc}$** 

<b>Gebruiksfunctie van een gebouw of van een gedeelte van een gebouw</b>	<b><math>q_{oc}</math></b> W/m <sup>2</sup>	<b><math>f_{\tau;usi}</math></b>
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	10	0,30
Bijeenkomstfunctie overig	10	0,15
Celfunctie	3	0,80
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied	5	0,80
Gezondheidszorgfunctie overig	5	0,30
Kantoorfunctie	5	0,30
Logiesfunctie	3	0,40
Onderwijsfunctie	10	0,30
Sportfunctie	3	0,30
Winkelfunctie	3	0,40

**7.5.3.2 Warmtestroom door apparatuur**

Bepaal de warmtestroom ten gevolge van warmteproductie door apparatuur in de beschouwde rekenzone met:

$$\Phi_{int;A;zi} = q_{A;usi} \times A_{g;zi} \quad (7.27)$$

waarin:

$\Phi_{int;A;zi}$  is de warmtestroom ten gevolge van warmteproductie door apparatuur in de beschouwde rekenzone, in W;

$q_{A;usi}$  is de specifieke interne warmteproductie door het gemiddelde vermogen van apparatuur, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties *usi* in de beschouwde rekenzone, volgens onderstaande tabel, in W/m<sup>2</sup>;

$A_{g;zi}$  is de gebruiksoppervlakte van de rekenzone, bepaald volgens 6.6.3, in m<sup>2</sup>.

**Tabel 7.3 — Specifieke interne warmteproductie door apparatuur  $q_A$** 

<b>Gebruiksfunctie van een gebouw of van een gedeelte van een gebouw</b>	<b><math>q_A</math></b> W/m <sup>2</sup>
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	1
Bijeenkomstfunctie overig	1
Celfunctie	2

Gebruiksfunctie van een gebouw of van een gedeelte van een gebouw	$q_A$ W/m <sup>2</sup>
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied	4
Gezondheidszorgfunctie overig	3
Logiesfunctie	2
Kantoorfunctie	4
Onderwijsfunctie	2
Sportfunctie	1
Winkelfunctie	3

### 7.5.3.3 Warmtestroom door terugwinbare verliezen van verlichting

Bepaal de warmtestroom door terugwinbare verliezen van verlichting in de beschouwde rekenzone met:

$$\Phi_{\text{int;L};zi} = \frac{f_L \times W_t \times 1000}{t_{an}} \quad (7.28)$$

waarin:

$\Phi_{\text{int;L};zi}$  is de warmtestroom door terugwinbare verliezen van verlichting in de beschouwde rekenzone, in W;

$f_L$  is een dimensieloze reductiefactor waarvan de waarde bedraagt:

- 0,3 indien het totale geïnstalleerde vermogen ( $P_n$ ) voor verlichting is bepaald volgens 14.3.4 (forfaitair);
- 0,5 indien ten minste 70 % van de verlichtingsarmaturen, gewogen naar het totale geïnstalleerde vermogen ( $P_n$ ), wordt afgezogen;
- 1,0 in overige gevallen.

$W_t$  is het energiegebruik voor verlichting voor het voorzien in de noodzakelijke verlichtingsniveaus per jaar, bepaald volgens 14.2.2, in kWh;

$t_{an}$  is de rekenwaarde voor de totale lengte van het jaar, bepaald volgens 17.2, in h.

### 7.5.3.4 Warmtestroom door terugwinbare verliezen van het warmtapwatersysteem

Bepaal de warmtestroom door terugwinbare verliezen van het warmtapwatersysteem in de beschouwde rekenzone en beschouwde maand met:

$$\Phi_{\text{int;WA};zi,mi} = \frac{\sum_{si} Q_{W;ls;rbl;si,zi,mi} \cdot 1000}{t_{mi}} \quad (7.29)$$

waarin:

- $\Phi_{\text{int;WA};zi,mi}$  is de warmtestroom door terugwinbare verliezen van of naar het warmtapwatersysteem in rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ , in W;
- $Q_{W;ls;rbl;si,zi,mi}$  is het terugwinbare verlies van warmtapwatersysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.1.2, in kWh;
- $t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17.2, in h.

### 7.5.3.5 Warmtestroom door terugwinbare verliezen van het ventilatiesysteem

De terugwinbare verliezen van het ventilatiesysteem,  $\Phi_{H/C;\text{int};V;zi,mi}$ , worden op nul gesteld.

OPMERKING De dissipatie van ventilatoren wordt verrekend in de temperatuurverhoging van de binnенkomende luchtvolumestroom of in het wtw-rendement in hoofdstuk 11.

### 7.5.3.6 Warmtestroom door processen en goederen

De terugwinbare verliezen ten gevolge van processen en goederen,  $\Phi_{H/C;\text{int};\text{proc};zi,mi}$ , worden op nul gesteld.

## 7.6 Warmteinst door opvallende zonnestraling

### 7.6.1 Principe

OPMERKING 1 De methode is ontleend aan 6.6.8 van NEN-EN-ISO 52016-1:2017.

De warmteinst door opvallende zonnestraling (zonnewarmteinst) is de bijdrage aan de warmtehuishouding van het gebouw, als resultante van de ter plaatse aanwezige zonnestraling, de oriëntatie van de ontvangende vlakken, permanente en beweegbare zonwering en de zondoorlatings-, zonabsorptie- en warmteoverdrachtseigenschappen van de ontvangende vlakken.

De bepalingsmethode omvat ook een correctie voor beschaduwing door externe belemmeringen behorende bij het eigen perceel. Daarnaast wordt een correctie toegepast voor uitstraling naar de hemel.

De constructies die in beschouwing worden genomen, zijn transparante constructies als beglazing (inclusief eventuele geïntegreerde of toegevoegde zonwerende voorziening), niet-transparante uitwendige scheidingsconstructies en scheidingsconstructies achter een transparante afdekking of transparante isolatie. Daarnaast wordt de zonnewarmteinst via serres in rekening gebracht.

Bij forfaitaire verrekening van het warmteverlies via een aangrenzende onverwarmde ruimte volgens 8.4.1 wordt voor de scheidingsconstructies tussen de verwarmde ruimten en de aangrenzende onverwarmde ruimte geen zonnewarmteinst meegenomen.

Bij forfaitaire verrekening van het warmteverlies via een aangrenzende onverwarmde serre volgens 8.4.1 wordt de zonnewarmtewinst door de scheidingsconstructies tussen de verwarmde ruimten en de aangrenzende onverwarmde serre bepaald.

**OPMERKING 2** Bij de forfaitaire verrekening van het warmteverlies via aangrenzende onverwarmde ruimten worden deze ruimten geacht niet aanwezig te zijn, maar te zijn vervangen door buitenlucht. Scheidingsconstructies tussen verwarmde ruimten en aangrenzende onverwarmde ruimten behoren dan dus te worden beschouwd als uitwendige scheidingsconstructies. In het geval van een aangrenzende onverwarmde serre wordt de zonnewarmtewinst door deze scheidingsconstructie meegenomen in de berekening. In het geval van een aangrenzende onverwarmde ruimte niet.

### 7.6.2 Totale warmtewinst door opvallende zonnestraling

Voor een rekenzone  $zi$  wordt de zonnewarmtewinst, voor verwarming/koeling,  $Q_{H/C;sol;zi;mi}$ , in kWh, berekend met de volgende formule:

$$Q_{H/C;sol;zi;mi} = Q_{H/C;sol;dir;zi;mi} \quad (7.30a)$$

In het geval van een of meer aangrenzende onverwarmde serres (zie 7.3.2):

$$Q_{H/C;sol;zi;mi} = Q_{H/C;sol;dir;zi;mi} + \sum_{k=1}^n \left[ \left( 1 - b_{U,k;mi} \right) \cdot F_{zi;ztu,k;mi} \cdot f_{gn;max;H;u;mi} \cdot Q_{H/C;sol;dir;ztu,k;mi} \right] \quad (7.30b)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$ :

- $Q_{H/C;sol;zi;mi}$  is de maandelijkse zonnewarmtewinst van de rekenzone  $zi$ , in kWh ;
- $Q_{H/C;sol;dir;zi;mi}$  is de maandelijkse zonnewarmtewinst van de rekenzone  $zi$  zelf, zoals bepaald in 7.6.3, in kWh;
- $b_{U,k;mi}$  is de correctiefactor voor de temperatuurverschillen tussen de buitenlucht en de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde serre  $k$ , zoals bepaald in 8.4.1;
- $F_{zi;ztu,k;mi}$  is de distributiefactor voor winst in aangrenzende onverwarmde serre  $k$  toegeschreven aan de aangrenzende rekenzone  $zi$ , zoals bepaald in 7.6.4;
- $f_{gn;max;H;u;mi}$  is de reductiefactor om overschatting van de winst te voorkomen van aangrenzende onverwarmde serre  $k$  bij verwarming, zoals bepaald in 7.6.4, in W/K;
- $Q_{H/C;sol;dir;ztu,k;mi}$  is de maandelijkse zonnewarmtewinst van de aangrenzende onverwarmde serre  $k$  zelf, zoals bepaald in 7.6.4, in kWh.

### 7.6.3 Zonnewarmtewinst elementen

De zonnewarmtewinst in een rekenzone, voor verwarming/koeling,  $Q_{H/C;sol;dir;zi}$ , in kWh, wordt voor elke maand  $mi$ , berekend met de volgende formule:

$$Q_{H/C;sol;dir;zi;mi} = \sum_k Q_{H/C;sol;wi,k;mi} + \sum_k Q_{H/C;sol;op,k;mi} \quad (7.31)$$

waarin, voor elk element  $k$  en maand  $mi$ :

- $Q_{H/C;sol;dir;zi;mi}$  is de maandelijkse zonnewarmtewinst van de rekenzone, voor verwarming/koeling, in kWh;
- $Q_{H/C;sol;wi,k;mi}$  is de maandelijkse zonnewarmtewinst door transparant element  $wi,k$ , voor verwarming/koeling, zoals hieronder bepaald, in kWh;
- $Q_{H/C;sol;op,k;mi}$  is de maandelijkse zonnewarmtewinst door niet-transparant element op,  $k$ , voor verwarming/koeling, zoals hieronder bepaald, in kWh.

De warmtestroom door opvallende zonnestraling door transparante delen van de gebouwschil (hierna genaamd ramen)  $wi$  voor verwarming/koeling,  $Q_{H/C;sol;wi,k;mi}$ , in kWh, wordt voor elk element  $k$  berekend met de volgende formule:

$$Q_{H/C;sol;wi,k;mi} = g_{gl;wi,k;H/C;mi} \cdot A_{wi,k} \cdot (1 - F_{fr;wi,k}) \cdot F_{sh;obst;wi,k;mi} \cdot I_{sol;wi,k;mi} \cdot 0,001 \cdot t_{mi} - Q_{sky;wi,k;mi} \quad (7.32)$$

waarin, voor elk raam  $wi$  en maand  $mi$ :

- $Q_{H/C;sol;wi,k;mi}$  is de zonnewarmtewinst door transparant element  $wi,k$ , voor verwarming/koeling, in kWh;
- $g_{gl;wi,k;H/C;mi}$  is de dimensiooze gemiddelde effectieve totale zontoetredingsfactor van raam  $wi,k$ , per maand  $mi$ , voor verwarming/koeling, bepaald volgens 7.6.6.1, waarbij voor alle beglazing wordt gerekend met de methodiek voor niet-verstrooiende beglazing;

**OPMERKING 1** Het transparante element kan bestaan uit heldere beglazing, maar ook uit (permanente) verstrooiende beglazing, glazen bouwstenen of (permanente of beweegbare) zonwering. De dimensiooze gemiddelde effectieve totale zontoetredingsfactor,  $g_{gl;wi,k;H/C;mi}$ , wordt voor verstrooiende beglazing of glazen bouwstenen echter ook bepaald volgens de metodiek voor niet-verstrooiende beglazing.

- $A_{wi,k}$  is de oppervlakte van raam  $wi,k$ , zoals bepaald voor de warmteoverdracht door transmissie volgens K.2, in m<sup>2</sup>; in het geval van uitstekende onderdelen moet de geprojecteerde oppervlakte worden gebruikt;
- $F_{fr;wi,k}$  is de kozijnfractie van raam  $wi,k$ , de verhouding van de geprojecteerde kozijnoppervlakte tot de totale geprojecteerde oppervlakte van het beglaasde deel van raam  $wi,k$ , bepaald volgens 7.6.6.2;
- $F_{sh;obst;wi,k;mi}$  is de dimensiooze beschaduwingsreductiefactor voor externe belemmeringen van raam  $wi,k$ , bepaald volgens 17.3;
- $I_{sol;wi,k;mi}$  is de maandgemiddelde totale opvallende zonnestraling per m<sup>2</sup> oppervlakte van raam  $wi,k$ , bij gegeven hellingshoek  $\beta_{wi}$  en oriëntatie  $\gamma_{wi}$ , bepaald volgens 17.2, in W/m<sup>2</sup>;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17.2, in h;

$Q_{\text{sky};wi,k;mi}$  is de maandelijkse extra warmtestroom door warmtestraling naar de hemel van raam  $wi,k$ , bepaald volgens 7.6.5, in kWh.

**OPMERKING 2** Externe belemmeringen zijn nabijgelegen belemmeringen van gebouwdelen op het eigen perceel, zoals groeven, zijkanten, overhangende onderdelen of aangrenzende gebouwdelen.

De warmtestroom door opvallende zonnestraling door een niet-transparante constructie  $op;k$ , voor verwarming/koeling,  $Q_{\text{H/C;sol};op;k;mi}$ , in kWh, in maand  $mi$ , wordt voor elk element  $k$  berekend met de volgende formule:

$$Q_{\text{H/C;sol};op,k;mi} = \alpha_{\text{sol}} \cdot R_{\text{se}} \cdot U_{c;op,k} \cdot A_{c;op,k} \cdot F_{\text{sh;obst};op,k;mi} \cdot I_{\text{sol};op,k;mi} \cdot 0,001 \cdot t_{mi} - Q_{\text{sky};op,k;mi} \quad (7.33)$$

waarin, voor elke niet-transparante constructie  $k$  en elke maand  $mi$ :

$Q_{\text{H/C;sol};op,k;mi}$  is de zonnewarmtewinst door niet-transparant element  $op,k$ , voor verwarming/koeling, in kWh;

$\alpha_{\text{sol}}$  is de dimensioze absorptiecoëfficiënt voor zonnestraling, bepaald volgens 7.6.6.3;

$R_{\text{se}}$  is de warmteovergangsweerstand aan de buitenzijde, bepaald volgens C.2, in  $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ;

$U_{c;op,k}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van niet-transparant element  $op,k$ , bepaald volgens 8.2.2, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

$A_{c;op,k}$  is de geprojecteerde oppervlakte van niet-transparant element  $op,k$ , bepaald volgens K.1.2, in  $\text{m}^2$ .

en met de overige variabelen beschreven in de vorige formule (waarbij index  $wi$  wordt vervangen door index  $op$ ).

Voor de dimensioze beschaduwingsreductiefactor voor externe belemmeringen van niet-transparant element  $op,k$ , geldt:  $F_{\text{sh;obst};wi,k;mi} = 1$ .

Als het gebouwelement een laag bevat die (bijv. natuurlijk) is geventileerd met buitenlucht en de  $U$ -waarde is berekend in de veronderstelling dat de thermische weerstand tussen deze geventileerde laag en de buitenlucht kan worden verwaarloosd, dan zal de zonnewarmtewinst zoals berekend volgens de bovenstaande formule, worden overschat. Om deze overschatting te voorkomen behoort een gecorrigeerde  $U$ -waarde te worden gebruikt. Hierbij wordt de geventileerde laag niet beschouwd als een kortere weg, maar als een fysiek mechanisme dat een deel van de zonnewarmte wegneemt.

**OPMERKING 3** Bijv. in het geval van daken met dakpannen in een open structuur, waardoor meer dan alleen een zwakke luchtcirculatie mogelijk is; zie NEN-EN-ISO 6946.

Dit document geeft geen normatieve berekeningsmethoden voor de warmteoverdracht en zonnewarmtewinst in het geval van speciale elementen zoals ondoorzichtige elementen met transparante isolatie, geventileerde zonnewanden (zogenoemde Trombe-wanden) en geventileerde gevelonderdelen.

OPMERKING 4 Informatieve berekeningsmethodes worden gegeven in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017, E.3.5.

#### 7.6.4 Zonnewarmtewinst aangrenzende onverwarmde serre

Deze berekeningsmethode geldt voor een aangrenzende onverwarmde serre, die grenst aan een of meer rekenzones. Voorbeelden hiervan zijn een serre, of een atrium, gescheiden door de tussenwand van de rekenzone.

OPMERKING 1 Zie 6.3 voor de begrenzingsvoorschriften van dit soort ruimten.

De berekeningsmethode kwantificeert het positieve effect van een aangrenzende onverwarmde serre tijdens het verwarmingsseizoen. Dezelfde methode moet worden gebruikt bij het berekenen van de winst in het koelseizoen, waarbij rekening wordt gehouden met eventueel aanwezige (seizoensgebonden) zonwering en ventilatie.

De zonnewarmtewinst in de aangrenzende onverwarmde serre,  $z_{tu}$ , voor verwarming/koeling,  $Q_{H/C;sol;z_{tu};mi}$ , in kWh, in maand  $mi$ , wordt berekend door het optellen van de zonnewarmtewinst van elk niet-transparant oppervlak,  $j$ , in de aangrenzende onverwarmde serre:

$$Q_{H/C;sol;z_{tu};mi} = F_{sol;ue;z_{tu};H/C;mi} \cdot \sum_{j(\text{opaque})} \left( F_{sh;\text{obst};j;mi} \cdot \alpha_{sol;j} \cdot A_j \cdot I_{sol;j;mi} \right) \cdot 0,001 \cdot t_{mi} \quad (7.34)$$

OPMERKING 2 Met 'niet-transparante oppervlakken in de aangrenzende onverwarmde serre' worden hier de inpandige niet-transparante oppervlakken in de serre bedoeld die de warmte van de zon absorberen. Dit betreft de vloer van de serre en constructies tussen de serre en de rekenzone(s). Voor de eenvoud worden deuren, panelen en het kozijndeel van ramen hierin niet meegenomen.

waarin, voor maand  $mi$ :

$F_{sol;ue;z_{tu};H/C;mi}$  is de reductiefactor voor de zonnestraling door de uitwendige scheidingsconstructie van de aangrenzende onverwarmde serre  $z_{tu}$ , voor verwarming/koeling, zoals hieronder bepaald;

$F_{sh;\text{obst};z_{tu};mi}$  is de beschaduwingsreductiefactor van het niet-transparante oppervlak  $j$  in de aangrenzende onverwarmde serre,  $z_{tu}$ , door externe obstakels, waarvoor geldt  $F_{sh;\text{obst};z_{tu};mi} = 1$ .

OPMERKING 3 Formule 7.34 is overgenomen uit NEN-EN-ISO 52016-1:2017. Voor de eenvoud is er echter voor gekozen om de beschaduwingsreductiefactor van het niet-transparante oppervlak  $j$  in de aangrenzende onverwarmde serre,  $z_{tu}$ , door externe obstakels, op 1 te stellen.

$\alpha_{sol;j}$  is de gemiddelde absorptiecoëfficiënt voor zonnestraling van het niet-transparante oppervlak  $j$  in de aangrenzende onverwarmde serre  $z_{tu}$ , zoals bepaald volgens 7.6.6.3;

$A_j$  is de oppervlakte van elk niet-transparante oppervlak  $j$  in de aangrenzende onverwarmde serre  $z_{tu}$ , zoals bepaald volgens bijlage K voor de warmteoverdracht eigenschappen, in  $m^2$ ; in het geval van uitstekende onderdelen moet de geprojecteerde oppervlakte worden gebruikt;

$I_{\text{sol};j;mi}$  is de maandgemiddelde totale opvallende zonnestraling per  $\text{m}^2$  oppervlakte van element  $j$ , bij gegeven hellingshoek  $\beta_j$  en oriëntatie  $\gamma_j$ , bepaald volgens 17.2, in  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17.2, in h.

De reductiefactor voor de zonnestraling door de uitwendige scheidingsconstructie van een aangrenzende onverwarmde serre  $z_{tu}$ , voor verwarming/koeling,  $F_{\text{sol};ue,z_{tu};H/C;t}$  wordt berekend met de volgende formule:

$$F_{\text{sol};ue;z_i;H/C;mi} = g_{\text{gl};ue;z_i;H/C;mi} \cdot (1 - F_{\text{fr};ue;z_i}) \quad (7.35)$$

waarin:

$g_{\text{gl};ue;z_i;H/C;mi}$  is de zontoetredingsfactor van de beglazing van de uitwendige scheidingsconstructie van de aangrenzende onverwarmde serre  $z_{tu}$ , voor verwarming/koeling, in maand  $mi$ , bepaald volgens 7.6.6.1;

$F_{\text{fr};ue;z_i}$  is de kozijnfractie van de uitwendige scheidingsconstructie van de aangrenzende onverwarmde serre  $z_{tu}$ , berekend met de volgende formule:

$$F_{\text{fr};ue;z_i} = \frac{\sum_k (A_{\text{wi},k} \cdot F_{\text{fr};\text{wi},k}) + \sum_k A_{\text{c},\text{op},k}}{\sum_k A_{\text{wi},k} + \sum_k A_{\text{c},\text{op},k}} \quad (7.35a)$$

waarin:

$A_{\text{wi},k}$  is de oppervlakte van raam  $\text{wi},k$  in de uitwendige scheidingsconstructie van de aangrenzende onverwarmde serre  $z_{tu}$ , zoals bepaald voor de warmteoverdracht door transmissie volgens K.2, in  $\text{m}^2$ ; in het geval van uitstekende onderdelen moet de geprojecteerde oppervlakte worden gebruikt;

$F_{\text{fr},\text{wi},k}$  is de kozijnfractie van raam  $\text{wi},k$ , de verhouding van de geprojecteerde kozijnoppervlakte tot de totale geprojecteerde oppervlakte van het beglaasde deel van raam  $\text{wi},k$ , bepaald volgens 7.6.6.2;

$A_{\text{c},\text{op},k}$  is de oppervlakte van niet-transparant element  $\text{op},k$  in de uitwendige scheidingsconstructie van de aangrenzende onverwarmde serre  $z_{tu}$ , bepaald volgens K.1.2, in  $\text{m}^2$ ; in het geval van uitstekende onderdelen moet de geprojecteerde oppervlakte worden gebruikt.

OPMERKING 2 De zontoetredingsfactor is een maandelijks gemiddelde. Dit is inclusief correctie, bijv. bij een beweegbare of schakelbare zonwering. Zie 7.6.6.1.

Indien in de uitwendige scheidingsconstructie van de aangrenzende onverwarmde serre meerder typen beglazing of meerdere combinaties van zonwering en beglazing worden toegepast, moet de oppervlakte gewogen gemiddelde zontoetredingsfactor van alle beglazing van de uitwendige scheidingsconstructie van de aangrenzende onverwarmde serre worden gehanteerd.

De distributiefactor,  $F_{zi;ztu,k;mi}$ , wordt gegeven door:

in het geval van verschillende aangrenzende rekenzones,  $zi,j$ :

$$F_{zi;j;ztu;mi} = \frac{H_{zi;j;ztu;mi}}{\sum_j (H_{zi;j;ztu;mi})} \quad (7.36)$$

in het geval van één aangrenzende rekenzone  $zi$ :

$$F_{zi;ztu;mi} = 1$$

waarin:

$H_{zi,j;ztu;mi}$  is de warmteoverdrachtcoëfficiënt tussen de rekenzone  $zi,j$  en de aangrenzende onverwarmde serre  $ztu$  voor maand  $mi$ , zoals bepaald volgens 8.4.1, in W/K.

De reductiefactor om overschatting van de winst in verwarmingsstand te voorkomen is gebaseerd op de verhouding tussen de warmteoverdracht en de winst:

In het geval van één aangrenzende rekenzone:

$$f_{gn;max;H;u;mi} = \frac{b_{U;mi} \cdot H_{zi,j;ztu;mi} \cdot (\theta_{int;set;H;stc;zi;mi} - \theta_{e;avg;mi}) \times 0,001 \times t_{mi}}{Q_{H;sol;u;mi}} \quad (7.37)$$

In het geval van verschillende aangrenzende rekenzones:

$$f_{gn;max;H;u;mi} = \frac{b_{U,k;mi} \cdot \sum_{zi} (H_{zi,j;ztu;mi} \cdot (\theta_{int;set;H;stc;zi;mi} - \theta_{e;avg;mi})) \times 0,001 \times t_{mi}}{Q_{H;sol;u;mi}} \quad (7.38)$$

Met als bovengrens:  $f_{gn;max;H;u;mi} \leq 1$

waarin, voor maand  $mi$ :

$f_{gn;max;H;ztu;mi}$  is de reductiefactor om overschatting van de winst in verwarmingsstand te voorkomen van de aangrenzende onverwarmde serre  $ztu$ , in W/K;

$b_{U;k;mi}$  is de correctiefactor voor temperatuurverschillen tussen de buitenlucht en de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde serre  $ztu$ , zoals bepaald in 8.4.1;

$H_{zi,j;ztu;mi}$  is de warmteoverdrachtcoëfficiënt tussen de aangrenzende onverwarmde serre  $ztu$  en de aangrenzende rekenzone  $zi$ , zoals bepaald in 8.4.1, in W/K;

$\theta_{int;set;H;stc;zi;mi}$  is de setpointtemperatuur voor de thermisch geconditioneerde zones van de aangrenzende rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 7.9, in °C; in het geval van verschillende aangrenzende rekenzones worden de temperaturen gewogen volgens de distributiefactor  $F_{ztu;zi;mi}$  voor de warmteoverdracht tussen de

	aangrenzende onverwarmde serre $z_{tu}$ en de aangrenzende rekenzone $zi$ , zoals hierboven bepaald;
$\theta_{e;avg;mi}$	is de gemiddelde buitentemperatuur, bepaald volgens 17.2, in °C;
$Q_{H;sol;u;mi}$	is de zonnewarmtewinst van de aangrenzende onverwarmde serre in verwarmingsstand, zoals bepaald in 7.6.4, in kWh;
$t_{mi}$	is de lengte van maand $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h.

**OPMERKING 3** Deze formule heeft als effect dat voor de berekening in verwarmingsstand de winst in de aangrenzende onverwarmde serre niet groter is dan de warmteoverdracht door deze aangrenzende onverwarmde serre.

In afwijking van het voorgaande mag voor aangrenzende onverwarmde serres ook de volgende procedure worden gevolgd:

Negeer voor de verwarmingsstand de aanvullende (indirecte) zonnewarmtewinst van de serre naar de rekenzone:

$$Q_{H;sol;z_{tu};mi} = 0.$$

Voor de koelstand geldt hetzelfde als voor de verwarmingsstand:  $Q_{C;sol;z_{tu};mi} = 0$ , maar hier komt bij dat ook voor de berekening van zonnewarmtewinst in de rekenzone de serre wordt genegeerd. Dit geeft aan dat de reductie van de zontoetredingsfactor door het omhulsel van de serre wordt genegeerd, behalve voor zonwering die tijdens het volledige koelseizoen aanwezig is.

### 7.6.5 Warmtestraling naar de hemel

De maandelijkse extra warmtestroom door warmtestraling naar de hemel,  $Q_{sky;mi}$ , voor een specifiek bouwschilelement  $k$ , in de maand  $mi$ , in kWh, wordt berekend met de volgende formule:

$$Q_{sky;k;mi} = 0,001 \cdot F_{sky;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;k} \cdot A_{c;k} \cdot h_{lr;e;k} \cdot \Delta\theta_{sky;mi} \cdot t_{mi} \quad (7.39)$$

waarin, voor elk element  $k$  en voor elke maand  $mi$ :

$Q_{sky;k;mi}$	is de extra warmtestroom door warmtestraling van bouwschilelement $k$ naar de hemel, in kWh;
$F_{sky;k}$	is de zichtfactor tussen bouwschilelement $k$ en de hemel, bepaald volgens 7.6.6.4;
$R_{se;k}$	is de warmteovergangsweerstand aan de buitenzijde van element $k$ , zoals bepaald in C.2, in $m^2K/W$ ;
$U_{c;k}$	is de warmtedoorgangscoëfficiënt van element $k$ , bepaald volgens 8.2.2, in $W/(m^2 \cdot K)$ ;
$A_{c;k}$	is de geprojecteerde oppervlakte van element $k$ , bepaald volgens K.1.2, in $m^2$ ;
$h_{lr;e;k}$	is de warmteoverdrachtcoëfficiënt voor langegolvige straling aan de buitenzijde van de constructie, waarvoor de volgende getalswaarde geldt: $h_{lr;e} = 4,14 W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\Delta\theta_{sky;mi}$  is het gemiddelde verschil tussen de schijnbare hemeltemperatuur en de buiten-temperatuur, waarvoor de volgende getalswaarde geldt:  $\Delta\theta_{sky;mi} = 11$  K;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17,2, in h.

**OPMERKING** Zie de uitleg in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017, 6.6.4.2 waarom deze term is opgenomen in de winst en niet in het verlies.

## 7.6.6 Rekenwaarden

### 7.6.6.1 Zontoetredingsfactor

#### 7.6.6.1.1 Algemeen

Een transparant gebouwelement, zoals een raam, (glazen- of beglaasde) deur of vriesgevel, wordt hier aangeduid met de algemene term 'raam'.

Het transparante deel van een raam wordt hier aangeduid als 'beglazing' of 'het beglaasde deel van het raam'.

De totale zontoetredingsfactor van de beglazing van raam  $wi$ ,  $g_{gl;wi}$ , is de verhouding van energie die door de beglazing gaat ten opzichte van de totale energie die op de beglazing valt.

**OPMERKING** Het effect van transmissie door, absorptie in en (meervoudige) reflectie bij het raam zelf en bij andere lagen wordt meegenomen in de totale zontoetredingsfactor.

Indien de zonnestraling de desbetreffende daglichtopening bereikt na doorlaten door een andere lichtdoorlatende constructie (bijv. serre, beglaasd balkon), moet de zontoetreding worden vermenigvuldigd met de zontoetredingsfactor van die lichtdoorlatende constructie.

#### 7.6.6.1.2 Ramen met niet-verstrooiende beglazing

De totale zontoetredingsfactor hangt af van de invalshoek (hoogte en azimut) van de invallende zonnestraling. De (tijdgewogen gemiddelde) waarde nodig voor de berekeningen is enigszins lager dan de zontoetredingsfactor voor straling loodrecht op de beglazing,  $g_{gl;n}$ . De totale zontoetredingsfactor (gecorrigeerd voor de invalshoek) wordt berekend volgens onderstaande formule:

$$g_{gl;wi} = F_w \cdot g_{gl;n;wi} \quad (7.40)$$

waarin:

$g_{gl;wi}$  is de totale zontoetredingsfactor (gecorrigeerd voor de invalshoek);

$F_w$  is een correctiefactor voor niet-verstrooiende beglazing, waarvoor de volgende getalswaarde geldt:  $F_w = 0,90$ ;

$g_{gl;n;wi}$  is de zontoetredingsfactor bij loodrechte inval van de zonnestraling, bepaald volgens NEN-EN 410 of volgens onderstaande tabel.

De getalswaarde voor  $g_{gl;n;wi}$  moet naar beneden worden afgerond op een veelvoud van 0,05.

**Tabel 7.4 — Forfaitaire waarden voor de totale zontoetredingsfactor bij loodrechte inval,  $g_{gl;n}$ , voor veelvoorkomende typen beglazing**

Type	$g_{gl;n}^{\text{a}}$
Enkel glas	0,85
Dubbel glas	0,75
Dubbel glas met spectraal (laag) selectieve en laag-emissieve coating (HR++)	0,60
Drievoudig glas zonder of met één spectraal (laag) selectieve en laag-emissieve coating	0,50
Drievoudig glas met twee spectraal (laag) selectieve en laag-emissieve coatings	0,40
Enkel glas met enkel glas voorzetsraam of achterzetsraam zonder coating	0,75
a Uitgaande van een schoon oppervlak en normaal, blank en niet-verstrooïnd glas.	

**OPMERKING 1** De rekenwaarden in de tabel gelden uitsluitend voor blank glas of niet-zonwerende warmtereflecterende beglazing. Hiervoor geldt als voorwaarde dat de lichttoetredingsfactor,  $\tau_{vis}$ , ten minste 0,60 bedraagt. De lichttoetredingsfactor is gedefinieerd als het quotiënt van de hoeveelheid van de doorgelaten zichtbare zonnestraling en die van de opvallende zichtbare zonnestraling per oppervlakte en per tijd bij loodrechte invalshoek.  $\tau_{vis}$  is de lichttoetredingsfactor  $\tau_v$ , bepaald volgens NEN-ISO 9050:2003.

**OPMERKING 2** In het algemeen zijn  $\tau_{vis}$  en  $g_{gl}$  sterk afhankelijk van de door de producent gekozen samenstelling van de warmtereflecterende en/of zonwerende coating en eventuele afwijkende glassamenstelling (niet-blank).

Voor de zontoetredingsfactor voor deuren met lichtdoorlatende delen gelden de rekenwaarden voor ramen uit tabel 7.4, met dien verstande dat:

- indien de oppervlakte van de lichtdoorlatende delen groter is dan of gelijk is aan 65 % van de totale oppervlakte van deur inclusief kozijn, geldt als oppervlakte de totale oppervlakte  $A_{w;p}$  van de deur;
- als oppervlakte  $A_{w;p}$  geldt de som van de oppervlakten van de lichtdoorlatende delen van de deur.

#### 7.6.6.1.3 Ramen met verstrooiende beglazing of niet-beweegbare zonwerende voorzieningen

Voor ramen met verstrooiende beglazing of niet-beweegbare zonwerende voorzieningen kan de zontoetredingsfactor voor straling loodrecht op de beglazing,  $g_{gl}$ , de zontransmissie significant onderschatte. De totale zontoetredingsfactor, gecorrigeerd voor de invalshoek, wordt berekend volgens het gewogen gemiddelde gegeven door de volgende formule:

$$g_{gl;wi} = a_{gl} \cdot g_{gl,alt;wi} + (1 - a_{gl}) \cdot g_{gl,dif;wi} \quad (7.41)$$

waarin:

- $g_{gl;wi}$  is de totale zontoetredingsfactor van het beglaasde deel van raam  $wi$ ;
- $a_{gl}$  is een weegfactor, representatief voor de positie (oriëntatie, helling) van het raam, klimaat en seizoen, waarvoor de volgende getalswaarde geldt:  $a_{gl} = 0,75$ ;
- $g_{gl,alt;wi}$  is de zontoetredingsfactor van de beglazing bepaald bij een zonshoogte,  $alt_{gl}$ , representatief voor de positie (oriëntatie, helling) van het raam, klimaat en seizoen, zoals bepaald volgens ISO 15099:2003. Voor de zonshoogte,  $alt_{gl}$ , behoort een waarde van  $45^\circ$  te worden gebruikt;
- $g_{gl,dif}$  is de zontoetredingsfactor van de beglazing voor isotrope diffuse zonnestraling, bepaald volgens ISO 15099:2003.

**OPMERKING 1** De tweede term aan de rechterkant van formule (7.41) is een vereenvoudiging. De diffuse straling van de hemel en de straling gereflecteerd vanaf de grond worden hierin samengenomen.

**OPMERKING 2** Omwille van de eenvoud wordt geen onderscheid gemaakt in coëfficiëntwaarden tussen winter- en zomerseizoen, noch naar oriëntatie of hellingshoek van de daglichtopening. Deze definitie komt (praktisch) overeen met de definitie van ZTA. In tegenstelling tot de definitie van ZTA is in bovenstaande definitie de (diffuse) grondreflectie benaderd door een bijdrage aan de isotrope diffuse straling.

Indien de daglichtopening is toegerust met lamellenzonwering met beweegbare lamellen, moet de zontoetreding worden berekend met de lamellen in een zodanige positie dat rechtstreekse zonnestraling vanuit de invalshoek  $alt_{gl}$ , is geblokkeerd, maar met maximale lichtdoorlatting en doorzicht.

**OPMERKING 3** Bijv. in het geval van horizontale lamellenzonwering, met de lamellen in een zodanige positie dat rechtstreekse zonnestraling volledig is geblokkeerd, kan de zondooring van diffuse hemelstraling en straling van grondreflectie aanzienlijk groter zijn dan  $g_{gl;in}$ . Voorbeeld: dubbel glas met buitenzonwering bestaand uit horizontale lamellen: lamellenstand  $45^\circ$ , waardoor rechtstreekse zonnestraling volledig is geblokkeerd (indien lamellen volledig zijn gesloten, zijn lichttransmissie en doorzicht niet maximaal); typische waarden:  $g_{gl;45} = 0,045$ ;  $g_{gl,dif} = 0,196$ , waaruit volgt:  $g_{gl} = 0,083$ .

#### 7.6.6.1.4 Ramen met beweegbare zonwering

Als de beglazing is gecombineerd met een beweegbare zonwering wordt het maandelijks gemiddelde van de totale zontoetredingsfactor van het beglaasde deel van het raam  $wi$ ,  $g_{gl;wi;mi}$ , voor maand  $mi$ , gegeven door de volgende formule:

$$g_{gl;wi;mi} = (1 - f_{sh;with}) \cdot g_{gl;wi} + f_{sh;with} \cdot g_{gl;sh;wi} \quad (7.42)$$

waarin:

- $g_{gl;wi;mi}$  is het maandelijkse gemiddelde van de totale zontoetredingsfactor van de beglazing;
- $g_{gl;wi}$  is de totale zontoetredingsfactor van de beglazing, wanneer de zonwering niet in gebruik is, bepaald volgens 7.6.6.1.2 (niet-verstrooiende beglazing) of 7.6.6.1.3 (verstrooiende beglazing);

$g_{gl;sh;wi}$  is de totale zontoetredingsfactor bij de combinatie van beglazing en zonwering, wanneer de zonwering in gebruik is, bepaald volgens ISO 15099:2003, 7.6.6.1.3 of formule 7.43;

OPMERKING 1 In 7.6.6.1.3 heet deze variabele  $g_{gl;wi}$ . Deze variabele kan zowel de totale zontoetredingsfactor voor een raam met verstrooiende beglazing als een raam met niet-beweegbare zonwerende voorzieningen betreffen.

$f_{sh;with}$  is de gewogen fractie van de tijd waarin de zonwering in gebruik is, bijv. als functie van de intensiteit van de invallende zonnestraling (dus klimaat-, seizoen- en oriëntatieafhankelijk), bepaald volgens tabel 7.7, 7.8 of 7.9.

Buitenzonwering mag alleen worden meegerekend wanneer deze gebouwgebonden is en wanneer deze door een automatische regeling wordt aangestuurd of van binnenuit bedienbaar is.

Binnenzonwering mag alleen worden meegerekend wanneer deze een onlosmakelijk onderdeel uitmaakt van het klimatiseringssysteem. Dit is het geval wanneer de binnenzonwering automatisch gestuurd is en gekoppeld is aan een gebouwbeheersysteem dat de klimatisering bestuurt.

OPMERKING 2 De kwaliteit van de zonwering (bijv. windvastheid) wordt niet beschouwd. Dit is een privaatrechtelijk aspect.

Forfataire waarden voor de reductiefactor voor de totale zontoetredingsfactor, voor veelvoorkomende soorten zonweringen, worden gegeven in tabel 7.5 en 7.6. De  $g$ -waarde van de beglazing met zonwering wordt berekend met de volgende formule:

$$g_{gl;sh;wi} = F_c \cdot g_{gl;wi} \quad (7.43)$$

waarin:

$g_{gl;sh;wi}$  is de totale zontoetredingsfactor bij de combinatie van beglazing en zonwering, wanneer de zonwering in gebruik is;

$g_{gl;wi}$  is de totale zontoetredingsfactor van de beglazing, wanneer de zonwering niet in gebruik is, bepaald volgens 7.6.6.1.2 (niet-verstrooiende beglazing) of 7.6.6.1.3 (verstrooiende beglazing);

$F_c$  is de reductiefactor voor de totale zontoetredingsfactor, voor veelvoorkomende zonweringen, bepaald volgens tabel 7.5 en 7.6. Voor screens en jaloezieën die zijn toegepast in gebouwen met een oppervlakte gewogen gemiddelde  $R_c$ -waarde van de niet-transparante scheidingsconstructies kleiner dan  $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ , mag worden uitgegaan van de  $F_c$ -waarde die hoort bij de kleur wit.

De getalswaarde voor  $F_c$  moet op 2 decimalen naar boven worden afgerond.

**Tabel 7.5 — Forfataire waarden voor de reductiefactor voor de totale zontoetredingsfactor, voor screens, jaloezieën, rolluiken en gemetalliseerde weefsels**

Type zonwering	Kleur	Criterium <sup>a</sup>	$F_C$
Screens (buiten toegepast)	Zwart, antraciet, donkerbruin	$Ts < 0,07$	0,12
	Overige kleuren	$Ts < 0,17$	0,20
	Wit	$Ts \geq 0,17$	0,25
	Onbekende kleur	n.v.t	0,20
Jaloezieën (buiten toegepast)	Zwart, antraciet, donkerbruin	$Rs < 0,3$	0,05
	Overige kleuren	$Rs < 0,6$	0,10
	Wit	$Rs \geq 0,6$	0,20
	Onbekende kleur	n.v.t	0,10
Rolluiken (buiten toegepast)	Overige kleuren	$Rs \leq 0,70$	0,11
	Wit	$Rs > 0,70$	0,04
	Onbekende kleur	n.v.t	0,11
Gemetalliseerde weefsels (binnen toegepast)		$Rs > 0,72$	0,45

<sup>a</sup> Ts betreft de zontransmissie, Rs betreft de zonreflectie, voor de gemetalliseerde weefsels gaat het om de reflectie van de metaallaag.

**Tabel 7.6 — Forfataire waarden voor de reductiefactor voor de totale zontoetredingsfactor, voor uitvalschermen en knikarmschermen**

Type zonwering	$F_C$				
	N	NO, NW	O, W	ZO, ZW	Z
Uitvalschermen	0,50	0,45	0,35	0,35	0,35
Knikarmschermen	0,90	0,80	0,65	0,55	0,50

OPMERKING 3 De waarden in bovenstaande tabel zijn gebaseerd op de combinatie met dubbel glas (HR++). Voor drievoudig glas kunnen de waarden afwijken.

Voor tussenliggende oriëntaties moet de waarde behorend bij de dichtstbijzijnde oriëntatie worden gekozen; waar de oriëntatie precies is gelegen tussen twee in bovenstaande tabel aangegeven oriëntaties moet de hoogste naastliggende waarde worden gekozen.

**Tabel 7.7 — Gewogen fractie van de tijd  $f_{sh,with}$  dat de zonwering in gebruik is voor handbediende zonwering voor woningbouw en handbediende zonwering i.c.m. lichtwering voor utiliteitsbouw (schakelcriterium 300 W/m<sup>2</sup>)**

	Verticaal 90°								Schuin naar boven gekeerd 45°								Horizontaal	
	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	0°	180°
Januari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,00	0,12	0,47	0,64	0,68	0,55	0,31	0,00	0,00	0,20	0,56	0,70	0,73	0,68	0,47	0,10	0,56	0,00
April	0,00	0,29	0,59	0,70	0,71	0,66	0,48	0,13	0,00	0,49	0,71	0,78	0,80	0,76	0,67	0,43	0,72	0,00
Mei	0,00	0,30	0,56	0,65	0,67	0,60	0,50	0,23	0,16	0,59	0,75	0,79	0,82	0,79	0,73	0,58	0,79	0,00
Juni	0,00	0,32	0,51	0,52	0,56	0,56	0,57	0,35	0,54	0,58	0,71	0,74	0,75	0,77	0,71	0,64	0,79	0,00
Juli	0,00	0,25	0,49	0,55	0,59	0,54	0,51	0,30	0,34	0,55	0,66	0,74	0,74	0,75	0,68	0,57	0,74	0,00
Augustus	0,00	0,08	0,44	0,63	0,68	0,70	0,61	0,28	0,00	0,44	0,67	0,79	0,82	0,82	0,75	0,57	0,81	0,00
September	0,00	0,01	0,43	0,66	0,70	0,66	0,48	0,07	0,00	0,19	0,60	0,74	0,76	0,72	0,62	0,25	0,65	0,00
Oktober	0,00	0,00	0,39	0,67	0,69	0,62	0,33	0,00	0,00	0,01	0,50	0,69	0,71	0,67	0,47	0,00	0,48	0,00
November	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**OPMERKING 4** Voor woningbouw handbediend en utiliteitsbouw handbediend in combinatie met lichtwering wordt er vanuit gegaan dat de zonwering alleen in de maanden maart t/m oktober wordt gebruikt.

Indien er sprake is van automatisch bediende zonwering voor woningbouw, moet voor de gewogen fractie van de tijd  $f_{sh,with}$  tabel 7.7 gehanteerd worden.

**Tabel 7.8 — Gewogen fractie van de tijd  $f_{sh,with}$  dat de zonwering in gebruik is voor handbediende zonwering voor utiliteitsbouw wanneer geen lichtwering aanwezig is (schakelcriterium 300 W/m<sup>2</sup>)**

	Verticaal								Schuin naar boven gekeerd								Horizontaal	
	90°				45°				0°				180°					
	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	0°	180°
Januari	0,00	0,00	0,19	0,64	0,70	0,60	0,26	0,00	0,00	0,00	0,23	0,61	0,63	0,58	0,27	0,00	0,04	0,00
Februari	0,00	0,02	0,34	0,59	0,62	0,50	0,27	0,00	0,00	0,02	0,36	0,54	0,61	0,56	0,27	0,00	0,32	0,00
Maart	0,00	0,12	0,47	0,64	0,68	0,55	0,31	0,00	0,00	0,20	0,56	0,70	0,73	0,68	0,47	0,10	0,56	0,00
April	0,00	0,29	0,59	0,70	0,71	0,66	0,48	0,13	0,00	0,49	0,71	0,78	0,80	0,76	0,67	0,43	0,72	0,00
Mei	0,00	0,30	0,56	0,65	0,67	0,60	0,50	0,23	0,16	0,59	0,75	0,79	0,82	0,79	0,73	0,58	0,79	0,00
Juni	0,00	0,32	0,51	0,52	0,56	0,56	0,57	0,35	0,54	0,58	0,71	0,74	0,75	0,77	0,71	0,64	0,79	0,00
Juli	0,00	0,25	0,49	0,55	0,59	0,54	0,51	0,30	0,34	0,55	0,66	0,74	0,74	0,75	0,68	0,57	0,74	0,00
Augustus	0,00	0,08	0,44	0,63	0,68	0,70	0,61	0,28	0,00	0,44	0,67	0,79	0,82	0,82	0,75	0,57	0,81	0,00
September	0,00	0,01	0,43	0,66	0,70	0,66	0,48	0,07	0,00	0,19	0,60	0,74	0,76	0,72	0,62	0,25	0,65	0,00
Oktober	0,00	0,00	0,39	0,67	0,69	0,62	0,33	0,00	0,00	0,01	0,50	0,69	0,71	0,67	0,47	0,00	0,48	0,00
November	0,00	0,00	0,18	0,65	0,72	0,60	0,18	0,00	0,00	0,00	0,26	0,61	0,67	0,59	0,22	0,00	0,21	0,00
December	0,00	0,00	0,06	0,61	0,66	0,59	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,57	0,62	0,52	0,06	0,00	0,00	0,00

**Tabel 7.9 — Gewogen fractie van de tijd  $f_{sh;with}$  dat de zonwering in gebruik is voor automatisch geregelde zonwering voor utiliteitsbouw (schakelcriterium 150 W/m<sup>2</sup>)**

	Verticaal								Schuin naar boven gekeerd								Horizontaal	
	90°								45°									
	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW	0°	180°
Januari	0,00	0,00	0,45	0,78	0,86	0,80	0,48	0,00	0,00	0,00	0,51	0,77	0,81	0,78	0,54	0,00	0,48	0,00
Februari	0,00	0,04	0,54	0,74	0,79	0,73	0,44	0,03	0,01	0,19	0,61	0,77	0,79	0,75	0,58	0,12	0,67	0,00
Maart	0,00	0,23	0,65	0,81	0,86	0,78	0,55	0,10	0,29	0,62	0,80	0,88	0,89	0,86	0,76	0,57	0,84	0,00
April	0,12	0,51	0,75	0,83	0,88	0,81	0,71	0,46	0,56	0,78	0,87	0,92	0,92	0,91	0,86	0,78	0,91	0,01
Mei	0,25	0,59	0,75	0,81	0,85	0,81	0,73	0,58	0,86	0,83	0,88	0,91	0,92	0,91	0,89	0,83	0,92	0,17
Juni	0,36	0,63	0,73	0,75	0,79	0,79	0,78	0,68	0,90	0,86	0,88	0,90	0,91	0,91	0,89	0,88	0,92	0,19
Juli	0,34	0,59	0,72	0,75	0,78	0,76	0,73	0,63	0,84	0,82	0,86	0,88	0,89	0,89	0,86	0,83	0,92	0,11
Augustus	0,22	0,46	0,70	0,81	0,88	0,86	0,79	0,62	0,84	0,80	0,87	0,91	0,94	0,92	0,91	0,86	0,93	0,02
September	0,04	0,21	0,64	0,84	0,88	0,84	0,68	0,30	0,36	0,66	0,81	0,89	0,91	0,90	0,84	0,70	0,89	0,00
Oktober	0,00	0,05	0,59	0,83	0,87	0,82	0,51	0,03	0,05	0,32	0,74	0,86	0,88	0,85	0,70	0,32	0,79	0,00
November	0,00	0,00	0,50	0,79	0,82	0,78	0,37	0,00	0,00	0,00	0,56	0,76	0,81	0,76	0,55	0,00	0,58	0,00
December	0,00	0,00	0,41	0,79	0,86	0,79	0,43	0,00	0,00	0,00	0,51	0,76	0,82	0,75	0,48	0,00	0,42	0,00

**OPMERKING 5** De waarden uit tabel 7.7 en 7.8 komen overeen met een schakelcriterium op basis van de intensiteit van de opvallende zonnestraling van 300 W/m<sup>2</sup> op uurbasis voor de standaardklimaatgegevens volgens NEN 5060. De waarden uit tabel 7.9 komen overeen met een schakelcriterium op basis van de intensiteit van de opvallende zonnestraling van 150 W/m<sup>2</sup> op uurbasis voor de standaardklimaatgegevens volgens NEN 5060. Merk op dat de differentiatie naar oriëntatie geen extra invoergegevens vraagt; de oriëntatie van elke daglichtopening is immers al gevraagd voor de opvallende zonnestraling. Gebruiksgedrag ten aanzien van beweegbare zonwerende voorzieningen ten behoeve van visueel comfort valt buiten het bereik van deze bepalingsmethode; eventueel moet daarvoor een additionele binnenzonwering worden toegepast.

Voor tussenliggende oriëntaties moet de waarde behorend bij de dichtstbijzijnde oriëntatie worden gekozen; waar de oriëntatie precies is gelegen tussen twee in bovenstaande tabellen aangegeven oriëntaties moet de hoogste naastliggende waarde worden gekozen. Voor tussenliggende hellingshoeken moet lineair worden geïnterpoleerd tussen de tabelwaarden.

#### 7.6.6.2 Kozijnfractie

De oppervlakte van de beglazing kan worden bepaald met de geometrische gegevens of raamafmetingen (Methode A), of kan worden afgeleid van een vast gekozen kozijnfractie (Methode B). Voor alle ramen in een gebouw moet dezelfde keuze worden gemaakt.

## Methode A

De kozijnfractie van raam  $wi$ ,  $F_{fr;wi}$ , moet worden berekend volgens de volgende formule:

$$F_{fr;wi} = 1 - \frac{A_{gl;wi}}{A_{wi}} \quad (7.44)$$

waarin, voor raam  $wi$ :

$F_{fr;wi}$  is de kozijnfractie;

$A_{gl;wi}$  is de oppervlakte van het beglaasde deel van raam  $wi$ , bepaald volgens K.2, in  $m^2$ ;

$A_{wi}$  is de oppervlakte van raam  $wi$ , bepaald volgens K.2, in  $m^2$ ; in het geval van uitstekende onderdelen moet de geprojecteerde oppervlakte worden gebruikt.

## Methode B

Indien de kozijnfractie bij de bepaling van de transmissieverliezen onbekend is, bijv. omdat forfaitaire waarden voor de warmtedoorgangscoëfficiënt voor ramen worden gehanteerd, moet voor de kozijnfractie de volgende getalswaarde worden aangehouden:  $F_{fr;wi} = 0,25$ .

### 7.6.6.3 Absorptiecoëfficiënt voor zonnestraling

De absorptiecoëfficiënt voor zonnestraling van het buitenoppervlak van de niet-transparante constructie bedraagt:  $\alpha_{sol} = 0,6$ .

### 7.6.6.4 Vormfactor

Voor de vormfactor tussen de constructie  $k$  en de hemel  $F_{sky;k}$ :

$F_{sky} = 1$  voor een horizontale constructie, waarvan de hellingshoek met de horizontaal kleiner is dan of gelijk is aan  $5^\circ$ ;

$F_{sky} = 0,75$  voor hellende constructies waarvan de hellingshoek met de horizontaal kleiner is dan of gelijk is aan  $75^\circ$ , maar groter is dan  $5^\circ$ ;

$F_{sky} = 0,5$  voor een verticale constructie waarvan de hellingshoek met de horizontaal groter is dan  $75^\circ$ ;

$F_{sky} = 0$  voor uitwendige scheidingsconstructies grenzend aan de buitenlucht die overhellen (naar de grond gericht);

$F_{sky} = 0$  voor scheidingsconstructies tussen een rekenzone en een aangrenzende onverwarmde serre.

## 7.7 Effectieve interne warmtecapaciteit

OPMERKING 1 De methode is ontleend aan 6.6.9 van NEN-EN-ISO 52016-1:2017.

De effectieve interne warmtecapaciteit van de rekenzone (lucht, meubilair en bouwelementen) vertegenwoordigt de totale warmtecapaciteit gezien vanaf de binnenkant.

Bepaal de effectieve interne warmtecapaciteit op basis van forfataire waarden volgens onderstaande formule.

$$C_{m;\text{int;eff};zi} = D_{m;\text{int;eff};zi} \cdot 1000 \cdot A_{g;zi} \quad (7.45)$$

waarin:

- $C_{m;\text{int;eff};zi}$  is de effectieve interne warmtecapaciteit van de rekenzone, in J/K;
- $D_{m;\text{int;eff};zi}$  is de specifieke interne warmtecapaciteit van de rekenzone, bepaald volgens de tabellen 7.10, 7.11 en 7.12, in kJ/m<sup>2</sup>K;
- $A_{g;zi}$  is de gebruiksoppervlakte van rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 6.6.4, in m<sup>2</sup>.

In afwijking hiervan mag de effectieve interne warmtecapaciteit ook volgens bijlage B worden bepaald.

**Tabel 7.10 — Forfataire waarden voor de specifieke interne warmtecapaciteit**

<b>Type bouwwijze vloeren</b>	<b>Type bouwwijze wanden</b>	<b><math>D_{m;\text{int;eff};zi}</math> [kJ/m<sup>2</sup>K])</b>			
		Gesloten of verlaagd plafond <sup>a</sup>	Geen of open plafond <sup>b</sup>		
Licht	Licht	55	80		
Licht	Zwaar	110	180		
Zwaar	Licht				
Heel zwaar	Licht				
Zwaar	Zwaar	180	360		
Licht	Zeer zwaar				
Zwaar	Zeer zwaar				
Zeer zwaar	Zwaar	250	450		
Zeer zwaar	Zeer zwaar				
<p><sup>a</sup> Bij utiliteitsbouw moet worden uitgegaan van de kolom 'gesloten of verlaagd plafond' tenzij van een vrijhangend plafond in het verblijfsgebied ten minste netto 15 % van de plafondoppervlakte, gelijkelijk verdeeld over het plafond, open is uitgevoerd.</p> <p><sup>b</sup> Bij woningbouw moet worden uitgegaan van de kolom 'geen of open plafond'.</p>					
<p><b>OPMERKING</b> De waarde voor de specifieke interne warmtecapaciteit wordt primair bepaald aan de hand van de bouwwijze. Indien gebruikgemaakt wordt van een berekening volgens bijlage B, is de massa bepalend. Het bouwtype en hiermee de specifieke interne warmtecapaciteit kan per verdieping of deel van het gebouw verschillen. Indien de verschillen in specifieke interne warmtecapaciteit tussen verdiepingen of delen van het gebouw groot zijn (zie 6.5.2), moet het gebouw in meerdere rekenzones worden verdeeld. Indien geen opdeling in rekenzones noodzakelijk is, moet een inschatting worden gemaakt van de gemiddelde specifieke interne warmtecapaciteit van de totale rekenzone.</p> <p>Met massief wordt bedoeld: een massa van de constructie van meer dan 100 kg/m<sup>2</sup>. Hieronder vallen steenachtige materialen zonder afscherming door binnenisolatie.</p>					

**Tabel 7.11 — Specificatie van het type bouwwijze voor vloeren voor de bepaling van de specifieke interne warmtecapaciteit**

Type bouwwijze	Vloeren
Licht	Houten vloeren
	Houtskeletbouw (hsb) vloeren
	Staalframebouw (sfb) vloeren
	Vloeren van elk type die aan de binnenzijde zijn geïsoleerd
Zwaar	Staal-beton vloeren
	Niet-massieve betonnen vloeren, zoals kanaalplaatvloeren en cassettevloeren.
Zeer zwaar	Massieve betonnen vloeren

**Tabel 7.12 — Specificatie van het type bouwwijze voor wanden voor de bepaling van de specifieke interne warmtecapaciteit**

Type bouwwijze	Wanden
Licht	Houtskeletbouw (hsb)
	Staalframebouw (sfb)
	Staalskeletbouw
	Wanden van elk type die aan de binnenzijde zijn geïsoleerd.
Zwaar	Dragend metselwerk
	Betonnen kolom-ligger skeletbouw
Zeer zwaar	Betonnen wand-vloer skeletbouw

**OPMERKING 2** Veel vooroorlogse woningen zijn opgebouwd uit dragend metselwerk met houten vloeren. Veel woningen uit de wederopbouwperiode zijn opgebouwd uit dragend metselwerk met niet-massieve betonnen vloeren. En woningen uit de Vinex-periode betreffen vaak woningen die zijn opgebouwd uit dragend metselwerk met massieve betonnen vloeren.

## 7.8 Benuttingsfactoren

### 7.8.1 Principe

OPMERKING De methode is ontleend aan 6.6.10 van NEN-EN-ISO 52016-1:2017.

In de in deze norm gebruikte maandmethode worden de dynamische effecten in rekening gebracht door middel van de benuttingsfactor voor de warmtewinsten (warmtebehoefte) respectievelijk de benuttingsfactor voor de warmteverliezen (koudebehoefte). Het effect van de traagheid van het gebouw bij nacht- en/of weekendverlaging of -onderbreking wordt apart in rekening gebracht (zie 7.9).

### 7.8.2 Benuttingsfactor voor warmtewinst

De dimensioze benuttingsfactor voor warmtewinst,  $\eta_{H,gn}$ , is een functie van de warmtebalansverhouding voor verwarming,  $\gamma_{H;zi;mi}$ , en een numerieke parameter,  $a_{H;zi;mi}$ , die afhangt van de traagheid van het gebouw. De benuttingsfactor wordt berekend voor elke zone en elke maand met de volgende formules:

$$\text{als } \gamma_{H;zi;mi} > 0 \text{ en } \gamma_{H;zi;mi} \neq 1: \quad \eta_{H,gn;zi;mi} = \frac{1 - (\gamma_{H;zi;mi})^{a_{H;zi;mi}}}{1 - (\gamma_{H;zi;mi})^{(a_{H;zi;mi} + 1)}} \quad (7.46)$$

$$\text{als } \gamma_{H;zi;mi} = 1: \quad \eta_{H,gn;zi;mi} = \frac{a_{H;zi;mi}}{a_{H;zi;mi} + 1} \quad (7.47)$$

$$\text{als } \gamma_{H;zi;m} \leq 0 \text{ en } Q_{H;gn;zi;m} > 0: \quad \eta_{H,gn;zi;mi} = 1 / \gamma_{H;zi;mi} \quad (7.48)$$

$$\text{als } \gamma_{H;zi;m} \leq 0 \text{ en } Q_{H;gn;zi;m} \leq 0: \quad \eta_{H,gn;zi;mi} = 1 \quad (7.49)$$

OPMERKING De motivatie voor de 'als'-uitspraken wordt gegeven in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

waarbij:

$$\gamma_{H;zi;mi} = \frac{Q_{H;gn;zi;mi}}{Q_{H;ht;zi;mi}} \quad (7.50)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$ :

$\eta_{H,gn;zi;mi}$  is de dimensioze benuttingsfactor voor warmtewinst;

$\gamma_{H;zi;mi}$  is de dimensioze warmtebalansverhouding voor verwarming;

$a_{H;zi;mi}$  is een dimensioze numerieke parameter, bepaald volgens onderstaande;

$Q_{H;ht;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht voor verwarming, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;

$Q_{H;gn;zi;mi}$  is de totale warmtewinst voor verwarming, bepaald volgens 7.2.3, in kWh.

De dimensieloze numerieke parameter  $a_{H;zi;mi}$  wordt berekend met de volgende formule:

$$a_{H;zi;mi} = a_{H;0} + \frac{\tau_{H;zi;mi}}{\tau_{H;0}} \quad (7.51)$$

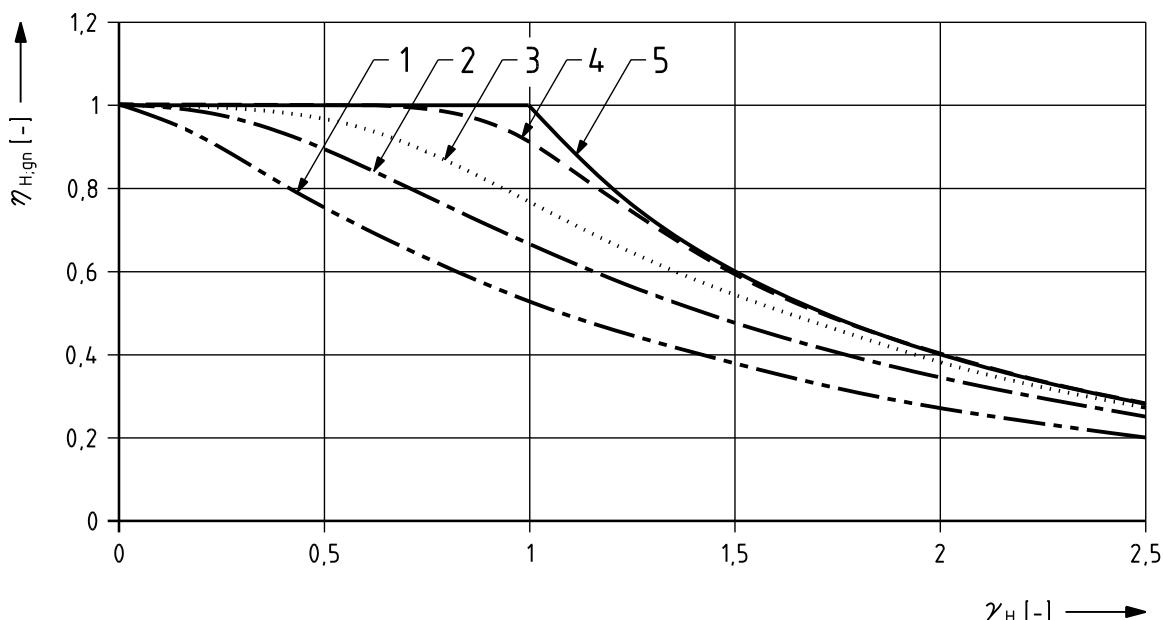
waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$ :

$a_{H;0}$  is een dimensieloze numerieke referentieparameter, waarvoor de volgende getalswaarde geldt:  $a_{H;0} = 1,0$ ;

$\tau_{H;zi;mi}$  is de tijdconstante van de warmtebehoefte, bepaald volgens 7.8.4, in h;

$\tau_{H;0}$  is een referentie tijdconstante, waarvoor de volgende getalswaarde geldt:  $\tau_{H;0} = 15$ , in h.

Figuur 7.1 illustreert de benuttingsfactor voor verschillende tijdconstanten.



#### Legenda

- 1 tijdconstante van 8 uur (geringe traagheid)
- 2 tijdconstante van 1 dag
- 3 tijdconstante van 2 dagen
- 4 tijdconstante van 7 dagen
- 5 tijdconstante oneindig (grote traagheid)

Figuur 7.1 — Illustratie van de benuttingsfactor voor warmteinst (warmtebehoefte)

#### 7.8.3 Benuttingsfactor voor warmteoverdracht

De dimensieloze benuttingsfactor voor warmteoverdracht,  $\eta_{C;ht;zi;mi}$ , is een functie van de warmtebalansverhouding voor koeling,  $\gamma_{C;zi;mi}$ , en een numerieke parameter,  $a_{C;zi;mi}$ , die afhangt

van de traagheid van het gebouw. De benuttingsfactor wordt berekend voor elke zone en elke maand met de volgende formules:

$$\text{als } \gamma_{C;zi;mi} > 0 \text{ en } \gamma_{C;zi;mi} \neq 1: \quad \eta_{C;ht;zi;mi} = \frac{1 - (\gamma_{C;zi;mi})^{-a_{C;zi;mi}}}{1 - (\gamma_{C;zi;mi})^{-(a_{C;zi;mi} + 1)}} \quad (7.52)$$

$$\text{als } \gamma_{C;zi;mi} = 1: \quad \eta_{C;ht;zi;mi} = \frac{a_{C;zi;mi}}{a_{C;zi;mi} + 1} \quad (7.53)$$

$$\text{als } \gamma_{C;zi;mi} \leq 0: \quad \eta_{C;ht;zi;mi} = 1 \quad (7.54)$$

waarin:

$$\gamma_{C;zi;mi} = \frac{Q_{C;gn;zi;mi}}{Q_{C;ht;zi;mi}} \quad (7.55)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$ :

$\eta_{C;ht;zi;mi}$  is de dimensiooze benuttingsfactor voor warmteoverdracht;

$\gamma_{C;zi;mi}$  is de dimensiooze warmtebalansverhouding voor koeling;

$a_{C;zi;mi}$  is een dimensiooze numerieke parameter, bepaald volgens onderstaande;

$Q_{C;gn;zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht door transmissie en ventilatie voor koeling, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;

$Q_{C;ht;zi;mi}$  is de totale warmtewinst voor koeling, bepaald volgens 7.2.3, in kWh.

De dimensiooze numerieke parameter  $a_{C;zi;mi}$  wordt berekend met de volgende formule:

$$a_{C;zi;mi} = a_{C;0} + \frac{\tau_{C;zi;mi}}{\tau_{C;0}} \quad (7.56)$$

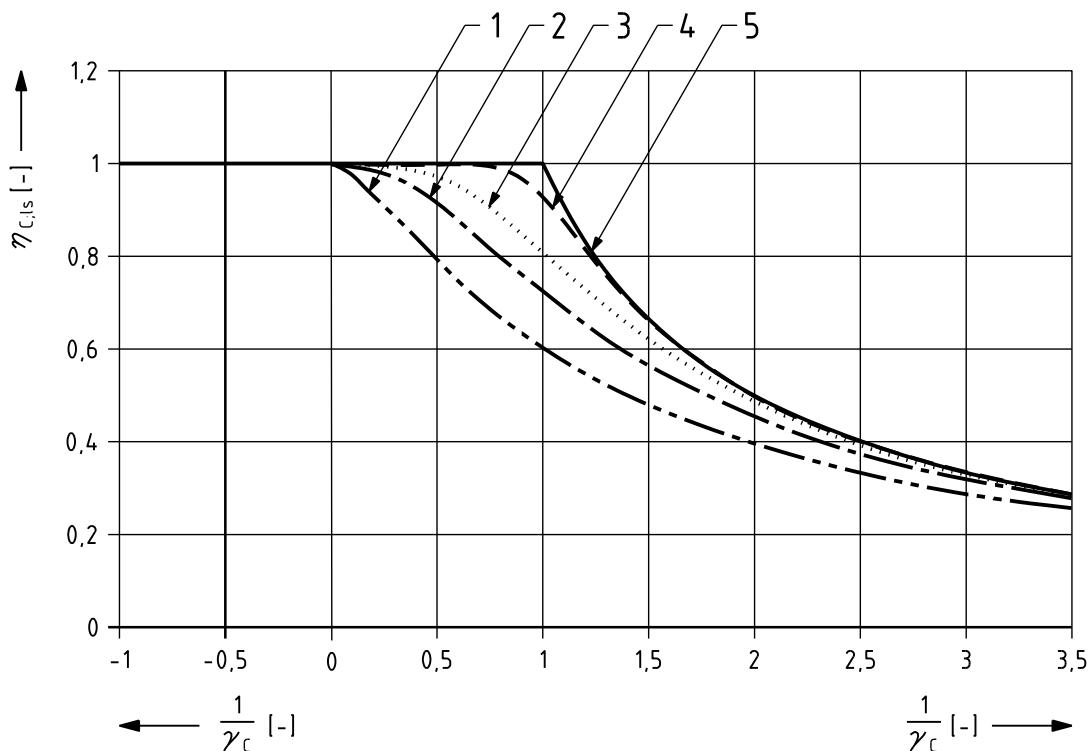
waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$ :

$a_{C;0}$  is een dimensiooze numerieke referentieparameter, waarvoor de volgende getalswaarde geldt:  $a_{C;0} = 1,0$ ;

$\tau_{C;zi;mi}$  is de tijdconstante voor de koudebehoefte, bepaald volgens 7.8.4, in h;

$\tau_{C;0}$  is een referentie tijdconstante, waarvoor de volgende getalswaarde geldt:  $\tau_{C;0} = 15$ , in h.

Onderstaande figuur illustreert de benuttingsfactor voor verschillende tijdconstanten.

**Legenda**

- 1 tijdconstante van 8 uur (geringe traagheid)
- 2 tijdconstante van 1 dag
- 3 tijdconstante van 2 dagen
- 4 tijdconstante van 7 dagen
- 5 tijdconstante oneindig (grote traagheid)

**Figuur 7.2 — Illustratie van de benuttingsfactor voor warmteoverdracht (koudebehoefte)****7.8.4 Tijdconstante van de rekenzone**

De tijdconstante van de rekenzone,  $\tau$ , karakteriseert de interne thermische traagheid van de rekenzone. De tijdconstante kan verschillen voor berekeningen voor verwarming en koeling, en voor beide variëren van maand tot maand, afhankelijk van de variatie van de twee variabelen waarvan de tijdconstante afhankelijk is, te weten  $H_{\text{tr}}$  en  $H_{\text{ve}}$ . De tijdconstante, onderscheiden voor warmtebehoefte ( $\tau_H$ ) en koudebehoefte ( $\tau_C$ ), in  $h$ , wordt als volgt berekend:

$$\tau_{H;zi;mi} = \frac{C_{m;\text{int;eff};zi}/3600}{H_{H;\text{tr(excl.grfl)};zi;mi} + H_{H;\text{g;adj};zi} + H_{H;\text{ve};zi;mi}} \quad (7.57)$$

$$\tau_{C;zi;mi} = \frac{C_{m;\text{int;eff};zi}/3600}{H_{C;\text{tr(excl.grfl)};zi;mi} + H_{C;\text{g;adj};zi} + H_{C;\text{ve};zi;mi}} \quad (7.58)$$

waarin:

$\tau_H/C;zi;mi$  is de tijdconstante van rekenzone  $zi$  voor respectievelijk de warmtebehoefte- en de koudebehoefteberekening, in  $h$ ;

$C_{m;\text{int;eff};zi}$  is de effectieve interne warmtecapaciteit van de rekenzone, berekend volgens 7.7, in J/K;

$H_{H/C;\text{tr(excl.gf);zi},mi}$  is de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie voor verwarming respectievelijk koeling, met uitzondering van de beganegrondvloer, bepaald volgens 7.3.2, in W/K;

$H_{H/C;\text{g;adj};zi}$  is het seizoensgemiddelde van de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie door de beganegrondvloer, aangepast voor het seizoenstemperatuurverschil, voor verwarming respectievelijk koeling, zoals bepaald in bijlage D, in W/K;

$H_{H/C;\text{ve};zi,mi}$  is de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie, voor maand  $mi$ , bepaald volgens 7.4, in W/K.

OPMERKING 1 Meer informatie over de bepaling van de thermische transmisie door de beganegrondvloer kan worden gevonden in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017 en NPR-CEN-ISO/TR 52019-2:2017.

OPMERKING 2 Deze norm voorziet niet in een bepalingsmethode voor een gebouw waarin t.b.v. vergroting van de effectieve thermische massa faseveranderende materialen zijn aangebracht (PCM, 'phase change materials').

## 7.9 Rekentemperatuur en correcties voor niet-continu verwarmen en koelen

### 7.9.1 Principe

OPMERKING 1 De methode is ontleend aan 6.6.11 van NEN-EN-ISO 52016-1:2017.

In de bepaling van de rekentemperatuur voor de warmte- en koudebehoefteberekening,  $\theta_{\text{int;calc};H/C;mi}$ , in °C, worden de volgende aspecten meegenomen:

- temperatuurnivellering tussen ruimten met verschillend verondersteld gebruik, voor woonfuncties;
- niet-continu verwarmen en koelen (nachtverlaging en weekendonderbreking) voor alle gebruiksfuncties.

OPMERKING 2 In de methodiek wordt geen rekening gehouden met lange onderbrekingen (bijv. vakanties), omdat de bouwregelgeving daar geen aanleiding toe geeft. Voor privaatrechtelijke berekeningen (bijv. voor maatwerkadvies) kan gebruik worden gemaakt van de rekenregels voor lange onderbrekingen in 6.6.11.5 van NEN-EN-ISO 52016-1:2017.

### 7.9.2 Rekentemperatuur voor verwarming

De rekentemperatuur in de rekenzone voor verwarming,  $\theta_{\text{int;calc};H;mi;\text{in}}$ , in °C, wordt berekend met de volgende formule:

$$\theta_{\text{int;calc};H;zi,mi} = a_{H;\text{red};zi,mi} \times (\theta_{\text{int;set};H;zi} - \theta_{e;\text{avg};mi}) + \theta_{e;\text{avg};mi} \quad (7.59)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ :

$\theta_{\text{int;calc};H;zi,mi}$  is de rekentemperatuur van de rekenzone voor verwarming, in °C;

- $a_{H;\text{red};zi;mi}$  is de reductiefactor voor niet-continu verwarmen, zoals hieronder bepaald;
- $\theta_{\text{int};\text{set};H;zi}$  is de setpointtemperatuur voor verwarming, bepaald volgens 7.9.4, in °C;
- $\theta_{e;\text{avg};mi}$  is de maandelijks gemiddelde buitentemperatuur, zoals bepaald in 17.2, in °C.

**OPMERKING 1** Voor de maandelijkse berekeningsmethode is het niet evident of de maandelijkse waarden in het geval van niet-continu verwarmen, zijn gebaseerd op gegevens tijdens aanwezigheid, of op tijdgemiddelde waarden over perioden van aan- en afwezigheid (uren en/of dagen). Beide keuzes brengen fouten met zich mee die onvermijdelijk zijn voor de maandelijkse berekeningsmethode. Gekozen is voor tijdgemiddelde waarden. Zie meer uitleg in het technische rapport, NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

De dimensieloze reductiefactor voor niet-continu verwarmen,  $a_{H;\text{red};zi;mi}$ , wordt berekend met de volgende formule:

$$a_{H;\text{red};zi;mi} = 1 - \left(1 - a_{H;\text{red};\text{day};zi;mi}\right) \cdot \left(1 - a_{H;\text{red};\text{wknd};zi;mi}\right) \quad (7.60)$$

waarin:

$$a_{H;\text{red};y;zi;mi} = 1 - f_{H;\text{red};y;zi} + f_{H;\text{red};y;zi} \cdot d\theta_{H;\text{red};mn;y;zi;mi} \quad (7.61)$$

waarin:

$$f_{H;\text{red};\text{day};zi} = \frac{t_{H;\text{red};\text{day};zi} \cdot \left(7 - \left(t_{H;\text{red};\text{wknd};zi} / 24\right)\right)}{24 \times 7} \quad (7.62)$$

$$f_{H;\text{red};\text{wknd};zi} = \frac{t_{H;\text{red};\text{wknd};zi}}{24 \times 7} \quad (7.63)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$ :

- $a_{H;\text{red};y;zi;mi}$  is de reductiefactor voor niet-continu verwarmen, waarbij  $y$  = dag of weekend;
- $f_{H;\text{red};y;zi}$  is het relatieve deel van de tijd ( $y$  = dag of weekend) met gereduceerd setpoint voor verwarming;
- $d\theta_{H;\text{red};mn;y;zi;mi}$  is de gemiddelde (relatieve) vermindering van het temperatuurverschil tijdens de periode met een gereduceerde setpointtemperatuur, zoals hieronder bepaald;
- $t_{H;\text{red};\text{day};zi}$  is het aantal uren per dag met gereduceerde setpointtemperatuur voor verwarming, zoals bepaald in 7.9.5, in  $h$ ;
- $t_{H;\text{red};\text{wknd};zi}$  is het aantal dagen in de week met gereduceerde setpointtemperatuur voor verwarming, zoals bepaald in 7.9.5, omgerekend in  $h$ .

Indien van toepassing kunnen de volgende formules gebruikt worden voor elk van de onderbrekingsperioden ( $y$  = dag of weekend).

De gemiddelde (relatieve) vermindering van het temperatuurverschil tijdens de periode met een gereduceerde setpointtemperatuur,  $d\theta_{H;\text{red};mn;y;zi;mi}$ , is gelijk aan:

Als  $t_{H;\text{red};y;zi} = 0$ :

$$d\theta_{H;\text{red};mn;y;zi;mi} = 0$$

Als  $f_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi} \geq 1$ :

$$d\theta_{H;\text{red};mn;y;zi;mi} = d\theta_{\text{float};zi;mi} + \left( \frac{1 - d\theta_{\text{float};zi;mi}}{t_{H;\text{red};y;zi}/\tau_{H;zi;mi}} \right) \cdot \left( 1 - e^{-\left(t_{H;\text{red};y;zi}/\tau_{H;zi;mi}\right)} \right) \quad (7.64)$$

in andere gevallen:

$$\begin{aligned} d\theta_{H;\text{red};mn;y;zi;mi} &= \left( \frac{1 - d\theta_{\text{set};H;\text{low};y;zi;mi}}{t_{H;\text{red};y;zi}/\tau_{H;zi;mi}} \right) + f_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi} \cdot d\theta_{\text{float};zi;mi} \\ &+ \left( 1 - f_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi} \right) \cdot d\theta_{\text{set};H;\text{low};y;zi;mi} \end{aligned} \quad (7.65)$$

waarin:

$f_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi}$  is de dimensieloze (relatieve) lengte van de periode totdat de gereduceerde setpointtemperatuur is bereikt, zoals hieronder bepaald;

$d\theta_{\text{set};H;\text{low};y;zi;mi}$  is de dimensieloze (relatieve) verlaging van de setpointtemperatuur gerelateerd aan het verschil met de buitentemperatuur, zoals hieronder bepaald;

$d\theta_{\text{float};zi;mi}$  is de dimensieloze (relatieve) verlaging in het verschil tussen binnen- en buitentemperatuur bij 'free floating' condities (geen verwarming), zoals hieronder bepaald;

$\tau_{H;zi;mi}$  is de tijdconstante voor verwarming, bepaald volgens 7.8.4, in h.

De dimensieloze (relatieve) lengte van de periode totdat de gereduceerde setpointtemperatuur is bereikt,  $f_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi}$ , is gelijk aan:

als  $(d\theta_{\text{set};H;\text{low};zi;mi} - d\theta_{\text{float};zi;mi}) \leq 0$  of in het geval van uitschakeling van de verwarming:

$$f_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi} = 1$$

en als  $d\theta_{\text{float};zi;mi} = 1$ :

$$f_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi} = 0.$$

in andere gevallen:

$$f_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi} = \frac{t_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi}/\tau_{H;zi;mi}}{t_{H;\text{red};y;zi}/\tau_{H;zi;mi}} \quad (7.66)$$

waarin:

als  $d\theta_{\text{set};H;\text{low};y;zi;mi} \leq d\theta_{\text{float};zi;mi}$ :

$$\frac{t_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi}}{\tau_{H;zi;mi}} = 1 \quad (7.67)$$

en als  $d\theta_{\text{float};zi;mi} = 1$ :

$$\frac{t_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi}}{\tau_{H;zi;mi}} = 0 \quad (7.68)$$

in andere gevallen:

$$\frac{t_{H;\text{red};\text{low};y;zi;mi}}{\tau_{H;zi;mi}} = -\ln\left(\frac{d\theta_{\text{set};H;\text{low};y;zi;mi} - d\theta_{\text{float};zi;mi}}{1 - d\theta_{\text{float};zi;mi}}\right) \quad (7.69)$$

De dimensieloze (relatieve) verlaging van de setpointtemperatuur gerelateerd aan het verschil met de buitentemperatuur,  $d\theta_{\text{set};H;\text{low};y;zi;mi}$ , wordt gegeven door:

indien:

$$(\theta_{\text{int};\text{set};H;zi} - \theta_{e;\text{avg};mi}) \leq 0: \quad d\theta_{\text{set};H;\text{low};y;zi;mi} = 1 \quad (7.70)$$

en indien:

$$(\theta_{\text{int};\text{set};H;\text{low};y;zi} - \theta_{e;\text{avg};mi}) \leq 0: \quad d\theta_{\text{set};H;\text{low};y;zi;mi} = 0 \quad (7.71)$$

in andere gevallen:

$$d\theta_{\text{set};H;\text{low};y;zi;mi} = \text{Min}\left(\frac{\theta_{\text{int};\text{set};H;\text{low};y;zi} - \theta_{e;a;mi}}{\theta_{\text{int};\text{set};H;zi} - \theta_{e;a;mi}}, 1\right) \quad (7.72)$$

waarin:

$\theta_{\text{int};\text{set};H;\text{low};y;zi}$  is de gereduceerde setpointtemperatuur voor verwarming in rekenzone  $zi$  tijdens onderbrekingsperiode  $y$ , zoals bepaald in 7.9.5, in °C.

De dimensieloze (relatieve) verlaging in het verschil tussen binnen- en buitentemperatuur bij 'free floating' condities (geen verwarming),  $d\theta_{\text{float};zi;mi}$ , wordt gegeven door:

als  $(\theta_{\text{int};\text{set};H;zi} - \theta_{e;\text{avg};mi}) \leq 0$ :

$$d\theta_{\text{float};zi;mi} = 1$$

OPMERKING 2 Hierbij is er in ieder geval geen warmtebehoefte.

in andere gevallen:

$$d\theta_{\text{float};zi;mi} = \frac{Q_{\text{H;gn};zi;mi} \cdot 1000}{\left( (H_{\text{H;tr;excl.gf};zi;mi} + H_{\text{H;ve};zi;mi}) \cdot (\theta_{\text{int;set;H};zi} - \theta_{\text{e;avg};mi}) + H_{\text{gr;an};zi;mi} \cdot (\theta_{\text{int;set;H};zi} - \theta_{\text{e;avg;an}}) \right) \cdot t_{mi}} \quad (7.73)$$

met maximale waarde:  $d\theta_{\text{float};mi} = 1$  en minimale waarde:  $d\theta_{\text{float};mi} = 0$ .

**OPMERKING 3** De minimale waarde is nodig voor het zeldzame geval dat de winst negatief is. Dit komt voor als de warmtestraling naar de hemel dominant is.

waarin, voor elke rekenzone  $zi$  en elke maand  $mi$ :

$Q_{\text{H;gn};zi;mi}$	is de totale warmteinst voor verwarming, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;
$H_{\text{H;tr;excl.gf};zi;mi}$	is de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie voor verwarming, met uitzondering van de beganegrondvloer, bepaald volgens 7.3.2, in W/K;
$H_{\text{H;ve};zi;mi}$	is de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie voor verwarming, bepaald volgens 7.4, in W/K;
$H_{\text{gr;an};zi;mi}$	is de warmteoverdrachtcoëfficiënt voor gebouwelementen in thermisch contact met de grond, bepaald volgens 7.3.2, in W/K;
$\theta_{\text{e;avg;an}}$	is de gemiddelde buitentemperatuur voor het volledige jaar, zoals bepaald in 17.2, in °C.

**OPMERKING 4** De rechterkant van de vergelijking lijkt hetzelfde als de warmtebalansverhouding voor verwarming,  $\gamma_{\text{H};zi;mi}$  (zie 7.8.2), maar als deze grootheid hier gebruikt zou worden, zou een kringverwijzing ontstaan.

### 7.9.3 Rekentemperatuur voor koeling en reductiefactor voor niet-continu koelen

De correcties in het geval van niet-continu koelen worden toegepast op de koudebehoefte en niet op de rekentemperatuur. De rekentemperatuur van de rekenzone voor koeling,  $\theta_{\text{int;calc};C;mi}$ , in °C, blijft gelijk aan de setpointtemperatuur, bepaald volgens 7.9.4.

**OPMERKING 1** Voor de maandelijkse berekeningsmethode is het niet evident of de maandelijkse waarden in het geval van niet-continu koelen zijn gebaseerd op gegevens tijdens aanwezigheid, of op tijdgemiddelde waarden over perioden van aan- en afwezigheid (uren en/of dagen). Beide keuzes brengen fouten met zich mee die onvermijdelijk zijn voor de maandelijkse berekeningsmethode. Gekozen is voor tijdgemiddelde waarden. Zie meer uitleg in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

De dimensioze reductiefactor voor niet-continu koelen,  $a_{C,\text{red};zi;mi}$ , wordt in het geval van weekendonderbreking berekend met de volgende formule:

$$a_{C;\text{red};zi;mi} = a_{C;\text{red;wknd};zi;mi} = (1 - f_{C;\text{red;wknd};zi}) + b_{C;\text{red;wknd}} \cdot f_{C;\text{red;wknd};zi} \quad (7.74)$$

waarin:

$$f_{C;\text{red};\text{wknd};zi} = \frac{t_{C;\text{red};\text{wknd};zi}}{24 \times 7} \quad (7.75)$$

waarin, voor elke rekenzone  $zi$ :

- $f_{C;\text{red};\text{wknd};zi}$  is het relatieve deel van de week waarin de koeling gereduceerd of onderbroken wordt;
- $t_{C;\text{red};\text{wknd};zi}$  is het aantal dagen van de week met gereduceerde setpointtemperatuur of onderbreking voor koeling, zoals bepaald in 7.9.5, omgerekend in h;
- $b_{C;\text{red};\text{wknd}}$  is een empirische correlatiefactor, waarvoor de volgende getalswaarde geldt:  
 $b_{C;\text{red};\text{wknd}} = 0,3$ .

OPMERKING 2 De waarde van  $a_{C;\text{red};\text{wknd};zi;mi}$  wordt alleen beïnvloed door de lengte van weekendonderbreking. De waarde wordt bijv. niet beïnvloed door de 'gereduceerde' setpointtemperatuur. In NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017 wordt uitgelegd dat voor de maandelijkse methode een nauwkeuriger resultaat niet verantwoord is.

## 7.9.4 Setpointtemperatuur

### 7.9.4.1 Algemeen

Bepaal de setpointtemperatuur van de rekenzone voor de warmtebehoefteberekening  $\theta_{\text{int};\text{set};H;zi}$  voor iedere gebruiksfunctie volgens onderstaande formule:

$$\theta_{\text{int};\text{set};H;zi,mi} = \theta_{\text{int};\text{set};H;\text{stc}} - \Delta\theta_{\text{int};\text{set};H;zi,mi} \quad (7.76)$$

waarin:

- $\theta_{\text{int};\text{set};H;zi,mi}$  is de setpointtemperatuur van de rekenzone voor de warmtebehoefteberekening, in °C;
- $\theta_{\text{int};\text{set};H;\text{stc};zi}$  is de setpointtemperatuur van de rekenzone voor verwarming voor de thermisch geconditioneerde zones, bepaald volgens tabel 7.13, in °C;
- $\Delta\theta_{\text{int};\text{set};H;zi,mi}$  is de setpointtemperatuur voor nivellering van de temperatuur binnen een gebouw, tussen ruimten met verschillend verondersteld gebruik voor de warmtebehoefteberekening, in °C,
  - voor woonfuncties bepaald volgens 7.9.4.2;
  - voor de overige gebruiksfuncties geldt:  $\Delta\theta_{\text{int};\text{set};H;zi,mi} = 0$ .

Bepaal de setpointtemperatuur van de rekenzone voor de koudebehoefteberekening  $\theta_{\text{int};\text{set};C;zi}$  voor iedere gebruiksfunctie volgens onderstaande formule:

$$\theta_{\text{int};\text{set};C;zi,mi} = \theta_{\text{int};\text{set};C;\text{stc}} \quad (7.77)$$

waarin:

- $\theta_{\text{int;set};C;zi,mi}$  is de setpointtemperatuur van de rekenzone voor de koudebehoefteberekening, in °C;
- $\theta_{\text{int;set};C;\text{stc};zi}$  is de setpointtemperatuur van de rekenzone voor koeling voor de thermisch geconditioneerde zones, bepaald volgens tabel 7.13, in °C;

**Tabel 7.13 — Setpointtemperatuur voor thermisch geconditioneerde zones**

Gebruiksfunctie van een gebouw of van een gedeelte van een gebouw	$\theta_{\text{int;set};H;\text{stc};zi}$ °C	$\theta_{\text{int;set};C;\text{stc};zi}$ °C
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	21	24
Bijeenkomstfunctie overig	21	
Celfunctie	21	
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied	22	
Gezondheidszorgfunctie overig	21	
Kantoorfunctie	21	
Logiesfunctie	21	
Onderwijsfunctie	21	
Sportfunctie	16	
Winkelfunctie	21	
Woonfunctie	20	

**OPMERKING** Voor de maandelijkse berekeningsmethoden kan bij verwarming de werkelijke gemiddelde interne temperatuur hoger zijn door onmiddellijke oververhitting. Echter, met dit effect wordt rekening gehouden door middel van de benuttingsfactor voor de warmtewinst. Vergelijkbaar kan voor koeling de werkelijke gemiddelde interne temperatuur lager zijn door onmiddellijke verliezen die groter zijn dan de winst.

#### 7.9.4.2 Temperatuurnivellering woningbouw

Voor woonfuncties waarbij delen van het gebouw voornamelijk onverwarmd zijn (bijv. slaapkamers, werkamer, zolder: de 'matig verwarmde' ruimten), moet de setpointtemperatuur voor verwarming worden aangepast.

De verlaging van de setpointtemperatuur als gevolg van nivelleren van de temperatuur in de woning tussen ruimte met verschillend verondersteld gebruik,  $\Delta\theta_{\text{int;set};H;zi,mi}$ , wordt bepaald volgens onderstaande formule:

$$\Delta\theta_{\text{int;set};H;zi,mi} = \frac{\left( f_{\text{mod;t}} f_{\text{mod;sp}} \right) \times \left( f_{\text{mod;sp}} H_{H;e;\text{spec};zi,mi} \right) \times \left( \theta_{\text{int;set};H;\text{stc};zi} - \theta_{e;\text{avg};mi} \right)}{\left( f_{\text{mod;sp}} \times H_{H;e;\text{spec};zi,mi} \right) + H_{H;\text{int;spec}}} \quad (7.78)$$

waarin, voor het gebouw of gebouwdeel als enkele zone,  $zi$ , in maand  $mi$ :

$$H_{H;e;spec;zi;mi} = \frac{H_{H;tr(excl.gf);zi;mi} + H_{gr;an;adj;zi} + H_{H;ve;zi;mi}}{A_{use;zi}} \quad (7.79)$$

waarin:

$f_{mod;t}$	is de aangenomen (vaste) dimensieloze fractie in tijd waarin het matig verwarmde deel (gemiddeld gezien) wordt verwarmd op matig comfort-niveau in plaats van op volledig comfort-niveau, waarvoor de volgende getalswaarde geldt: $f_{mod;t} = 0,8$ ;
$f_{mod;sp}$	is de aangenomen (vaste) dimensieloze ruimtelijke fractie van het matig verwarmde deel in het gebouw, waarvoor de volgende getalswaarde geldt: $f_{mod;sp} = 0,5$ voor woongebouwen; $f_{mod;sp} = 0,6$ voor alle overige woonfuncties;
$H_{H;e;spec;zi;mi}$	is de specifieke warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie en ventilatie, in $W/(m^2 \cdot K)$ ;
$\theta_{int;set;H;stc;zi}$	is de setpointtemperatuur voor de volledig verwarmde ruimte of ruimten, bepaald volgens tabel 7.13, in $^\circ C$ ;
$\theta_{e;avg;mi}$	is de maandelijks gemiddelde buitentemperatuur, zoals bepaald in 17.2, in $^\circ C$ ;
$H_{H;int;spec}$	is de aangenomen (vaste) totale specifieke interne warmteoverdrachtcoëfficiënt per $m^2$ van de gebruiksoppervlakte in $W/(m^2 \cdot K)$ , waarvoor de volgende getalswaarde geldt: $H_{H;int;spec} = 2,0 W/(m^2 \cdot K)$ ;
$H_{H;tr(excl.gf);zi;mi}$	is de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie voor verwarming, met uitzondering van de begane grondvloer, bepaald volgens 7.3.2, in $W/K$ ;
$H_{gr;an;adj;zi}$	is het seizoengemiddelde van de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie door de begane grondvloer, aangepast voor het seizoens-temperatuurverschil, voor verwarming, zoals bepaald in bijlage E in $W/K$ ;
$H_{H;ve;zi;mi}$	is de totale warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie, bepaald volgens 7.4, in $W/K$ ;
$A_{g;zi}$	is de gebruiksoppervlakte van de rekenzone, bepaald volgens 6.6.4, in $m^2$ .

OPMERKING 1 De vaste waarden zullen leiden tot een ruwe benadering. Voor uitleg en voorbeelden zie NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

Voor koeling wordt aangenomen dat de setpointtemperatuur van de rekenzone gelijk is aan de setpointtemperatuur voor de thermisch geconditioneerde ruimten.

**OPMERKING 2** Voor koeling is dit een conservatieve benadering. Zie uitleg en verantwoording in NPR-CEN-ISO/TR 52016-2:2017.

**OPMERKING 3** Zoals ook alle andere gebruikersgerelateerde getalswaarden liggen deze getalswaarden vast, uitgaande van een standaard gebruik van de woning (energieprestatie onafhankelijk van het specifieke bewonersgedrag). Achtergrond van de gekozen getalswaarden:

- $f_{\text{mod;t}} = 0,8$ : het matig verwarmde deel van de woning wordt geacht 20 % van de tijd wel 'hoog' te worden verwarmd;
- $f_{\text{mod;sp}} = 0,6$  voor grondgebonden woningen : qua gebruik (woonzone/slaapzone) wordt de woonzone wat kleiner ingeschat dan de slaapzone, uitgaande van 3 bouwlagen.
- $f_{\text{mod;sp}} = 0,5$  voor woongebouwen: de woning wordt qua gebruik (woonzone/slaapzone) in twee gelijke delen verdeeld gedacht;
- $H_{\text{H,int;spec}} = 2,0$ : rekenwaarde voor interne warmteoverdrachtcoëfficiënt per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte.

Merk op dat deze getalswaarden worden gebruikt in een vergelijking die een correctie beoogt; een grotere nauwkeurigheid van deze getalswaarden is daarom niet gewenst. Het resultaat van de vergelijking kan variëren tussen ongeveer 17 °C (slecht geïsoleerde woningen) en ongeveer 19 °C (energiezuinige woningen).

## 7.9.5 Rekenwaarden intermittent heating/cooling

### 7.9.5.1 Gereduceerde setpointtemperatuur

Bepaal de gereduceerde setpointtemperatuur bij nacht- of weekendverlaging van de rekenzone voor de warmtebehoefteberekening,  $\theta_{\text{int;set;H;low;day}}$  en  $\theta_{\text{int;set;H;low;week}}$ , voor iedere gebruiksfunctie volgens onderstaande tabel.

**Tabel 7.14 — Gereduceerde setpointtemperatuur voor de warmtebehoefteberekening**

Gebruiksfunctie van een gebouw of van een gedeelte van een gebouw	$\theta_{\text{int;set;H;low;day}}$ °C	$\theta_{\text{int;set;H;low;week}}$ °C
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	16	16
Bijeenkomstfunctie overig		
Celfunctie		
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied		
Gezondheidszorgfunctie overig		
Kantoorfunctie		
Logiesfunctie		
Onderwijsfunctie		
Sportfunctie	14	14
Winkelfunctie	16	16
Woonfunctie		

### 7.9.5.2 Perioden met gereduceerde setpointtemperatuur

Bepaal het aantal uren per dag en het aantal dagen per week met gereduceerde setpointtemperatuur of uitschakeling van de thermostaat,  $t_{H;\text{red};\text{day};zi}$  en  $t_{H/C;\text{red};\text{wknd};zi}$  voor iedere gebruiksfunctie volgens onderstaande tabel.

**Tabel 7.15 — Aantal uren per dag en aantal dagen per week met gereduceerde setpointtemperatuur of uitgeschakelde thermostaat voor de warmte- en koudebehoefteberekening**

Gebruiksfunctie van een gebouw of een gedeelte van een gebouw	Uren per (werk)dag met gereduceerde setpointtemperatuur of uitgeschakelde thermostaat voor verwarming $t_{H;\text{red};\text{day}}$	Dagen in de week met gereduceerde setpointtemperatuur of uitgeschakelde thermostaat voor verwarming, omgerekend in h $t_{H;\text{red};\text{wknd}}$	Dagen in de week met gereduceerde setpointtemperatuur of uitgeschakelde thermostaat voor koeling, omgerekend in h $t_{C;\text{red};\text{wknd}}$
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	14	48	48
Bijeenkomstfunctie overig	14	48	48
Celfunctie	8	0	0
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied	8	0	0
Gezondheidszorgfunctie overig	14	48	48
Kantoorfunctie	14	48	48
Logiesfunctie	13	24	24
Onderwijsfunctie	14	48	48
Sportfunctie	14	48	48
Winkelfunctie	13	24	24
Woonfunctie	10	0	0
OPMERKING De tabel geeft tijden waarin de gebouwfuncties worden geacht niet operationeel te zijn en waarin de setpointtemperaturen niet worden onderhouden. Deze tijden zijn afgestemd met de correctiefactor voor bezettingstijd in hoofdstuk 11, rekening houdend met het feit dat de bedrijfsvoering voor ventilatie niet in alle opzichten identiek is aan de bedrijfsvoering voor de temperatuur.			

### 7.9.6 Berekende temperatuur van een rekenzone als outputvariabele

Voor verwarming is de maandelijks gemiddelde temperatuur van de rekenzone,  $\theta_{\text{int};\text{op};H;zi;mi}$ , in °C, gelijk aan de rekentemperatuur,  $\theta_{\text{int};\text{calc};H;zi;mi}$ , in °C, bepaald volgens 7.9.2.

Voor koeling is de maandelijks gemiddelde temperatuur van de rekenzone,  $\theta_{\text{int;op};H;zi;mi}$ , in °C, gegeven door de volgende formules:

$$\theta_{\text{int;op};C;zi;mi} = \theta_{e;\text{avg};mi} + \frac{(Q_{C;\text{nd};zi;mi} + Q_{C;\text{gn};zi;mi})}{(H_{C;\text{ht};zi;mi} \times 0,001 \times t_{mi})} \quad (7.80)$$

waarin:

$$H_{C;\text{ht};zi;mi} = \frac{Q_{C;\text{ht};zi;mi}}{(\theta_{\text{int;set};C;\text{stc};zi;mi} - \theta_{e;\text{avg};mi}) \times 0,001 \times t_{mi}} \quad (7.81)$$

waarin:

$\theta_{e;\text{avg};mi}$  is de maandelijks gemiddelde buitentemperatuur, zoals bepaald in 17.2, in °C;

$Q_{C;\text{nd};zi;mi}$  is de maandelijkse energiebehoefte voor koeling, voor de rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ , bepaald volgens 7.2.2, in kWh;

$Q_{C;\text{gn};zi;mi}$  is de totale warmtewinst voor koeling, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;

$H_{C;\text{ht};zi;mi}$  is de warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie en ventilatie voor koeling, in W/K;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17.2, in h;

$Q_{C;\text{ht};zi;mi}$  is de totale warmteoverdracht door transmissie en ventilatie voor koeling, bepaald volgens 7.2.3, in kWh;

$\theta_{\text{int;set};C;\text{stc};zi;mi}$  is de setpointtemperatuur van de rekenzone voor koeling voor de thermisch geconditioneerde zones, bepaald volgens 7.9.4, in °C.

**OPMERKING** De formules zijn slechts een uitdrukking voor de maandelijkse warmtebalans, waarbij rekening wordt gehouden met het effect van onderbreking en onbenutte warmteverliezen.

Als voor een specifiek systeem geen onderscheid kan worden gemaakt tussen verwarmingsmodus en koelmodus, moet de gemiddelde temperatuur van de rekenzone per maand worden bepaald door weging van de temperatuur voor de verwarmingsmodus en koelmodus op basis van de respectievelijke warmte- en koudebehoefte.

### 7.9.7 Berekende temperatuur van een aangrenzende onverwarmde ruimte als outputvariabele

De maandelijks gemiddelde temperatuur in een aangrenzende onverwarmde ruimte  $k$ ,  $\theta_{\text{ztu},k;zi;H/C;mi}$ , in °C, wordt bepaald volgens onderstaande formule:

$$\theta_{\text{ztu},k;zi;H/C;mi} = \theta_{\text{int;set};H/C;\text{stc};zi;mi} - b_{\text{ztu},k;mi} \cdot (\theta_{\text{int;set};H/C;\text{stc};zi;mi} - \theta_{e;\text{avg};mi}) \quad (7.82)$$

waarin, voor elke maand  $mi$ :

$\theta_{e;avg;mi}$  is de gemiddelde buitentemperatuur in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in °C;

$b_{U,k;mi}$  is een dimensiooze reductiefactor de temperatuurverschillen tussen de buitenlucht en de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimte  $k$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 8.4.1;

$\theta_{int;set;H/C;stc;zi;mi}$  is de setpointtemperatuur van de rekenzone voor verwarming/koeling voor de thermisch geconditioneerde zones, bepaald volgens 7.9.4, in °C;

als er meer dan één aangrenzende rekenzone is, worden de temperaturen gewogen op basis van de distributiefactor voor de warmteoverdracht tussen rekenzone  $zi;j$  en de aangrenzende onverwarmde ruimte  $ztu$ ,  $F_{j;ztu;zi;mi}$ , zoals bepaald in 7.6.4;

$\theta_{e;avg;mi}$  is de maandelijks gemiddelde buitentemperatuur, zoals bepaald in 17.2, in °C.

Als deze temperatuur als input wordt gebruikt en er geen verschil kan worden gemaakt tussen de verwarmings- en koelstand, dan moet de temperatuur voor de verwarmings- en koelstand per maand worden gewogen met respectievelijk de warmte- en koudebehoefte.

## 7.10 Lengte van het verwarmings- of koelseizoen voor gebruik van seizoensafhankelijke voorzieningen

Als de gebruikstijd van seizoensafhankelijke voorzieningen, zoals pompen voor het verwarmingssysteem, moet worden beoordeeld zonder gedetailleerde data, kan de lengte van het verwarmingsseizoen worden benaderd door de som van de maanden die een warmtebehoefte hoger dan nul hebben.

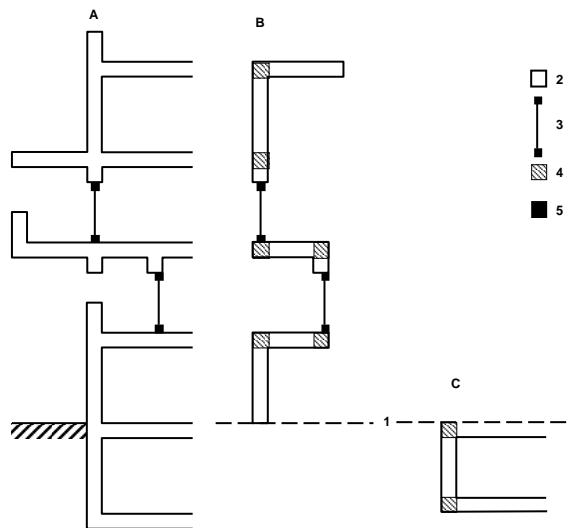
Als de gebruikstijd van seizoensafhankelijke voorzieningen, zoals ventilatoren voor het koelsysteem, moet worden beoordeeld zonder gedetailleerde data, kan de lengte van het koelseizoen worden benaderd door de som van de maanden die een koudebehoefte hoger dan nul hebben.

## 8 Transmissie

### 8.1 Modelleren van de gebouwomhulling

Modelleer de uitwendige gebouwomhulling tot een aaneengesloten systeem van ondoorschijnende elementen, ramen en deuren (inclusief kozijnen) en lineaire thermische bruggen, in vlakken en lijnen zoals aangegeven in figuur 8.1.

**OPMERKING** De modelleren van de gebouwomhulling is volgens 4.2 van NEN-EN-ISO 13789:2017.



#### Legenda

- A werkelijke situatie
- B modelbenadering NEN-EN-ISO 13789
- C modelbenadering NEN-EN-ISO 13370

- 1 warmteverlies via de grond, zie 8.3
- 2 vlakken, zie K.1.2
- 3 ramen, deuren, kozijnen, zie K.2
- 4 lijnvormige elementen, zie K.1.4
- 5 kozijnaansluitingen (als lijnvormig element), zie 8.2.3

**Figuur 8.1 — Verdeling van de uitwendige scheidingsconstructie in vlakken en lijnvormige elementen**

De grens tussen het deel van de uitwendige constructie boven de grond en het deel waardoor warmteverlies zowel naar de buitenlucht als naar de grond optreedt, wordt gevormd door:

- voor vloeren die op staal zijn gefundeerd, boven kruipruimten en onverwarmde kelders: het vlak dat samenvalt met het vlak van de bovenzijde van de vloer;
- voor gebouwen met een verwarmde ruimte onder het maaiveld: het vlak dat samenvalt met het aansluitende terrein.

## 8.2 Bepaling van de directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht, $H_D$

### 8.2.1 Berekening van de directe warmteverliescoëfficiënt

De directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht,  $H_D$ , in W/K, wordt berekend met:

$$H_D = \sum_i \left( A_{T,i} \cdot U_{C,i} \right) + \sum_k \left( \ell_k \cdot \psi_k \right) + \sum_j C_j \quad (8.1)$$

waarin:

$A_{T,i}$  is de geprojecteerde oppervlakte van het vlakke element  $i$  van de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens K.1.2, in m<sup>2</sup>;

$U_{C,i}$  is de warmtedoorgangscocoefficiënt, van het vlakke element  $i$  van de uitwendige scheidingsconstructie, berekend volgens 8.2.2, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$\ell_k$  is de lengte van de lineaire thermische brug,  $k$ , bepaald volgens K.1.4, in m;

$\psi_k$  is de lineaire warmteverliescoëfficiënt van de thermische brug,  $k$ , bepaald volgens 8.2.3.1, in W/(m·K);

$\chi_j$  is de warmteverliescoëfficiënt van de puntvormige thermische brug,  $j$ , berekend volgens 8.2.4, in W/K.

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 4.3 van NEN-EN-ISO 13789:2017.

OPMERKING 2 Zie figuur 8.2 voor een toelichting op de oppervlakten en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_D$  behoren te worden meegenomen.

OPMERKING 3 Voor drijvende bouwwerken wordt transmissie naar water als transmissie naar buitenlucht berekend. Constructies in contact met water worden daarom meegenomen in de directe warmteoverdrachtcoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht.

OPMERKING 4 Alleen regelmatig voorkomende puntvormige thermische bruggen worden meegenomen in de berekening; incidentele puntvormige thermische bruggen worden buiten beschouwing gelaten. Bevestigingshulpmiddelen, zoals spouwankers, worden niet als puntvormige thermische brug in rekening gebracht. In plaats daarvan worden deze in rekening gebracht in 8.2.2.2.2.1. In deze gevallen geldt  $\chi = 0$  W/K.

OPMERKING 5 Wanneer sprake is van een grondpakket op een dak van een verblijfsruimte of een kelder moet de warmtedoorgangscocoefficiënt van het dak met grondpakket worden berekend conform 8.2.

In verband met de berekening van TO<sub>juli</sub> (volgens 5.7) wordt de directe warmteverliescoëfficiënt per oriëntatie bepaald. De directe warmteverliescoëfficiënt als gevolg van lineaire thermische bruggen ( $\ell_k \times \psi_k$ ) die deel uitmaakt van constructiedelen met verschillende oriëntaties, moet om die reden over de verschillende oriëntaties worden verdeeld. Het verlies als gevolg van deze thermische brug moet daarbij gelijk worden verdeeld over de oriëntaties.

In afwijking hiervan kan de directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht ook worden berekend met een forfaitaire verrekening van de lineaire thermische bruggen.

In dat geval wordt de directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht,  $H_D$ , in W/K, berekend met:

$$H_{D,\text{for}} = \sum_i (A_{T,i} \times (U_{C,i} + \Delta U_{\text{for}})) \quad (8.2)$$

De forfaitaire verrekening van lineaire thermische bruggen mag alleen worden toegepast wanneer dit voor het gehele gebouw wordt gedaan; warmteverliescoëfficiënt-berekening met vermenging van forfaitaire en niet-forfaitaire rekenmethoden is niet toegelaten.

$\Delta U_{\text{for}}$  is de forfaitaire toeslag voor de verrekening van de lineaire thermische bruggen, in W/(m<sup>2</sup>·K), bepaald volgens:

$$\Delta U_{\text{for}} = \max \left[ 0 ; 0,1 - 0,25 \times \left( \frac{\sum_i (A_{T,ntr,i} \times U_{C,ntr,i})}{\sum_i A_{T,ntr,i}} - 0,4 \right) \right] \quad (8.3)$$

waarin:

$A_{T,ntr,i}$  is de geprojecteerde oppervlakte van het ondoorschijnende vlak  $i$ , niet zijnde een vloer boven een kruipruimte of direct op ondergrond of een paneel, bepaald volgens K.1.2, in m<sup>2</sup>;

$U_{C,ntr,i}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het ondoorschijnende vlak  $i$ , niet zijnde een vloer boven een kruipruimte of direct op ondergrond of een paneel, bepaald volgens 8.2.2.2, in W/(m<sup>2</sup>·K).

OPMERKING 7 Alle ondoorschijnende vlakken, niet zijnde een vloer boven een kruipruimte of direct op ondergrond of een paneel worden hierin meegerekend. De forfaitaire verrekening van de lineaire thermische bruggen voor vloeren is opgenomen in 8.3.3.1.

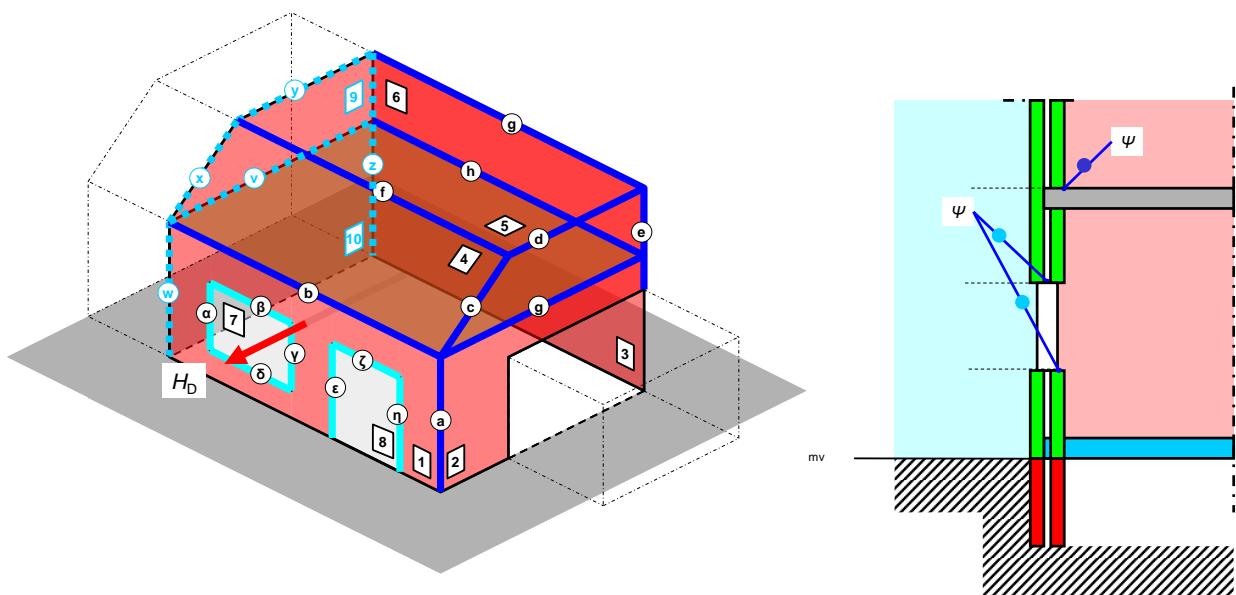
OPMERKING 8  $\Delta U_{\text{for}}$  wordt bepaald op basis van de eigenschappen van de ondoorschijnende delen van de scheidingsconstructie, maar is wel op alle delen van de scheidingsconstructie van toepassing.

De consequentie van formule (8.3) is dat bij goed geïsoleerde constructies (dus een lage  $U$ -waarde) een hoge toeslag wordt meegenomen. Dus hoe lager de warmtedoorgang (warmteverlies), hoe hoger de toeslag.

OPMERKING 9 Zie voorbeeldgetallen in onderstaande tabel.

**Tabel 8.1 — Voorbeeldgetallen forfaitaire toeslag voor verrekening van lineaire thermische bruggen**

Gemiddelde $U$ -waarde van de niet-transparante uitwendige scheidingsconstructies, niet zijnde een vloer boven een kruipruimte of direct op de ondergrond of een paneel in een pui [W/m <sup>2</sup> ·K]	$\Delta U_{\text{for}}$ W/m <sup>2</sup> ·K
0,8	0,0
0,6	0,05
0,4	0,1



### Legenda

Vlakken

- 1  $A_{T;1}; U_1$
- 2  $A_{T;2}; U_2$
- 3  $A_{T;3}; U_3$
- 4  $A_{T;4}; U_4$
- 5  $A_{T;5}; U_5$
- 6  $A_{T;6}; U_6$
- 7  $A_{T;7}; U_7$
- 8  $A_{T;8}; U_8$
- 9  $A_{T;9}; U_9$
- 10  $A_{T;10}; U_{10}$

Thermische bruggen

- |   |                            |   |                                      |
|---|----------------------------|---|--------------------------------------|
| a | $\ell_a; \psi_a$           | g | $\ell_g; \psi_g$                     |
| b | $\ell_b; \psi_b$           | h | $\ell_h; \psi_h$                     |
| c | $\ell_c; \psi_c$           | i | $\ell_i; \psi_i$                     |
| d | $\ell_d; \psi_d$           |   |                                      |
| e | $\ell_e; \psi_e$           |   |                                      |
| f | $\ell_f; \psi_f$           |   |                                      |
| α | $\ell_\alpha; \psi_\alpha$ | ε | $\ell_\varepsilon; \psi_\varepsilon$ |
| β | $\ell_\beta; \psi_\beta$   | ζ | $\ell_\zeta; \psi_\zeta$             |
| γ | $\ell_\gamma; \psi_\gamma$ | η | $\ell_\eta; \psi_\eta$               |
| δ | $\ell_\delta; \psi_\delta$ |   |                                      |
| v | $\ell_v; \psi_v$           | y | $\ell_y; \psi_y$                     |
| w | $\ell_w; \psi_w$           | z | $\ell_z; \psi_z$                     |
| x | $\ell_x; \psi_x$           |   |                                      |

**Figuur 8.2— Visuele weergave van de parameters bepalend voor de berekening van  $H_D$**

**OPMERKING 10** Vlak 9 en 10 en de lineaire thermische bruggen v, w, x, y en z worden bij de berekening van  $H_D$  alleen meegenomen wanneer deze een scheidingsvlak vormen tussen de verwarmde ruimte en de buitenlucht. Zijn de vlakken 9 en 10 de scheiding met een aangrenzende verwarmde ruimte van een ander gebouw of rekenzone, dan worden de (naar buiten gerichte) lineaire thermische bruggen w, x, y en z meegenomen (bij respectievelijk de vlakken 1, 4, 5 en 3 en 6) voor het aandeel dat aan de beschouwde woning is toe te rekenen: de  $\psi$ -waarde wordt bepaald met behulp van een detail dat is geschematiseerd met een adiabatisch vlak ter plaatse van de hartlijn van de bouwmuur. Indien de psi-waarde voor een geheel bouwmuurdetail is gegeven, behoort de helft van de opgegeven warmtestroom te worden genomen. Als een lineaire thermische brug de scheiding vormt tussen twee rekenzones of het vormt de scheiding tussen een rekenzone en een AOR/AOS, dan behoort de directe warmteverliescoëfficiënt als gevolg van lineaire thermische bruggen ( $\ell_k \times \psi_k$ ) gelijk te worden verdeeld over de rekenzones dan wel de rekenzone en de AOR/AOS.

**OPMERKING 11** Bij de berekening van de  $H_D$  worden niet meegenomen:

- de scheidingsvlakken tussen de verwarmde ruimte en aangrenzende onverwarmde ruimten;
- de scheidingsvlakken tussen de verwarmde ruimte en aangrenzende verwarmde ruimten;
- lineaire thermische bruggen die een scheidingsvlak vormen tussen scheidingsvlakken en de grond (of water).

## 8.2.2 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van een constructie, $U_c$

### 8.2.2.1 Onderverdeling naar verschillende typen scheidingsconstructies

Voor de berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënt worden scheidingsconstructies onderverdeeld in:

- a) ondoorschijnende constructieonderdelen, niet zijnde deuren of kozijn met vast paneel, zie 8.2.2.2;
- b) constructies met doorschijnende onderdelen (raam of deur (inclusief kozijn), kozijn met vast paneel), zie 8.2.2.3;

Onderdeel 8.2.2.3 beperkt zich wat betreft ramen en deuren tot 1- en 2-vleugelige beweegbare delen, voorzien van enkelvoudige of meervoudige beglazing.

De warmtedoorgangscoëfficiënt van voorzetramen, achterzetramen en (in de thermische transmissierichting) gekoppelde ramen moet worden bepaald volgens 6.4.2.1.2, 6.4.2.1.3 en 6.4.2.2 van NEN-EN-ISO 10077-1:2017.

- c) vliesgevels; de warmtedoorgangscoëfficiënt van vriesgevels wordt bepaald volgens NEN-EN-ISO 12631;

OPMERKING NEN-EN-ISO 12631 vervangt NEN-EN 13947.

- d) industriële, bedrijfs- en garagedeuren; de warmtedoorgangscoëfficiënt van bedrijfs- en garagedeuren moet worden bepaald volgens NEN-EN 12428.

De bepaling van de geometrische karakteristieken gebeurd volgens 6.3.1 van NEN-EN-ISO 10077-1:2017.

Een berekende warmtedoorgangscoëfficiënt van ondoorschijnende constructieonderdelen, die wordt gepresenteerd en/of gebruikt in 8.2.1, formule (8.1), moet rekenkundig op 2 decimalen worden afgerond.

Bij de berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënt worden tussenresultaten niet, of anders ten minste op 4 decimalen, rekenkundig afgerond. Wanneer een warmtedoorgangscoëfficiënt moet worden getoetst aan een met een bepaald aantal decimalen gegeven criterium, dan moet de aldus berekende  $U_c$ -waarde rekenkundig worden afgerond op het gewenste aantal decimalen, bijvoorbeeld met  $U_c = 1,2513$  en een gewenste weergave in 2 decimalen wordt  $U_c = 1,25$ .

Een berekende warmtedoorgangscoëfficiënt van doorschijnende constructieonderdelen (de categorieën b) en c), die wordt gepresenteerd en/of gebruikt in 8.2.1, formule (8.1), moet voor waarden groter dan 1,0 rekenkundig op 1 decimaal worden afgerond en voor waarden onder 1,0 op 2 decimalen.

OPMERKING 2 Deze regel is ontleend aan het voorschrift in 7.2.3 van NEN-EN-ISO 10077-1:2017.

### 8.2.2.2 Ondorschijnende constructiedelen

#### 8.2.2.2.1 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt, $U_c$

De warmtedoorgangscoëfficiënt,  $U_c$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt berekend uit de thermische koppelingscoëfficiënt,  $L$ , en de geprojecteerde oppervlakte van de constructie volgens onderstaande formules.

De toeslagfactor moet worden toegepast als deze meer dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoëfficiënt,  $U_T$ , bedraagt. In andere gevallen bedraagt de toeslagfactor  $\Delta U$  0 W/(m<sup>2</sup>·K).

$$U_C = \frac{U_T}{f_{\text{prac}}} + \Delta U \quad (8.4)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan bijlage F van NEN-EN-ISO 6946:2017, waarbij de praktijk-prestatiefactor is toegevoegd.

waarin:

$\Delta U$  is de toeslagfactor voor eventuele convectie, bevestigingshulpmiddelen en omgekeerd dak, bepaald volgens 8.2.2.2.2, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$f_{\text{prac}}$  is de praktijk-prestatiefactor voor ondoorschijnende constructiedelen, waarvoor geldt  $f_{\text{prac}}=1$ ;

OPMERKING 2 De praktijk-prestatiefactor corrigeert voor het feit dat in de praktijk de prestaties teruglopen en/of de methode niet corrigeert voor typische Nederlandse omstandigheden of toepassingswijze. De praktijk-prestatiefactor is voor ondoorschijnende constructiedelen op 1 gesteld, omdat in de gedeclareerde lambda-waarden al rekening is gehouden met veroudering.

$U_T$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van een totale constructie zonder correctie op de  $U$ -waarde, waarbij:

$$U_T = \frac{L_C}{A_{\text{con}}} \quad (8.5)$$

met:

$A_{\text{con}}$  is de geprojecteerde oppervlakte van het onderdeel, bepaald volgens K.1.3, in m<sup>2</sup>;

$L_C$  is de thermische koppelingscoëfficiënt van het onderdeel, bepaald volgens 8.6, in W/K.

OPMERKING 3 In de numerieke berekeningen volgens 8.6 is de invloed van bevestigingshulpmiddelen (fa) hetzij in de volledige 3D-modellering opgenomen dan wel verwerkt in de eigenschappen van de quasihomogene laag.

In afwijking hiervan mag  $U_T$  ook worden berekend met:

$$U_T = \frac{1}{R_T} \quad (8.6)$$

waarin:

$R_T$  is de warmteweerstand van de totale constructie, bepaald volgens C.1.2 in (m<sup>2</sup>·K)/W.

In afwijking van het voorgaande moet de warmtedoorgangscoëfficiënt van schuin aflopende constructieonderdelen (zoals een dak met afschotisolatie) met een hellingshoek  $\leq 5\%$ , worden bepaald volgens C.4.4.

Voor ventilatieroosters en suskasten moet een  $U_c$ -waarde van 6,2 W/m<sup>2</sup>·K worden gehanteerd.

In afwijking van het voorgaande mag voor ventilatieroosters, leidingdoorvoeren en daarmee vergelijkbare doorvoeren door de scheidingsconstructies, voor zover de totale oppervlakte van deze doorvoeren niet meer bedraagt dan 1 % van de gebruiksoppervlakte van alle verwarmde zones, de  $U_c$ -waarde worden gehanteerd van de constructies waarin deze ventilatieroosters en doorvoeren zijn opgenomen.

**OPMERKING 4** In dat geval hoeft namelijk de desbetreffende oppervlakte niet apart te worden vastgesteld.

**OPMERKING 5** Een vergelijkbare doorvoering is bijvoorbeeld wel de brievenbus, maar niet een (klein) raam of een luik.

Indien de opbouw en samenstelling van de constructie niet bekend zijn, mag de warmtedoorgangscoëfficiënt van de constructie,  $U_c$ , of de warmteweerstand van de constructie,  $R_c$  in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.1.

**OPMERKING 6** Voor het bepalen van de gemiddelde thermische kwaliteit, moet gebruik worden gemaakt van de volgende bepalingsmethode:

$$U_{c;gem} = \frac{U_{c;a} \times A_{T;a} + U_{c;b} \times A_{T;b} + \dots}{A_{T;a} + A_{T;b} + \dots}$$

Als de binnenovergangsweerstand ( $R_{si}$ ) en buitenovergangsweerstand ( $R_{se}$ ) van de verschillende constructies gelijk zijn, dan kan de gemiddelde warmteweerstand ( $R_{c;gem}$ ), analoog aan formule (C.1) als volgt worden bepaald:

$$R_{c;gem} = \frac{1}{U_{c;gem}} - R_{si} - R_{se}$$

waarbij:

$U_{c;gem}$	is de gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt van de constructies, in $W/(m^2 \cdot K)$ ;
$R_{c;gem}$	is de gemiddelde warmteweerstand van de constructies, in $(m^2 \cdot K)/W$ ;
$A_{T;1}, A_{T;2}, \dots$	is de geprojecteerde oppervlakte van het vlakke element 1, 2, ... van de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens K.1.2, in $m^2$ ;
$U_{c;1}, U_{c;2}, \dots$	is de warmtedoorgangscoëfficiënt van vlakke element 1, 2, ... van de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens 8.2.2.2.1, in $W/(m^2 \cdot K)$ ;
$R_{si}$	is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in $(m^2 \cdot K)/W$ ;
$R_{se}$	is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in $(m^2 \cdot K)/W$ .

De thermische isolatieprestatie wordt bepaald op componentniveau. De energieprestatie betreft de prestatie op gebouwniveau. Voor de bepaling van de energieprestatie op gebouwniveau moet bij de berekening dan ook de werkelijke warmteweerstand van de constructie (dus niet de gemiddelde waarde) worden gebruikt.

### 8.2.2.2.2 Bepaling van de toeslagfactor, $\Delta U$

#### 8.2.2.2.2.1 Algemeen

De toeslagfactor voor eventuele convectie, puntvormige bevestigingshulpmiddelen (ankers) en regenwater/drainage (omgekeerd dak), wordt berekend met:

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r \quad (8.8)$$

waarin:

- $\Delta U_a$  is de toeslagfactor voor convectie ('air voids'), bepaald volgens 8.2.2.2.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;
- $\Delta U_{fa}$  is de toeslagfactor voor bevestigingshulpmiddelen (ankers), bepaald volgens 8.2.2.2.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;
- $\Delta U_r$  is de toeslagfactor voor een omgekeerd dak (indien van toepassing), bepaald volgens 8.2.2.2.4, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

**OPMERKING** Zoals toegelicht in 8.2.2.1 moet de toeslagfactor  $\Delta U$  uitsluitend worden toegepast als deze meer dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoëfficiënt,  $U_T$ , bedraagt. In andere gevallen bedraagt de toeslagfactor  $\Delta U$  0  $W/(m^2 \cdot K)$ .

### 8.2.2.2.2 Bepaling van de toeslagfactor voor convectie, $\Delta U_a$

De toeslagfactor voor convectie volgt uit:

$$\Delta U_a = \Delta U'' \times \left( \frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad (8.9)$$

**OPMERKING** Deze formule is ontleend aan D.2 van NEN-EN-ISO 6946:2017, met dien verstande dat deze toeslagfactor in NEN-EN-ISO 6946 wordt aangeduid met  $\Delta U_g$ .

waarin:

$R_1$  is de warmteweerstand van de isolatielaag die luchtopeningen bevat, bepaald als  $R_{calc}$  volgens E.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_T$  is de warmteweerstand van de totale constructie, met verwaarlozing van eventuele thermische bruggen, bepaald volgens formule (C.3) in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$\Delta U''$  is de correctiefactor voor convectie, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , te ontlenen aan tabel 8.2.

**Tabel 8.2 — Correctiefactor voor convectie**

Situatie	$\Delta U''$ W/(m <sup>2</sup> ·K)
0 <b>Geen convectie</b>  Situatie waarbij de isolatie zo is aangebracht dat aan de warme zijde van de isolatie geen luchtcirculatie mogelijk is en waarbij er geen luchtholten zijn die de gehele isolatielaag doorbreken.  OPMERKING Het risico van het optreden van circulatie van lucht rondom de thermische isolatie kan worden uitgesloten in geval van:  a) meerdere, niet-onderbroken isolatielagen met verspringende naden tussen de afzonderlijke isolatielagen, zonder onderbreking van de isolatielaag met constructie-elementen (regels, balken); b) meerdere isolatielagen, waarvan één isolatielaag doorlopend, zonder onderbreking van de isolatielaag met constructie-elementen (regels, balken); c) een enkele, niet-onderbroken isolatielaag met speciale uitvoering van de (tussen)naden van de isolatieplaten (diverse sponningsvormen, of naden voorzien van een afdichting, bijvoorbeeld met tape); of een isolatielaag van samendrukbaar isolatiemateriaal waarbij het materiaal ter plaatse van de naden stotend tegen elkaar is aangebracht; d) enkel- of meervoudige isolatielagen tussen constructie-elementen zoals balken, sporen of dergelijke, waarbij de isolatie overal goed tegen de constructie-elementen aansluit, hetzij door knellende plaatsing in geval van samendrukbare isolatie, hetzij door voegvulling of aftaping in geval van harde isolatie; e) een geprefabriceerd, luchtdicht isolatie-element, waarbij de thermische isolatie in het element niet is onderbroken door constructie-elementen en geheel sluitend (zonder luchthopeningen) in het element is opgesloten;  en wanneer daarbij sprake is van een vlakke ondergrond over de gehele oppervlakte aan de 'warme' zijde van de thermische isolatie, waarbij de isolatie over de gehele oppervlakte nauw aansluit op de ondergrond. Van een vlakke ondergrond is sprake indien het risico van (plaatselijke) onregelmatigheden met een dikte 5 mm of meer, geheel kan worden uitgesloten.	0,00
1 <b>Zwakke convectie</b>  Situaties waarbij de isolatie zo is aangebracht dat luchtholten de isolatielaag kunnen doorbreken maar dat aan de warme zijde van de isolatie geen luchtcirculatie mogelijk is.  OPMERKING Deze situatie is van toepassing in gevallen waarop situatie 0 en situatie 2 niet van toepassing zijn.	0,01

Situatie	$\Delta U''$ W/(m <sup>2</sup> ·K)
<p><b>2 Sterke convectie</b>            Situaties waarbij de isolatie zo is aangebracht dat luchtholten de isolatielaag doorbreken en waarbij aan de warme zijde van de isolatie luchtcirculatie mogelijk is.</p> <p><b>OPMERKING</b> Het risico van het optreden van circulatie van lucht rondom de thermische isolatie kan niet worden uitgesloten, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— wanneer een niet-samendrukbaar isolatiemateriaal, zonder luchtdichte afdichting van (tussen)naden, aansluit op een (gedeeltelijk) niet-vlakke ondergrond aan de ‘warme’ zijde van de thermische isolatie in combinatie met aanwezigheid van een luchtpouw (5 mm of meer) aan de koude zijde van de isolatie. Van een niet-vlakke ondergrond is sprake indien er een risico bestaat van (plaatselijke) onregelmatigheden met een dikte 5 mm of meer, waardoor de isolatieplaat gaat ‘schotelen’;</li> <li>— bij een luchtpouw (dikte 5 mm of meer) aanwezig is aan de ‘warme’ en ‘koude’ zijde van de thermische isolatie en de aanwezigheid van openingen ter plaatse van (tussen)naden van de thermische isolatie niet kunnen worden uitgesloten.</li> </ul>	0,04

#### 8.2.2.2.2.3 Bepaling van de toeslagfactor voor bevestigingshulpmiddelen, $\Delta U_{fa}$

De toeslagfactor  $\Delta U_{fa}$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), voor bevestigingshulpmiddelen (ankers of andere puntvormige doorvoeringen) volgt uit:

$$\Delta U_{fa} = n_{fa} \times \chi_{fa} \quad (8.10)$$

**OPMERKING 1** Deze formule is ontleend aan F.3.1 van NEN-EN-ISO 6946:2017.

waarin:

$n_{fa}$  is het aantal bevestigingshulpmiddelen per m<sup>2</sup>, in m<sup>-2</sup>;

$\chi_{fa}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de puntvormige thermische brug (het bevestigingshulpmiddel), bepaald volgens 8.2.4.2, in W/K.

De toeslagfactor  $\Delta U_{fa}$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), voor bevestigingshulpmiddelen kan ook op een wijze vergelijkbaar aan berekening van de andere toeslagfactoren worden bepaald:

$$\Delta U_{fa} = \alpha_{fa} \times \left( \frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad (8.11)$$

**OPMERKING 2** Deze formule is ontleend aan F.3.2 van NEN-EN-ISO 6946:2017.

waarin:

$R_1$  is de warmteweerstand van de isolatielaag die wordt doorbroken door de bevestigingshulpmiddelen, bepaald, voor de isolatielaag zonder bevestigingshulpmiddelen, als  $R_{calc}$  volgens E.2, in (m<sup>2</sup>·K)/W;

$R_T$  is de warmteweerstand van de totale constructie, zonder correctie op de  $U$ -waarde, bepaald volgens formule (C.3) in (m<sup>2</sup>·K)/W;

$\alpha_{fa}$  is de correctiefactor voor bevestigingshulpmiddelen, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , waarbij:

- in geval van berekening van  $U_C$  vanuit de thermische koppelingscoëfficiënt  $L_C$ , volgens formule (8.4):

$$\alpha_{fa} = 0$$

OPMERKING 3 In  $L_C$  (zie formule (8.5)) zijn de effecten van bevestigingshulpmiddelen reeds meegenomen; de correctie voor ankers is reeds verdisconteerd in de quasihomogene laag, zie 8.6.3.

- in geval van berekening van  $U_C$  vanuit  $U_T$ , volgens formule (8.6):

$$\alpha_{fa} = \left( 0,8 \times \frac{d_{fa}}{d_{iso}} \right) \times \frac{(n_{fa} \times \lambda_{fa} \times A_{fa})}{d_{iso}} \quad (8.12)$$

waarin:

$\lambda_{fa}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de bevestigingshulpmiddelen, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$A_{fa}$  is de netto-oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de puntvormige doorvoering van het bevestigingshulpmiddel, in  $m^2$ ;

$d_{iso}$  is de dikte van de isolatielaag, in m;

$d_{fa}$  is de indringingsdiepte van het bevestigingshulpmiddel in de isolatielaag, in m;

$n_{fa}$  is het aantal bevestigingsmiddelen per  $m^2$  in de isolatielaag.

#### 8.2.2.2.2.4 Bepaling van de toeslagfactor voor een omgekeerd dak, $\Delta U_r$

De toeslagfactor voor een omgekeerd dak waarbij de neerslag onder de isolatie over een waterdicht membraan wordt afgevoerd, volgt uit:

$$\Delta U_r = (p \times f_x) \times \left( \frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad (8.13)$$

OPMERKING 1 De formule is ontleend aan F.6t van NEN-EN-ISO 6946:2017.

waarin:

$R_1$  is de warmteweerstand van de isolatielaag van het omgekeerd dak, bepaald als  $R_{calc}$  volgens E.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_T$  is de warmteweerstand van de totale constructie, zonder correctie op de  $U$ -waarde, bepaald volgens formule (C.3), in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$p$  is de gemiddelde neerslaghoeveelheid per dag, te weten 2,105 mm/day;

OPMERKING 2 Dit is de gemiddelde neerslag per dag over de maanden oktober t/m april in het tijdvak 1971-2000, als gemiddelde van vijftien relevante Nederlandse weerstations, zoals geregistreerd door het KNMI.

$f_x$  is de gecombineerde invloed van de mate van drainage van het omgekeerddaksysteem,  $f$ , in het warmteverlies door regenwater,  $x$ , dat tussen de isolatielaag en het waterdichte membraan stroomt, in  $(W \cdot day)/(m^2 \cdot K \cdot mm)$ .

Voor de gecombineerde factor  $f_x$  gelden de volgende getalswaarden:

- a) in geval van een isolatielaag van geëxtrudeerd polystyreeneschuim (XPS):
- bij toepassing in een tuindak,  $f_x = 0,02 \text{ (W}\cdot\text{day})/(\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{mm})$ ;
  - voor platen voorzien van een randafwerking (bijvoorbeeld sponning of tand en groef),  $f_x = 0,03 \text{ (W}\cdot\text{day})/(\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{mm})$ ;
  - voor platen zonder randafwerking (rechte kanten),  $f_x = 0,04 \text{ (W}\cdot\text{day})/(\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{mm})$ ;
  - in geval van een omgekeerd dak waarbij de neerslag op gecontroleerde wijze door middel van een dampopen en waterdichte scheidingslaag over de isolatie wordt afgevoerd:  
 $f_x = 0,01 \text{ (W}\cdot\text{day})/(\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{mm})$ ;
- b) in geval van een andere isolatielaag dan XPS,  $f_x = 0,05 \text{ (W}\cdot\text{day})/(\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{mm})$ .

### 8.2.2.3 Constructies met doorschijnende onderdelen

#### 8.2.2.3.1 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van ramen en raamdeuren, $U_W$

OPMERKING 1 Onder een raamdeur wordt verstaan een raam als deur, hierbij is het lichtdoorlatende deel rondom voorzien van een enkelvoudig kader.

De warmtedoorgangscoëfficiënt van een raam of een raamdeur,  $U_W$  in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , volgt uit:

$$U_W = \frac{\sum A_{gl} \times \frac{U_{gl}}{f_{prac}} + \sum A_{fr} \times U_{fr} + \sum l_{gl} \times \psi_{gl}}{A_{gl} + A_{fr}} \quad (8.14)$$

OPMERKING 2 Deze formule is ontleend aan hoofdstuk 6 van NEN-EN-ISO 10077-1:2017, waarbij de praktijk-prestatiefactor is toegevoegd.

In afwijking hiervan mag de warmtedoorgangscoëfficiënt van een raam of een raamdeur worden bepaald met:

$$U_W = \max(U_1; U_2) \quad (8.15)$$

waarin:

$$U_1 = 0,7 \times \frac{U_{gl}}{f_{prac}} + 0,3 \times U_{fr} + 2,5 \times \psi_{gl} \quad (8.16)$$

$$U_2 = 0,8 \times \frac{U_{gl}}{f_{prac}} + 0,2 \times U_{fr} + 2,5 \times \psi_{gl} \quad (8.17)$$

waarin:

$A_{gl}$  is de kleinste van de zichtbare oppervlakten van de beglazing, bepaald volgens K.2.1, in  $\text{m}^2$ ;

$U_{gl}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de beglazing, bepaald volgens 8.2.2.3.5.1, in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ;

$f_{prac}$  is de praktijk-prestatiefactor, waarvoor geldt  $f_{prac}=1$ ;

**OPMERKING 3** De praktijk-prestatiefactor corrigeert voor het feit dat in de praktijk de prestaties teruglopen en/of de methode niet corrigeert voor typische Nederlandse omstandigheden of toepassingswijze. De praktijk-prestatiefactor is voor beglazing op 1 vastgesteld, omdat in de bepaling van de  $U$ -waarde al rekening wordt gehouden met teruglopende prestaties ten gevolge van gasuitstoting en vochtindringing.

- $A_{fr}$  is de geprojecteerde kozijnoppervlakte, bepaald volgens K.2.3, in  $m^2$ ;
- $U_{fr}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het kozijn, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;
- $\ell_{gl}$  is de zichtbare omtrekken van de beglazing, bepaald volgens K.2.2, in m;
- $\psi_{gl}$  is de lineaire warmteverliescoëfficiënt als gevolg van de gecombineerde effecten van beglazing, afstandhouder en kozijn, bepaald volgens 8.2.3.2, in  $W/(m \cdot K)$ ;

en waarin voor een nadere uitleg van de geïndexeerde grootheden  $A$  en  $\ell$  wordt verwezen naar bijlage K.

Hierbij geldt dat voor alle ramen en raamdeuren dezelfde keuze moet worden gemaakt; hetzij bepaling volgens formule (8.14), dan wel bepaling volgens formule (8.15).

De rekenwaarde voor de warmtedoorgangscoëfficiënt van een raam, inclusief kozijn,  $U_{W,calc}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , mag ook worden ontleend aan tabel 8.3.

**Tabel 8.3 — Warmtedoorgangscoëfficiënten ( $U_{W;\text{calc}}$ ) van ramen voor verschillende kozijntypen**

$U_{gl}^a$ W/m <sup>2</sup> ·K	Kozijntype		
	A <sup>b</sup>	B <sup>c</sup>	C <sup>d</sup>
	$U_{W;\text{calc}}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)		
5,8	5,2	5,4	6,2
3,3	3,3	3,6	4,5
3,2	3,2	3,6	4,4
3,0	3,0	3,4	4,2
2,8	2,9	3,3	4,1
2,6	2,8	3,2	4,0
2,4	2,6	3,1	3,9
2,2	2,5	2,9	3,7
2,0	2,3	2,8	3,6
1,8	2,2	2,6	3,5
1,6	2,0	2,5	3,3
1,4	1,9	2,4	3,2
1,2	1,8	2,2	3,0
1,0	1,6	2,1	2,9
0,9	1,5	2,0	2,8
0,7	1,4	1,9	2,7
0,5	1,3	1,7	2,5

<sup>a</sup> Ontleen de waarde van  $U_{gl}$  aan bijlage G.  
<sup>b</sup> Kozijntype A is een kozijn van hout of kunststof waarvoor een forfaitaire  $U$ -waarde van 2,4 W/(m<sup>2</sup>·K) in rekening is gebracht.  
<sup>c</sup> Kozijntype B is een metalen kozijn met thermische onderbreking die voldoet aan de in bijlage C van deze NTA gegeven voorwaarden en waarvoor een forfaitaire  $U$ -waarde van 3,8 W/(m<sup>2</sup>·K) in rekening is gebracht.  
<sup>d</sup> Kozijntype C is een metalen kozijn zonder (voldoende) thermische onderbreking en waarvoor een forfaitaire  $U$ -waarde van 7,0 W/(m<sup>2</sup>·K) in rekening is gebracht.

OPMERKING 1 Interpoleer rechtlijnig voor tussenliggende waarden.

OPMERKING 2 De warmtedoorgangscoëfficiënt voor metalen kozijnen kan afhankelijk van de dikte van thermische onderbreking worden bepaald aan de hand van bijlage F.4 van NEN-EN-ISO 10077-1:2017. Om de daarmee berekende waarden te kunnen gebruiken, moet worden voldaan aan de daar aangegeven randvoorwaarden.

OPMERKING 3 Voor beter isolerende beglazing zijn in Nederland de klasse-aanduidingen HR, HR+ en HR++ respectievelijk ZHR, ZHR+ en ZHR++ ingevoerd.

Voor HR gelden de volgende eisen:

$1,6 < U_{gl} \leq 2,0$  W/(m<sup>2</sup> K) en

LTA-waarde  $\geq 70\%$ ;

Voor HR+ gelden de volgende eisen:

$1,2 < U_{gl} \leq 1,6$  W/(m<sup>2</sup> K) en

LTA-waarde  $\geq 70\%$ ;

Voor HR++ gelden de volgende eisen:

$U_{gl} \leq 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  en

LTA-waarde  $\geq 70\%$ .

De lichttoetredingsfactor *LTA* is gedefinieerd als het quotiënt van de hoeveelheid van de doorgelaten zichtbare zonnestraling en die van de opvallende zichtbare zonnestraling per oppervlakte en per tijd bij loodrechte invalshoek. *LTA* wordt bepaald volgens NEN-ISO 9050. De LTA heet in deze norm  $\tau_v$ . Overigens is de lichttoetredingsfactor in de praktijk (andere invalshoeken) circa 10 % lager.

De kwalificaties ZHR, ZHR+ en ZHR++ gaan uit van overeenkomstige *U*-waarden, maar afwijkende LTA-waarden en een eis aan de *g*-waarde.

Indien de warmtedoorgangscoëfficiënt van een raam of een raamdeur, *U<sub>w</sub>*, niet bekend is, mag deze in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.2.

### 8.2.2.3.2 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van deuren met glas en panelen, *U<sub>D</sub>*

De warmtedoorgangscoëfficiënt van een deur met beglazing en panelen, *U<sub>D</sub>*, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ , volgt uit:

$$U_D = \frac{\sum A_{gl} \cdot \frac{U_{gl}}{f_{prac}} + \sum A_p \cdot U_p + \sum A_{fr} \cdot U_{fr} + \sum \ell_{gl} \cdot \psi_{gl} + \sum \ell_p \cdot \psi_p}{A_{gl} + A_p + A_{fr}} \quad (8.18)$$

OPMERKING 1 Berekening ontleend aan hoofdstuk 6 van NEN-EN-ISO 10077-1:2017.

OPMERKING 2 Formule (8.18) is ook toepasbaar in het geval er sprake is van een ander beweegbaar deel, anders dan een deur, bijvoorbeeld een paneel.

waarin:

- $A_{gl}$  is de kleinste van de zichtbare oppervlakten van de beglazing, bepaald volgens K.2.1, in  $\text{m}^2$ ;
- $U_{gl}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de beglazing, bepaald volgens 8.2.2.3.5.1, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- $f_{prac}$  is de praktijk-prestatiefactor voor ondoorschijnende constructiedelen, waarvoor geldt  $f_{prac}=1$ ;
- $A_p$  is de kleinste van de zichtbare oppervlakten van het paneel, bepaald volgens K.2.1, in  $\text{m}^2$ ;
- $U_p$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het paneel of het deurblad, bepaald volgens 8.2.2.3.5.2, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- $A_{fr}$  is de geprojecteerde kozijnoppervlakte, bepaald volgens K.2.3, in  $\text{m}^2$ ;
- $U_{fr}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het kozijn, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ;
- $\ell_{gl}$  is de zichtbare omtrekken van de beglazing, bepaald volgens K.2.2, in m;
- $\psi_{gl}$  is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt als gevolg van de gecombineerde effecten van beglazing, afstandhouder en kozijn, bepaald volgens 8.2.3.2, in  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;

- $\ell_p$  is de zichtbare omtrekken van het paneel, bepaald volgens K.2, in m;
- $\psi_p$  is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt als gevolg van de gecombineerde effecten van paneel en kozijn, bepaald volgens 8.2.3.3, in W/(m·K);

en waarbij voor een nadere uitleg van de geïndexeerde grootheden  $A$  en  $\ell$  wordt verwezen naar bijlage K.

Indien de warmtedoorgangscoëfficiënt van een deur met glas of paneel,  $U_D$ , niet bekend is, mag deze in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.2.

### 8.2.2.3.3 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van deuren en kozijnen zonder beglazing, $U_D$

De warmtedoorgangscoëfficiënt van een deur zonder beglazing of een kozijn met vast paneel (niet zijnde glas) volgt uit (8.18) met  $A_{gl} = 0 \text{ m}^2$  en  $\ell_{gl} = 0 \text{ m}$ , zodat:

$$U_D = \frac{\sum A_p \cdot U_p + \sum A_{fr} \cdot U_{fr} + \sum \ell_p \cdot \psi_p}{A_p + A_{fr}} \quad (8.19)$$

waarin:

- $A_p$  is de kleinste van de zichtbare oppervlakten van het paneel, bepaald volgens K.2.1, in  $\text{m}^2$ ;
- $U_p$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het paneel of het deurblad, bepaald volgens 8.2.2.3.5.2, in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ;
- $A_{fr}$  is de geprojecteerde kozijnoppervlakte, bepaald volgens K.2.3, in  $\text{m}^2$ ;
- $U_{fr}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het kozijn, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ;
- $\ell_p$  is de zichtbare omtrekken van het paneel, bepaald volgens K.2, in m;
- $\psi_p$  is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt als gevolg van de gecombineerde effecten van paneel en kozijn, bepaald volgens 8.2.3.3, in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Als rekenwaarde voor de warmtedoorgangscoëfficiënt van een deur, inclusief houten kozijn,  $U_{D;calc}$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , mag in afwijking van formule (8.19) het volgende worden gehanteerd:

— voor een deur zonder lichtdoorlatende delen bedraagt: inclusief houten kozijn

$$U_{D;calc} = 3,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}) \quad (8.20)$$

— voor een thermisch isolerende deur:

$$U_{D;calc} = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}) \quad (8.21)$$

Een thermisch isolerende deur is een deur van hout of kunststof, zonder lichtdoorlatende delen, die over ten minste 65 % van de totale oppervlakte een ononderbroken isolatielaag bevat met een  $R_C$ -waarde, bepaald volgens C.1.2, van ten minste  $R_C = 0,4 \text{ (m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ .

Indien de warmtedoorgangscoëfficiënt van een deur zonder beglazing of een kozijn met vast paneel,  $U_D$ , niet bekend is, mag deze in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.2.

#### 8.2.2.3.4 Warmtedoorgangscoëfficiënt van raam met luik, rolluik of zonwering, $U_{W+shut}$

Een luik, rolluik of zonwering zorgt voor een extra warmteweerstand, zowel door de luchtlag tussen het raam en het luik, rolluik of zonwering als door het luik, rolluik of zonwering zelf, zie figuur 8.3.

De extra warmteweerstand van een luik, rolluik of zonwering mag in de volgende situaties worden meegerekend:

- Automatisch geregelde luiken, rolluiken of buitenzonwering wanneer in de automatische regeling is voorzien dat de luiken, rolluiken of buitenzonwering gedurende het stookseizoen minimaal 's nachts automatisch worden gesloten.
- Automatisch geregelde binnenzonwering wanneer deze een onlosmakelijk onderdeel uitmaakt van het klimatiseringssysteem van het gebouw en in de automatische regeling is voorzien dat de binnenzonwering gedurende het stookseizoen minimaal 's nachts automatisch wordt gesloten.
- Voor woonfuncties in geval van vanuit de woonfunctie bedienbare luiken of rolluiken.

Hierbij geldt als voorwaarde dat het luik, het rolluik of de buitenzonwering het volledige raam inclusief kozijn bedekt.

De effectieve warmtedoorgangscoëfficiënt van een raam met een luik, rolluik of zonwering wordt berekend met de volgende formule:

$$U_w = (1 - f_{shut;with}) \cdot U_w + f_{shut;with} \cdot U_{w+shut} \quad (8.22)$$

waarin:

$U_w$  is de effectieve warmtedoorgangscoëfficiënt van een raam met een luik, rolluik of zonwering;

$U_w$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het raam, wanneer het luik, het rolluik of de zonwering niet in gebruik is, bepaald volgens 8.2.2.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$U_{w+shut}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het raam in combinatie met het luik, het rolluik of de zonwering, wanneer het luik, het rolluik of de zonwering in gebruik is, zoals hieronder bepaald, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$f_{shut;with}$  is de gewogen fractie van de tijd dat het luik, het rolluik of de zonwering in gebruik is, waarvoor de volgende getalswaarde geldt:  $f_{shut;with} = 0,5$ .

**OPMERKING** Het is hierbij van belang dat door het sluiten van luiken, rolluiken of zonwering noodzakelijke ventilatievoorzieningen niet worden belemmerd.

De warmtedoorgangscoëfficiënt van een raam met gesloten luik, rolluik of zonwering,  $U_{W+shut}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt bepaald met:

$$U_{W+shut} = \frac{1}{\left( \frac{1}{U_w} + \Delta R \right)} \quad (8.23)$$

waarin:

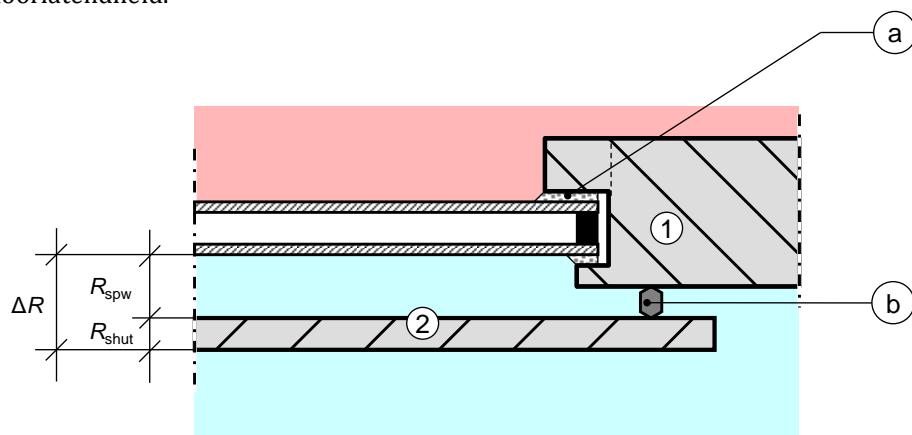
$U_W$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het raam zonder luik, rolluik of zonwering, bepaald volgens 8.2.2.3.1, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

$\Delta R$  is de additionele warmteweerstand van het luik, het rolluik of de zonwering, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , voor luiken, rolluiken en buitenzonwering bepaald volgens NEN-EN 13125, voor binnenzonwering bepaald volgens onderstaande tabel.

**Tabel 8.4 — Default waarden voor de additionele warmteweerstand van een binnenzonwering**

Type	$\Delta R$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$
Binnenzonwering met gemitalliseerde laag	0,15
Binnenzonwering zonder gemitalliseerde laag	0,05

**OPMERKING**  $\Delta R$  hangt af van de warmtetransmissie-eigenschappen van het luik, het rolluik of de zonwering en van de luchtdoorlatendheid.



#### Legenda

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1 kozijn met beglazing       | a) kitrand/beglazingsrubber                             |
| 2 luik, rolluik of zonwering | b) afsluiting tussen raam en luik, rolluik of zonwering |

**Figuur 8.3 — Raam met luik, rolluik of zonwering aan de buitenzijde**

#### 8.2.2.3.5 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van beglazing, panelen of kozijn

##### 8.2.2.3.5.1 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van beglazing, $U_{gl}$

Voor de warmtedoorgangscoëfficiënt van enkele beglazing,  $U_{gl}$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , geldt:

$$U_{gl} = 5,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}). \quad (8.24)$$

De warmtedoorgangscoëfficiënt van meervoudige beglazing,  $U_{gl}$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , wordt bepaald volgens hoofdstuk 4 van NEN-EN 674:2011.

In afwijking hiervan kan de warmtedoorgangscoëfficiënt van meervoudige beglazing ook worden ontleend aan:

- hoofdstuk 5 van NEN-EN 673:2011;

- hoofdstuk 4 van NEN-EN 675:2011, of
- bijlage G van deze NTA.

#### 8.2.2.3.5.2 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van panelen en deurbladen, $U_p$

De warmtedoorgangscoëfficiënt van panelen en deurbladen,  $U_p$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , wordt bepaald volgens 8.2.2.2.

Voor de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van deurbladen mag, in plaats van de numerieke berekening in 8.2.2.2, ook gebruik worden gemaakt van de handberekening volgens C.1.2 onder voorwaarde dat de verhouding van de warmtegeleidingscoëfficiënt van twee verschillende materialen in het deurblad (schroeven, spijkers enzovoort zijn uitgesloten) niet groter is dan 1:5.

**OPMERKING** De genoemde voorwaarde is afkomstig uit 6.3.2.4 van NEN EN ISO 10077-1:2017.

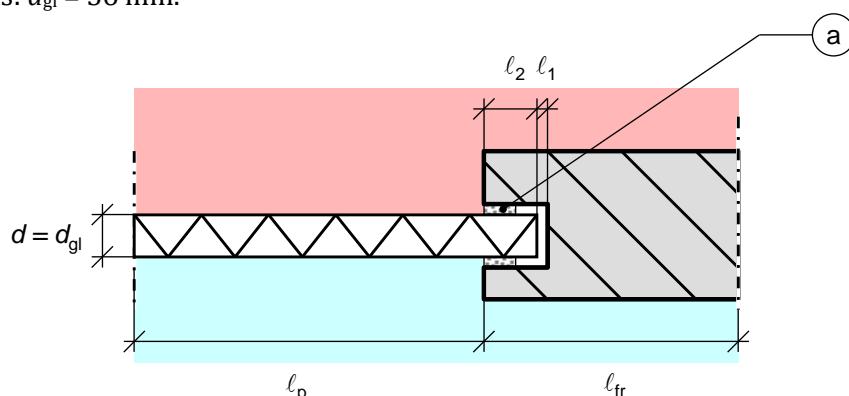
#### 8.2.2.3.5.3 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van een kozijn, $U_{fr}$

De berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënt van een kozijn,  $U_{fr}$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , wordt volgens F.1 van NEN-EN-ISO 10077-2:2017 uitgevoerd.

Voor de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van een kozijn,  $U_{fr}$ , wordt de doorsnede van het rekendetail in die zin aangepast dat de beglazing wordt vervangen door een homogeen paneel van een materiaal met een warmtegeleidingscoëfficiënt van  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Daarbij mag de ruimte  $\ell_1$  tussen het paneel en het kozijn niet groter zijn dan 5 mm, waarbij de overlap  $\ell_2$  van het paneel en het kozijn gelijk is aan die van de vervangen beglazing.

De zichtbare lengte van het paneel is  $\ell_p = 190 \text{ mm}$ , de dikte  $d$  moet gelijk zijn aan de dikte  $d_{gl}$  van de beglazing (zie figuur 8.4) indien het kozijn voor een specifieke beglazing is bestemd. Indien het kozijn voor meerdere soorten beglazing met variërende dikten kan worden gebruikt, moet voor de dikte van het paneel worden aangehouden:

- dubbel glas:  $d_{gl} = 24 \text{ mm}$ ;
- drievoudig glas:  $d_{gl} = 36 \text{ mm}$ .



#### Legenda

- $\ell_1$  ruimte tussen kozijn en paneel;  $\ell_1 \geq 5 \text{ mm}$   
 $\ell_2$  overlap paneel en kozijn  
 $\ell_p$  lengte/breedte van het paneel;  $\ell_p \geq 190 \text{ mm}$   
 $\ell_f$  lengte/breedte van het frame  
 $d_{gl}$  dikte van het paneel met  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

- a kitrand/beglazingsrubber

**Figuur 8.4 — Kozijn met glasvervangend paneel**

De warmtedoorgangscoëfficiënt van het kozijn,  $U_{fr}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , volgt dan uit:

$$U_{fr} = \frac{(L^{2D} - U_p \times \ell_p)}{\ell_{fr}} \quad (8.25)$$

waarin:

$\ell_{fr}$  is de geprojecteerde breedte van de kozijndoorsnede, bepaald volgens bijlage K, in m;

$\ell_p$  is de zichtbare lengte van het paneel, bepaald volgens bijlage K, in m;

$L^{2D}$  is de 2D-thermische koppelingscoëfficiënt van het in figuur 8.4 geschatste rekendetail, bepaald volgens 8.6.2.1, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$U_p$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het paneel, bepaald volgens formule (8.6),

waarbij  $R_T = R_p = \frac{d_p}{\lambda_p}$ , met  $\lambda_p = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

Bij bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van ramen volgens formule (8.16) en formule (8.17) moet de oppervlakte gewogen warmtedoorgangscoëfficiënt van het kozijn ( $U_{fr}$ ) worden bepaald op basis van een kozijnoppervlak van  $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$ . Als er sprake is van draaiende delen, moet voor de oppervlakte gewogen warmtedoorgangscoëfficiënt het gehele kozijn als raamkozijn met een oppervlak van  $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$  worden beschouwd.

Bij bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van raamdeuren volgens formule (8.16) en formule (8.17) moet de oppervlakte gewogen warmtedoorgangscoëfficiënt van het kozijn ( $U_{fr}$ ) worden bepaald op basis van een kozijnoppervlak van  $1,23 \text{ m} \times 2,18 \text{ m}$ .

**OPMERKING** In de praktijk heeft een raam veelal verschillende kozijndetailleringen (bovendorpel, onderdorpel, (tussen-)stijlen en kalven) met verschillende  $U_{fr}$ -waarden als gevolg. Omdat in formule (8.16) en formule (8.17) gerekend wordt met een  $U_{fr}$ -waarde wordt de oppervlakte gewogen gemiddelde  $U_{fr}$ -waarde bepaald.

### 8.2.3 Bepaling lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van thermische bruggen, $\psi$

#### 8.2.3.1 Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt

De waarde van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt,  $\psi$ , in  $W/(m \cdot K)$ , van een onderlinge aansluiting tussen (constructie)onderdelen wordt berekend met:

$$\psi = L^{2D} - \sum_i (\ell_i \times U_{T,i}) \quad (8.26)$$

**OPMERKING 1** Deze formule is ontleend aan 11.2 van NEN-EN-ISO 10211:2017.

**OPMERKING 2** Lineaire thermische bruggen die vallen binnen de in bijlage K gedefinieerde geprojecteerde oppervlakte van de (constructie)onderdelen zijn reeds in rekening gebracht bij de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënten volgens 8.2.2.

waarin:

$L^{2D}$  is de thermische koppelingscoëfficiënt van het 2D-rekendetail, bepaald volgens 8.6.1.2, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$\ell_i$  is de breedte van het in het rekendetail als flankerend element opgenomen deel van het (constructie)onderdeel  $i$ , in m;

$U_{T,i}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van (constructie)onderdeel  $i$ , als bedoeld in formule (8.5) dan wel (8.6), in W/(m<sup>2</sup>·K).

In afwijking hiervan mag de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt,  $\psi_{\text{for}}$ , in W/(m·K), ook worden ontleend aan bijlage I.

OPMERKING 3 Het lineaire warmteverlies van de onderlinge aansluitingen kan worden afgeleid van  $\Psi$ -waardes van reeds berekende details volgens 8.2.3.1, waaronder bijvoorbeeld de ISSO Referentiedetails. Voor kleine afwijkingen op deze details wordt een toeslag van 25 % op de  $\Psi$ -waarde berekend volgens 8.2.3.1. Onder kleine afwijkingen wordt verstaan:

- Het binnenspouwblad of buitenspouwblad mag dikker of dunner uitgevoerd worden.
- De  $R_{\text{calc}}$  van de isolatielagen, bepaald volgens bijlage E.2, bedraagt ten minste 85 % van de  $R_{\text{calc}}$  van de isolatielagen van het numeriek berekende detail.

### 8.2.3.2 Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de beglazingsrand in een kozijn, $\psi_{\text{gl}}$

De waarde van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de glasrand,  $\psi_{\text{gl}}$ , in W/(m·K), volgt uit:

$$\psi_{\text{gl}} = L^{2D} - U_{\text{fr}} \times \ell_{\text{fr}} - U_{\text{gl}} \times \ell'_{\text{gl}} \quad (8.27)$$

waarin:

$L^{2D}$  is de 2D-thermische koppelingscoëfficiënt van het rekendetail, bepaald volgens 8.6.1.2, in W/(m·K);

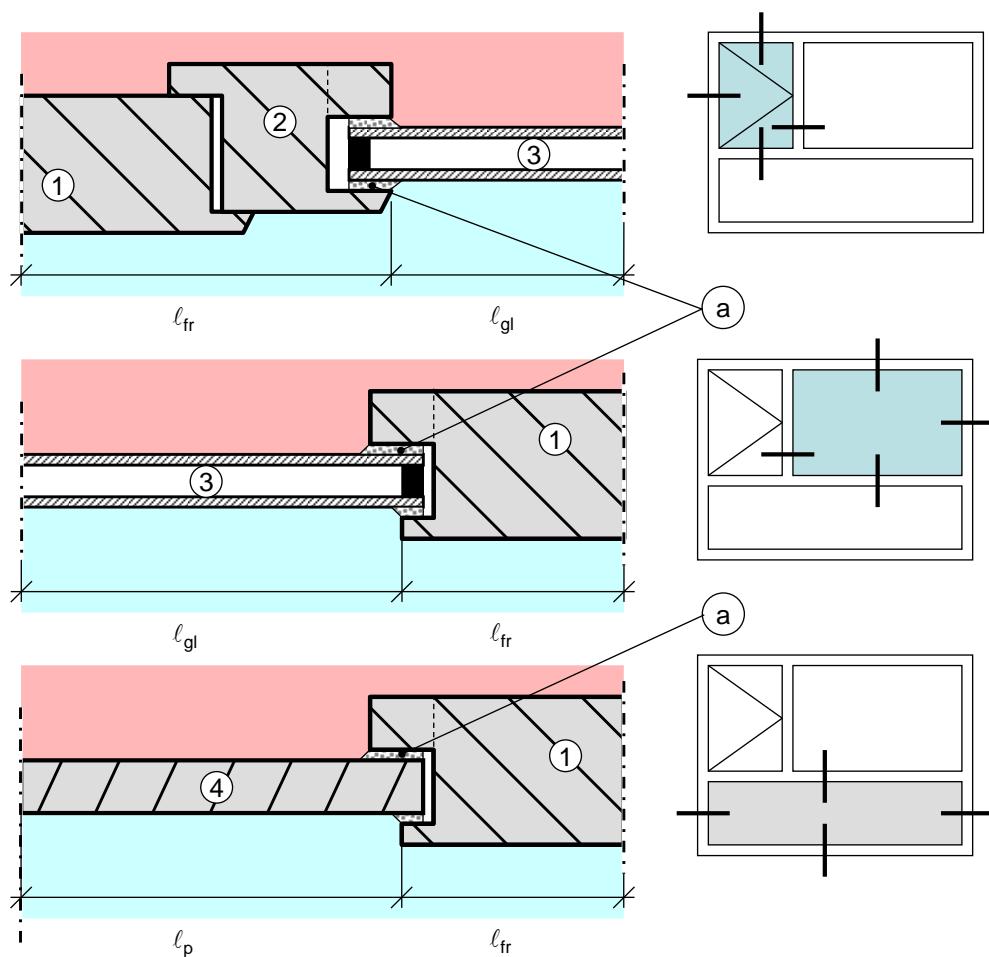
$U_{\text{fr}}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de kozijndoorsnede, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$\ell_{\text{fr}}$  is de geprojecteerde breedte van de kozijndoorsnede, bepaald volgens bijlage K, in m;

$U_{\text{gl}}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de beglazing, bepaald volgens 8.2.2.3.5.1, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$\ell'_{\text{gl}}$  is de zichtbare lengte van het deel van de bij de berekening meegenomen beglazing, bepaald volgens bijlage K, in m.

De afmetingen van de in rekening te brengen aftrekposten voor kozijnen en glas of paneel van de 2D-thermische koppelingscoëfficiënt van rekendetails van een kozijn, beglazing en afstandhouder is schematisch weergegeven in figuur 8.5.

**Legenda**

- $\ell_{fr}$  geprojecteerde lengte/breedte van de kozijndoorsnede
- $\ell_{gl}$  lengte/breedte van het deel van de bij de berekening meegenomen beglazing
- $\ell_p$  lengte/breedte van het deel van het bij de berekening meegenomen paneel
- 1 kozijn, vast
- 2 kozijn, beweegbaar
- 3 beglazing
- 4 paneel
- a kitrand/beglazingsrubber

**Figuur 8.5 — Rekendetail van kozijn, beglazing/paneel en afstandhouder**

In afwijking van de bepaling van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de glasrand,  $\psi_{gl}$ , in  $W/(m \cdot K)$ , mag de waarde ook worden ontleend aan bijlage I.

**8.2.3.3 Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van een paneelrand in een kozijn,  $\psi_p$** 

De berekening van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de paneelrand wordt volgens 8.2.3.2 uitgevoerd, met dien verstande dat de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt,  $\psi_p$ , in  $W/(m \cdot K)$ , wordt bepaald met:

$$\psi_p = L^{2D} - U_{fr} \times \ell_{fr} - U_p \times \ell_p \quad (8.28)$$

waarin:

- $L^{2D}$  is de 2D-thermische koppelingscoëfficiënt van het rekendetail, bepaald volgens 8.6.1.2, in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;
- $U_{fr}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de kozijndoorsnede, bepaald volgens 8.2.2.3.5.3, in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ;
- $\ell_{fr}$  is de geprojecteerde breedte van de kozijndoorsnede, bepaald volgens bijlage K, in m;
- $U_p$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het paneel, bepaald volgens 8.2.2.3.5.2, in  $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ;
- $\ell_p'$  is de zichtbare lengte van het deel van het bij de berekening meegenomen paneel, bepaald volgens bijlage K, in m.

## 8.2.4 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt van puntvormige thermische bruggen, $\chi$

### 8.2.4.1 Algemeen

Naast alle bevestigingshulpmiddelen zoals behandeld in 8.2.2.2.3 moeten ook alle andere constructieve verankeringen en (hulp)constructies die kunnen worden beschouwd als regelmatig voorkomende puntvormige thermische bruggen worden meegenomen in de berekening. Hierbij gelden de volgende voorwaarden:

- Onder regelmatig voorkomend wordt verstaan dat de thermische brug tenminste één keer per  $20 \text{ m}^2$  oppervlakte van de niet doorschijnende scheidingsconstructie, waar deze puntvormige thermisch brug zich in bevindt, voorkomt.
- Regelmatig voorkomende puntvormige thermische bruggen worden alleen in rekening gebracht indien de scheidingsconstructie waar deze puntvormige thermisch brug zich in bevindt een  $R_c$ -waarde heeft die groter of gelijk is aan  $3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ .
- Regelmatig voorkomende puntvormige thermische bruggen worden alleen in rekening gebracht wanneer de oppervlakte of doorsnede van de puntvormige thermische brug groter is dan de waarden die in onderstaande tabel voor verschillende materialen worden gegeven.

**Tabel 8.5 — Vereiste minimale oppervlakten en doorsneden van regelmatig voorkomende thermische bruggen voor verschillende materialen**

Materiaal-doorbreking	Minimale oppervlakte	Minimale doorsnede $\phi$
Beton	$0,040 \text{ m}^2$	226 mm
RVS	$0,006 \text{ m}^2$	87 mm
Staal	$0,002 \text{ m}^2$	50 mm
Aluminium	$0,0006 \text{ m}^2$	28 mm

Incidenteel puntvormige thermische bruggen worden buiten beschouwing gelaten. In deze gevallen geldt  $\chi = 0 \text{ W/K}$ .

### 8.2.4.2 Berekening

De waarde van de puntvormige warmtedoorgangscoëfficiënt,  $\chi$ , in W/K, van een puntvormige aansluiting tussen (constructie)onderdelen wordt berekend met:

$$\chi = L^{3D} - \sum_i (A_{i,fa} \times U_{T,i}) - \sum_j (\ell_j \times \psi_j) \quad (8.29)$$

OPMERKING 2 Deze formule is ontleend aan 9.2 van NEN-EN-ISO 10211:2017.

waarin:

$L^{3D}$  is de thermische koppelingscoëfficiënt van het 3D-rekendetail, bepaald volgens 8.6.1.1, in W/K;

$A_{i,fa}$  is de oppervlakte van het in het rekendetail opgenomen en voor de puntvormige thermische brug representatieve (constructie)onderdeel  $i$ , in m<sup>2</sup>;

$U_{T,i}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van (constructie)onderdeel  $i$ , als bedoeld in formule (8.5), in W/(m<sup>2</sup>·K);

$\ell_j$  is de breedte van het in het rekendetail als flankerend element opgenomen deel van het (constructie)onderdeel  $j$ , in m;

$\psi_j$  is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de lineaire thermische brug  $j$ , bepaald volgens 8.2.3, in W/(m·K).

## 8.3 Bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt via de grond, $H_g$

### 8.3.1 Inleiding

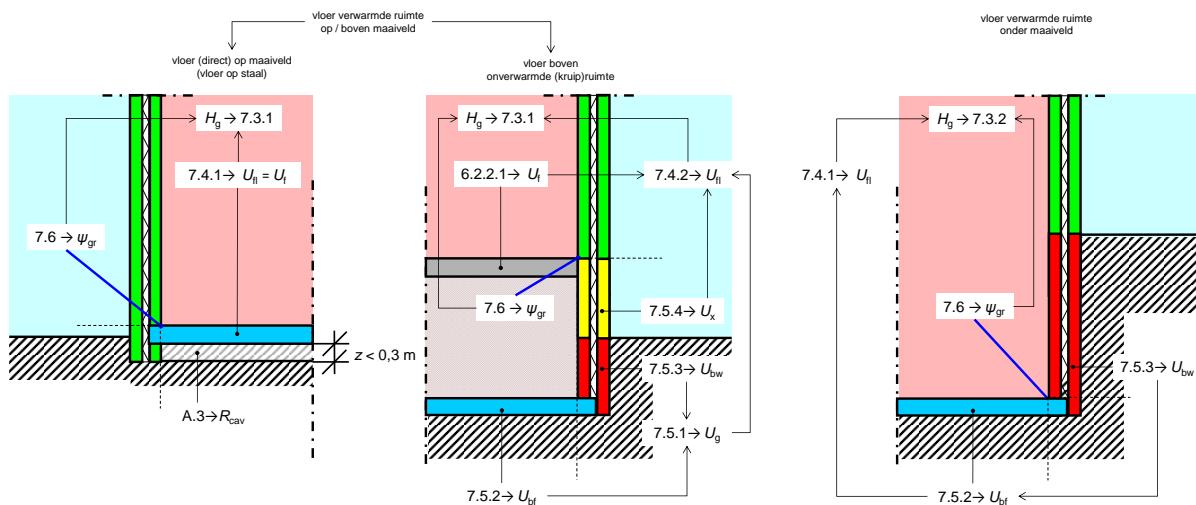
De bepalingsmethode voor de warmteoverdracht via de grond is volgens NEN-EN-ISO 13370. De maandelijkse warmteverliescoëfficiënt via de grond wordt bepaald volgens bijlage D op basis van de in dit hoofdstuk bepaalde jaargemiddelde (stationaire) warmteovergangscoëfficiënt naar de grond op basis van de warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloerconstructie en de eventuele onderliggende lagen in combinatie met de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de thermische bruggen van de vloerrand (volgens 8.2.3).

OPMERKING 1 In hoofdstuk 5 van NEN-EN-ISO 13370:2017 worden vier alternatieve methoden voor de bepaling van de stationaire warmteverliescoëfficiënt gegeven:

- een volledige numerieke 3D-berekening;
- een numerieke 2D-berekening voor een vloer met een ‘oneindige’ lengte en een breedte gelijk aan de karakteristieke breedte van de vloer,  $B'_f$ ;
- een aan de oppervlakte gerelateerde warmtetransmissie volgens hoofdstuk 9 van die norm, waarbij een aan de vloerrand gerelateerd lineair warmteverlies, bepaald op grond van een numerieke berekening, wordt opgeteld; deze numerieke berekening kan een 2D-berekening zijn met een uniforme doorsnede van de vloerrand waarbij zo nodig voor door ‘nokken’ onderbroken lagen op grond van een 3D-berekening van een afzonderlijke nok een quasihomogene laag wordt aangehouden, dan wel, in geval van een niet-uniforme doorsnede een 3D-berekening waaruit het ‘overall’ effect per m vloerrand wordt bepaald;
- een aan de oppervlakte gerelateerde warmtetransmissie volgens hoofdstuk 9 van die norm, waarbij een aan de vloerrand gerelateerd lineair warmteverlies, ontleend aan voorberekende waarden, bijvoorbeeld van tabellen volgens NEN-EN-ISO 14683, wordt opgeteld.

OPMERKING 2 In hoofdstuk 8 wordt gebruikgemaakt van methode c).

De (stationaire) warmteovergangscoëfficiënt naar de grond,  $H_g$ , wordt bepaald volgens onderstaand schema:



**Figuur 8.6 — Stroomschema bepaling van de stationaire warmtedoorgangscoëfficiënt naar de grond**

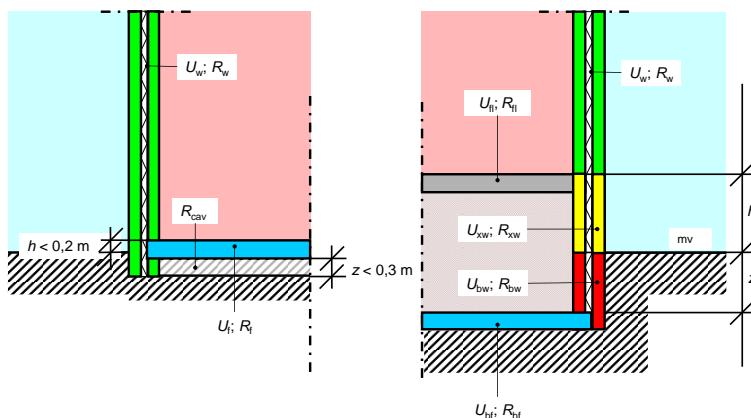
Bijlage D beschrijft de bepalingsmethode voor het bepalen van de maandelijkse warmtestromen via de grond, waarbij in de bepaling van de maandelijkse warmteverliescoëfficiënt rekening wordt gehouden met de faseverschuiving van het verloop van de buitentemperatuur met het verloop van de verliezen via de grond.

Indien de opbouw van de vloerconstructie niet bekend is, mag de warmteovergangscoëfficiënt naar de grond,  $H_g$ , in afwijking van voorgaande worden bepaald volgens bijlage I.2.3.

### 8.3.2 Parameters voor de berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënt van een vloer

#### 8.3.2.1 Schematisch overzicht van de positie van de in de berekening onderscheiden vlakken

Figuur 8.7 geeft een schematisch overzicht van de verschillende parameters die bepalend zijn voor de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt naar de grond.

**Legenda**

$h$	hoogte vloer (f) boven het maaiveld
mv	maaiveld
$U_{bf}, R_{bf}$	warmtedoorgangscoëfficiënt; warmteweerstand van de vloer direct op de grond (bf)
$U_{x,T}, R_{bw}$	warmtedoorgangscoëfficiënt; warmteweerstand van de kelder- of kruipruimtevloer (bw) onder het maaiveld
$U_w, R_w$	warmtedoorgangscoëfficiënt; warmteweerstand van de buitenwand (w) boven de vloer (fl)
$U_i, R_i$	warmtedoorgangscoëfficiënt; warmteweerstand van de vloerconstructie boven de kruipruimte of boven de (on)verwarmde ruimte waarvan de vloer onder het maaiveld is gelegen (f)
$U_{fl}, R_{fl}$	warmtedoorgangscoëfficiënt; warmteweerstand van de vrijdragende vloer (fl)
$U_{xw}, R_{xw}$	warmtedoorgangscoëfficiënt; warmteweerstand van de buitenwand (xw) boven het maaiveld onder de vloer (fl)
$R_{cav}$	warmteweerstand van de (eventuele) luchtlag (spouw) onder de vloer
$z$	diepte onder het maaiveld van kelder- of kruipruimtevloer (bf)

**Figuur 8.7 — Schematische weergave van de diverse parameters voor de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt naar de grond**

### 8.3.2.2 Karakteristieke breedte van de vloer

De karakteristieke breedte,  $B'_f$ , in m, is gedefinieerd als de oppervlakte van de vloer gedeeld door de halve perimeter:

$$B'_f = \frac{A_f}{\left(\frac{1}{2} \times P\right)} \quad (8.30)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 6.7.1 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

OPMERKING 2 De perimeter wordt alleen betrokken op de randen van vloerdelen die grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil.

OPMERKING 3 Voor een ‘oneindig’ lange vloer is  $B'_f$  de breedte van de vloer; voor een vierkante vloer is  $B'_f$  de halve lengte van één zijde.

waarin:

$A_f$  is de totale oppervlakte van de beganegrondvloer, in  $\text{m}^2$ ;

$P$  is de perimeter, zijnde de som van de lengtes ( $\ell$ ) van de randen van de vloerdelen ( $j$ ) die grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m, waarbij:

$$P = \sum_j \ell_j \quad (8.31)$$

waarin:

- $\ell_j$  is de lengte van de rand van vloerdeel ( $j$ ) dat grenst aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m.

Voor kelders wordt  $B'_f$  berekend uit de oppervlakte en de perimeter van de vloer van de kelder, exclusief de kelderwanden; de warmtestroom vanuit de kelder omvat een extra term gerelateerd aan de perimeter en de diepte van de keldervloer onder het maaiveld.

Bij de berekening van de transmissie van een gebouwdeel (bijvoorbeeld voor een afzonderlijke energiezone met begane grondvloeroppervlakte  $A_f$ ), omvat  $P$  uitsluitend de lengten van de uitwendige scheidingsconstructies die de energiezone begrenzen en niet het deel van de perimeter grenzend aan de inwendige scheidingsconstructies.

Onverwarmde ruimten buiten de thermische schil (zoals garages en berghokken) blijven bij de bepaling van de perimeter  $P$  en de vloeroppervlakte  $A$  buiten beschouwing. De transmissie naar de grond wordt dan bepaald alsof de aangrenzende onverwarmde ruimten niet aanwezig zijn. Wel wordt de lengte van de constructie tussen de verwarmde zone en de onverwarmde ruimte betrokken in de perimeter  $P$ .

### 8.3.2.3 Equivalente dikte van vloer en wanden grenzend aan het grondpakket

OPMERKING 1 Om de formules voor de berekening van de transmissie via de grond te vereenvoudigen, wordt gebruikgemaakt van de 'equivalente dikte van het grondpakket'; de warmteweerstand wordt gekenmerkt door een equivalente dikte van een grondpakket met dezelfde warmteweerstand.

De berekende stationaire warmtetransmissiecoëfficiënten zijn gerelateerd aan de verhouding van de equivalente dikte tot de karakteristieke vloerbreedte.

OPMERKING 2 De in bijlage D bepaalde periodieke warmtetransmissiecoëfficiënten naar de grond zijn gerelateerd aan de verhouding van de equivalente dikte tot de periodieke penetratiediepte.

De totale equivalente dikte van de vloer grenzend aan het grondpakket,  $d_{f;eq}$  en/of  $d_{bf;eq}$ , in m, resp. de totale equivalente dikte van een aan de grond grenzende wand,  $d_{bw;eq}$ , in m, worden bepaald volgens:

$$d_{f;eq} = d_{bw} + \lambda_{gr} \times (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (8.32)$$

$$d_{bf;eq} = d_{bw} + \lambda_{gr} \times (R_{si} + R_{bf} + R_{se}) \quad (8.33)$$

OPMERKING 3 Deze formules zijn ontleend aan 7.1, 7.2, resp. 7.3.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

$$d_{bw;eq} = \lambda_{gr} \times (R_{si} + R_{bw} + R_{se}) \quad (8.34)$$

OPMERKING 4 Deze formule is ontleend aan 7.3.3 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

- $d_{bw}$  is de volledige dikte van de wanden, bepaald als de grootste voorkomende wanddikte gerekend vanaf de binnenzijde van de wand die wordt bepaald als de grens van  $A_T$  van de vloer, in m, waarvoor de waarde 0,5 m wordt aangehouden;

- $\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in  $W/(m \cdot K)$ ;
- $R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;
- $R_f$  is de warmteweerstand van de vloerconstructie op de grond of boven een kruipruimte of onverwarmde kelder, bepaald als  $R_c$  volgens C.1, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;
- $R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan de uitwendige oppervlakte (buitenlucht), bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;
- $R_{bf}$  is de warmteweerstand van de vloerconstructie van een kruipruimte of onverwarmde kelder, bepaald als  $R_c$  volgens C.1, in  $(m^2 \cdot K)/W$ , waarbij in geval van een ongeïsoleerde vloer de waarde  $R_{bf} = 0$  ( $m^2 \cdot K)/W$  wordt aangehouden;
- $R_{bw}$  is de warmteweerstand van de aan de grond grenzende kruipruimte- of kelderwand, waarvoor de warmteweerstand van de boven de vloer liggende gevel wordt aangehouden, bepaald als  $R_c$  volgens C.1, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

OPMERKING 5 De warmteweerstand van een werkvlak wordt niet opgenomen in  $R_f$ .

OPMERKING 6 Verondersteld wordt dat een werkvlak onder de vloerconstructie dezelfde warmtegeleidingscoëfficiënt heeft als de grond.

OPMERKING 7 De hier bepaalde  $d_{f,equi}$  geldt voor een vloer direct op de ondergrond (vloer op staal) en  $d_{bf,equi}$  voor de vloer van een kruipruimte en onverwarmde kelder, waarvoor in NEN-EN-ISO 13370 de symbolen  $d_f$  respectievelijk  $d_g$  worden gebruikt.

OPMERKING 8 Voor  $R_{se}$  van een constructie die grenst aan grond moet de waarde die hoort bij een begrenzing aan buitenlucht worden gehanteerd ( $0,04$  ( $m^2 \cdot K)/W$ ). De warmteweerstand wordt immers omgezet in een aan grond equivalente constructie die bij het maaiveld grenst aan buitenlucht.

OPMERKING 9 Uitgangspunt voor de in rekening te brengen wanddikten is de dikte van de dichte wanden. De keuze is min of meer arbitrair omdat de maatverschillen uiteindelijk in de psi-waarde worden gecorrigeerd, zie ook OPMERKING 1 in 8.3.6.

OPMERKING 10 Wanneer sprake is van een grondpakket op een dak van een verblijfsruimte of een kelder moet de warmtedoorgangscoëfficiënt van het dak met grondpakket worden berekend conform paragraaf 8.2.

### 8.3.2.4 Rekenwaarden warmtegeleidingscoëfficiënt

#### 8.3.2.4.1 Warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, $\lambda_{gr}$

Voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond,  $\lambda_{gr}$ , in  $W/(m \cdot K)$ , wordt gehanteerd:

$$\lambda_{gr} = 2,0 \text{ } W/(m \cdot K) \quad (8.35)$$

#### 8.3.2.4.2 Warmtegeleidingscoëfficiënt van materialen en luchtlagen

De warmtegeleidingscoëfficiënten van materialen in constructieonderdelen en de equivalenten warmtegeleidingscoëfficiënten van de lucht in de in die onderdelen opgenomen holten moeten worden ontleend aan bijlage C, respectievelijk bijlage F.

### 8.3.3 Stationair warmteverlies via de grond

#### 8.3.3.1 Verwarmde ruimte met vloer op of boven het maaiveld

De stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond,  $H_g$ , in W/K, van:

- a) vloeren direct op de grond;
- b) vloeren boven kruipruimten, of onverwarmde kelders, wordt berekend met:

$$H_g = A_{fl} \times U_{fl} + \sum_j (\ell_j \times \psi_{gr;j}) \quad (8.36)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan hoofdstuk 6 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

- $A_{fl}$  is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer direct op de grond, boven een kruipruimte, of boven een onverwarmde ruimte, in  $m^2$ ;
- $U_{fl}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloer direct op de grond, boven een kruipruimte, of boven een onverwarmde ruimte, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , bepaald, in geval van:
  - een vloer direct op de grond (f of bf), volgens 8.3.4.1;
  - een vloer boven een kruipruimte of onverwarmde kelder (fl), volgens 8.3.4.2;
- $\ell_j$  is de lengte van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek voor zover dat deel grenst aan een uitwendige scheidingsconstructie met de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt,  $\psi_{gr;j}$ , in m;
- $\psi_{gr;j}$  is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek naar de grond, bepaald volgens 8.3.6, in  $W/(m \cdot K)$ .

In afwijking hiervan kan de stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond van vloeren direct op de grond en boven kruipruimte of onverwarmde kelder ook worden berekend met een forfaitaire verrekening van de lineaire thermische bruggen. In dat geval wordt de stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond,  $H_g$ , in W/K, berekend met:

- in geval van een vloer op of boven het maaiveld (zie 8.3.3.1)

$$H_{g;for} = A_{T;fl} \times U_{fl} + 0,5 \times P \quad (8.37)$$

- in geval van een vloer onder het maaiveld (zie 8.3.3.2)

$$H_{g;for} = A_{T;fl} \times U_{fl} + 0,5 \times P + \sum A_{T;bw} \times (U_{bw;j} + \Delta U_{for}) \quad (8.38)$$

OPMERKING 2 In verband met het niet altijd verticaal staan van wanden en horizontaal zijn van vloeren, geldt dat er sprake is van  $U_{fl}$  voor constructiedelen waarvan de loodlijn op het constructievak maximaal  $30^\circ$  afwijkt van een verticaal vlak en van  $U_{bw;j}$  voor alle overige constructiedelen.

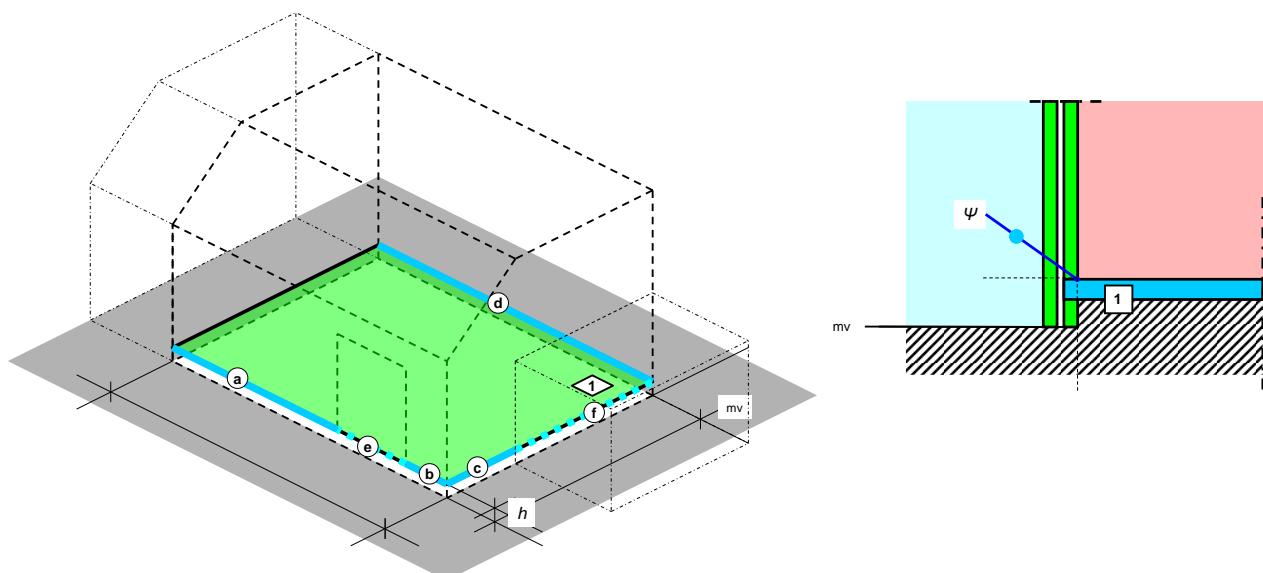
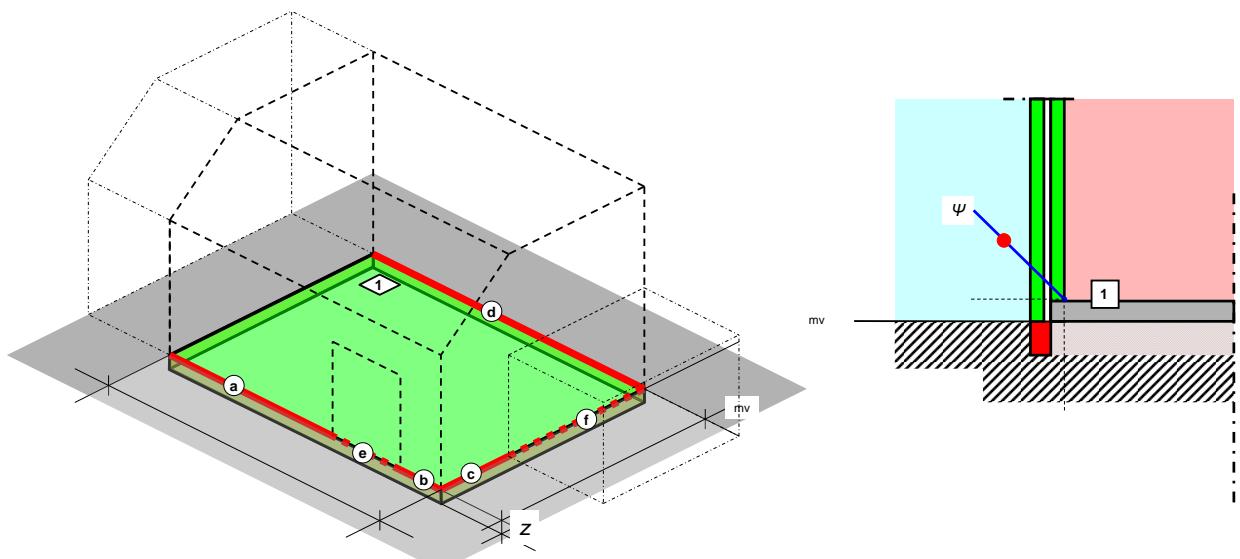
OPMERKING 3 Indien een vloer deels, bijv. een dijkwoning met kruipruimte, onder het maaiveld ligt, wordt deze, voor de berekening, verdeeld in twee delen die worden gescheiden door de lijn die de punten op de perimeter waar het maaiveld het niveau van de vloer kruist, verbindt. Van elk afzonderlijk deel van de vloer wordt vervolgens  $H_g$  berekend.

waarin:

- $A_{T,fl}$  is de geprojecteerde oppervlakte van de vloer, bepaald volgens K.1.2, in  $m^2$ ;
- $U_{fl}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloer, bepaald volgens 8.3.4, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;
- $\Delta U_{for}$  is de forfataire toeslag voor de verrekening van de lineaire thermische bruggen, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , bepaald volgens 8.2.1;
- $P$  is de lengte van de perimeter, bepaald als in 8.3.2.2, in m;
- $\sum A_{T,bw}$  is de totale geprojecteerde oppervlakte van de kelderwanden, bepaald volgens K.1.2, in  $m^2$ ;
- $U_{bw,j}$  is de stationaire warmtedoorgangscoëfficiënt van het onder het maaiveld gelegen wanddeel  $j$ , bepaald volgens 8.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

De forfataire verrekening van lineaire thermische bruggen mag alleen worden toegepast wanneer dit voor het gehele gebouw wordt gedaan; warmteverliescoëfficiëntberekening met vermenging van forfataire en niet-forfataire rekenmethoden is niet toegelaten.

OPMERKING 3 Zie figuren 8.8a) en 8.8b) en 8.9 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_g$  behoren te worden meegenomen.

a) Vloer op het maaiveld (vloer op staal) ( $h \leq 0,20$  m)b) Vloer boven een luchtlag ( $z \leq 0,30$  m)**Legenda**

mv maaiveld

z diepte onder het maaiveld van de kruipruimtevloer

Vlakken

1  $A_{T;1}; U_1$ 

Thermische bruggen

a	$\ell_a; \psi_a$	e	$\ell_e; \psi_e$
b	$\ell_b; \psi_b$	f	$\ell_f; \psi_f$
c	$\ell_c; \psi_c$		
d	$\ell_d; \psi_d$		

**Figuur 8.8 — Vloer direct op grond of boven luchtlag (spouw) met hoogte  $z \leq 0,30$  m****8.3.3.2 Verwarmde ruimte met vloer onder het maaiveld**

De stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond,  $H_g$ , in W/K, van vloeren van verwarmde ruimten waarvan de vloer is gelegen onder het maaiveld wordt berekend met:

$$H_g = A_{bf} \times U_{fl} + \sum_j (\ell_j \times \psi_{gr;j}) + (\sum_j (z_j \times \ell_j \times U_{bw;j})) \quad (8.39)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.3.4 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

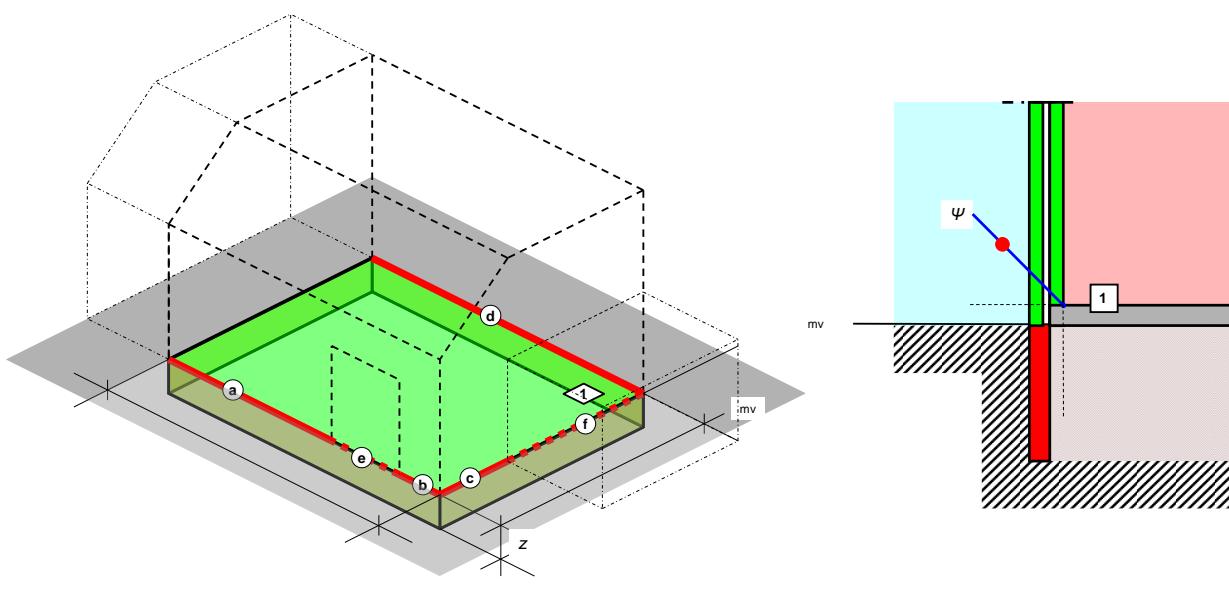
$A_{bf}$  is de binnenwerkse oppervlakte van de onder het maaiveld gelegen vloer van de ruimte (bf), in  $m^2$ ;

$U_{fl}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer, bepaald volgens 8.3.4, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\ell_j$  is de lengte van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek voor zover dat deel grenst aan een uitwendige scheidingsconstructie met de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt,  $\psi_{gr,j}$ , en/of met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bw,j}$ , in m;

$\psi_{gr,j}$  is de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek naar de grond, bepaald volgens 8.3.6, in  $W/(m \cdot K)$ .

OPMERKING 2 Zie figuur 8.9 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_g$  behoren te worden meegenomen.



### Legenda

mv maaiveld

z diepte van de kruipruimtevloer onder het maaiveld

Vlakken

1  $A_{T,1}; U_1$

Thermische bruggen

a  $\ell_a; \psi_a$

e  $\ell_e; \psi_e$

b  $\ell_b; \psi_b$

f  $\ell_f; \psi_f$

c  $\ell_c; \psi_c$

d  $\ell_d; \psi_d$

**Figuur 8.9—Vloer boven onverwarmde ruimte (kruipruimte of kelder)**

$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bw,j}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

- bij een vloer van een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m;

- bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;
- in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

$U_{bw,j}$  is de stationaire warmtedoorgangscoëfficiënt van het onder het maaiveld gelegen wanddeel  $j$ , bepaald volgens 8.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

### 8.3.4 Stationaire warmtedoorgangscoëfficiënt via de vloer, $U_f$

#### 8.3.4.1 Vloer direct op ondergrond

Vloeren direct op de ondergrond omvatten elke vloer die bestaat uit een vloerconstructie die over de hele oppervlakte in contact is met de grond, al dan niet dragend over de hele oppervlakte op de grond en waarvan de bovenkant van de vloer is gelegen op maaiveldniveau of tot ten hoogste  $h = 0,2$  m daarboven (zie figuur 8.8a)); onder vloeren direct op ondergrond worden ook vloeren boven een luchtlaag met een hoogte  $z_{cav} \leq 0,3$  m gerekend.

Voor de stationaire warmteverliesdoorgangscoëfficiënt via de vloer,  $U_f$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , voor een vloer direct op de ondergrond (vloer op staal) geldt:

$$U_f = U_f$$

waarin:

$U_f$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloer, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , bepaald volgens formule (8.40), dan wel formule (8.41), en waarbij voor de waarde voor  $z$ , de verticale afstand tussen de bovenzijde van de vloer en het maaiveld, de waarde  $z = 0$  m moet worden aangehouden en voor de berekening van  $d_{f,eq}$  moet worden aangehouden:

- voor een vloer direct op de grond (zie figuur 8.8a),  $h \leq 0,20$  m):  $R_f = R_f$ ;
- voor een vloer boven een luchtsput (zie figuur 8.8b),  $z_{cav} < 0,3$  m):  $R_f = R_f + R_{cav}$ , waarbij  $R_{cav}$  de warmteverstand van de luchtsput is, bepaald volgens C.3.

De warmtedoorgangscoëfficiënt voor een vloer direct op ondergrond,  $U_f$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , volgt uit:

a) voor een ongeïsoleerde of matig geïsoleerde vloer ( $(d_{f,eq} + 0,5 \cdot z) < B'_f$ )

$$U_f = \frac{2 \times \lambda_{gr}}{\pi \times B_f + d_{f,eq} + 0,5 \times z} \times \ln \left( \frac{\pi \times B_f}{d_{f,eq} + 0,5 \times z} + 1 \right) \quad (8.40)$$

b) voor een goed geïsoleerde vloer ( $(d_{f,eq} + 0,5 \times z) \geq B'_f$ )

$$U_f = \frac{\lambda_{gr}}{0,457 \times B_f + d_{f,eq} + 0,5 \times z} \quad (8.41)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.3.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

OPMERKING 2 De formules (8.40) en (8.41) gelden ook indien geen sprake is van een vloer direct op de ondergrond. In dat geval is  $z \neq 0$  en wordt ook formule (8.42) toegepast.

waarin:

$B_f$  is de karakteristieke breedte van de vloer, bepaald volgens 8.3.2.2, in m;

$d_{f, \text{equi}}$  is de totale equivalente dikte van de vloer bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

OPMERKING 3 De equivalente dikte van de vloer,  $d_{f, \text{equi}}$ , wordt in NEN-EN-ISO 13370 aangeduid met  $d_t$ .

$\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K);

$z$  is de (gemiddelde) verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer, in m, waarbij

$$z = \frac{\sum_j (\ell_j \times z_j)}{\sum_j \ell_j} \quad (8.42)$$

waarin:

$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $U_{bw,j}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

- bij een vloer van een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m;
- bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;
- in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

$\ell_j$  is de lengte van de kruipruimte- of kelderwand  $j$ , in m;

OPMERKING 4 De vloer kan zijn ongeïsoleerd, of gelijkmatig geïsoleerd (boven, onder of in de constructie) over de hele oppervlakte. Als de vloerisolatie niet gelijkmatig over de hele vloer is aangebracht kan de transmissie worden gecorrigeerd volgens de procedure in bijlage G van NEN-EN-ISO 13370:2017.

### 8.3.4.2 Vloer boven onverwarmde ruimte

De stationaire warmtedoorgangscoëfficiënt via de vloer,  $U_{fl}$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), voor een vloer boven een onverwarmde ruimte waarvan de vloer onder het maaiveld is gelegen (zie figuur 8.10) wordt bepaald met:

$$U_{fl} = \left[ \frac{1}{U_f} + \frac{1}{(U_g + U_x)} \right]^{-1} \quad (8.43)$$

OPMERKING Deze formule is ontleend aan 9.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$U_f$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloerconstructie boven de kruipruimte of boven de (on)verwarmde ruimte waarvan de vloer onder het maaiveld is gelegen, bepaald volgens 8.2.2.2.1, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$U_g$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de kruipruimtevloer en/of de keldervloer en de kelderwanden grenzend aan de grond, bepaald volgens 8.3.5.1, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$U_x$  is een equivalente transmissiecoëfficiënt tussen de kruipruimte of de (on)verwarmde kelder en de buitenlucht, waarin de warmtestroom van de boven het maaiveld gelegen (delen van) wanden en de ventilatie is verrekend, bepaald volgens 8.3.5.4, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

### 8.3.5 Stationaire warmtedoorgangscoefficiënt van onder het maaiveld gelegen constructiedelen

#### 8.3.5.1 Stationaire warmtedoorgangscoefficiënt naar de grond, $U_g$

De stationaire warmtedoorgangscoefficiënt van constructies grenzend aan de grond  $U_g$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt bepaald als de som van de warmtedoorgangscoefficiënt via de kruipruimte- of keldervloer en de warmtedoorgangscoefficiënt via de onder het maaiveld gelegen delen van de kruipruimte- of kelderwanden:

$$U_g = U_{bf} + \frac{\sum_j (z_j \times \ell_j \times U_{bw;j})}{A_{bf}} \quad (8.44)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan G.1 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$A_{bf}$  is de oppervlakte van de vloer waarvan de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt wordt bepaald, in  $m^2$ ;

$U_{bf}$  is de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloer van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder, bepaald volgens 8.3.5.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\ell_j$  is de lengte van deel  $j$  van de (binnenwerkse) vloeromtrek voor zover dat deel grenst aan een uitwendige scheidingsconstructie met de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt,  $\psi_{g;j}$ , en/of met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bw;j}$ , in m;

OPMERKING 2 Zie figuur 8.10 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_g$  behoren te worden meegenomen.

$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bw;j}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

- bij een vloer van een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m; bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;
- in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

$U_{bw;j}$  is de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt van het onder het maaiveld gelegen wanddeel  $j$ , bepaald volgens 8.3.5.3, in  $W/(m^2 \cdot K)$ .

### 8.3.5.2 Warmtedoorgangscoefficiënt van een onder het maaiveld gelegen vloer, $U_{bf}$

De stationaire warmtedoorgangscoefficiënt via de grond,  $U_{bf}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , wordt bepaald als  $U_i$ , volgens formule (8.40) dan wel (8.41), waarbij voor  $d_{f,eq}$  moet worden gelezen  $d_{bf,equi}$ .

Bij een vloer direct op de ondergrond (vloer op staal) geldt:  $U_{bf} = 0 W/(m^2 \cdot K)$ .

### 8.3.5.3 Warmtedoorgangscoefficiënt van een onder het maaiveld gelegen wanddeel, $U_{bw;j}$

De warmtedoorgangscoefficiënt van de aan de grond grenzende wand  $j$  van de kruipruimte, de verwarmde kelder of de onverwarmde kelder,  $U_{bw;j}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , volgt uit:

$$U_{bw;j} = \frac{2 \times \lambda_{gr}}{\pi \times z_j} \times \left( 1 + \frac{0,5 \times d_1}{d_1 + z_j} \right) \times \ln \left( \frac{z_j}{d_{bw;eq;j}} + 1 \right) \quad (8.45)$$

**OPMERKING 1** Deze formule is gebaseerd op 7.3.3 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoefficiënt van de grond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$d_{bw;equi;j}$  is de equivalente dikte van de kruipruimte- of kelderwand  $j$ , bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

$d_1$  is de equivalente dikte van de kelderwanden, in m, waarbij, indien:

—  $d_{bw;equi} \geq d_{bf,equi}$  geldt  $d_1 = d_{bf,equi}$ ;

—  $d_{bw;equi} < d_{bf,equi}$  geldt  $d_1 = d_{bw;equi}$ .

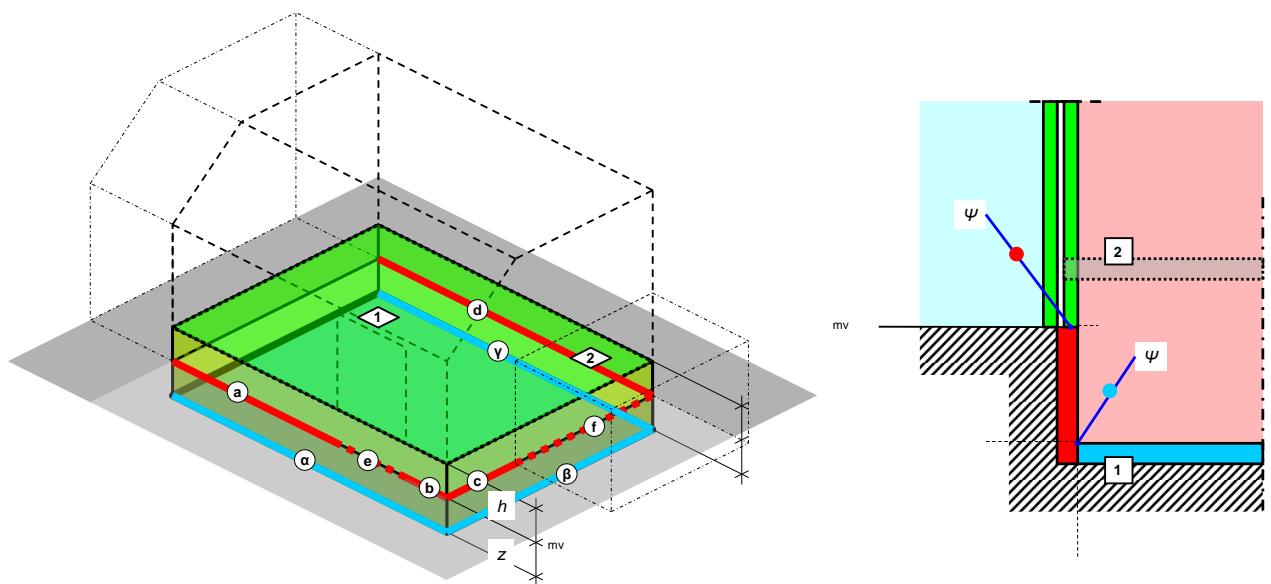
$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{bw;j}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

— bij een vloer met een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m;

— bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;

— in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

Onderstaande figuur geeft een schematisch beeld van een wand en vloer van een onder het maaiveld gelegen ruimte.



### Legenda

mv maaiveld  
 h hoogte boven het maaiveld bovenzijde vloer  
 z diepte van de vloer van de verwarmde ruimte onder het maaiveld

Vlakken	Thermische bruggen		
1 $A_{T;1}; U_1$	a $\ell_a; \psi_a$	e $\ell_e; \psi_e$	$\alpha \ell_\alpha; \psi_\alpha$
2 n.v.t.	b $\ell_b; \psi_b$	f $\ell_f; \psi_f$	$\beta \ell_\beta; \psi_\beta$
	c $\ell_c; \psi_c$		$\gamma \ell_\gamma; \psi_\gamma$
	d $\ell_d; \psi_d$		

**Figuur 8.10 — Vloer verwarmde ruimte onder het maaiveld**

### 8.3.5.4 Warmtedoorgangscoëfficiënt naar buitenlucht via boven het maaiveld gelegen delen van kruipruimte- of kelderwand en via kruipruimteventilatie of ventilatie van de onverwarmde kelder, $U_x$

#### 8.3.5.4.1 Warmtedoorgangscoëfficiënt bovengrondse delen kruipruimte- of kelderwand

De boven maaiveld gelegen begrenzing van een kruipruimte en van een onverwarmde kelder draagt door transmissieverliezen bij aan de warmtedoorgangscoëfficiënt van de beganegrondvloer. Ook de ventilatie van een onverwarmde kelder en de ventilatie van de kruipruimte dragen daar aan bij. In deze paragraaf worden beide elementen omgezet in een equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt voor de bovenliggende vloer,  $U_x$ , waarvan de invloed wordt verrekend in 8.3.4.2.

$$U_x = U_{x,T} + U_{x,V} \quad (8.46)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$U_{x,T}$  is de equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloer ten gevolge van transmissie door een onder de vloer, maar boven het maaiveld gelegen scheidingsconstructie met de buitenlucht van de kruipruimte of de onverwarmde kelder, bepaald volgens 8.3.5.4.2, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;

$U_{x;v}$  is de equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloer ten gevolge van kruipruimteventilatie of ventilatie van de onverwarmde kelder bepaald volgens 8.3.5.4.3, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

OPMERKING 2 Indien deze formule wordt ingevuld met de in 8.3.5.4.2 en 8.3.5.4.3 gegeven formules voor een kruipruimte ontstaat formule (11) van NEN-EN-ISO 13370:2017.

### 8.3.5.4.2 Equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt door directe transmissie naar de buitenlucht, $U_{x;T}$

De equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloer ten gevolge van transmissie door een onder de vloer, maar boven het maaiveld gelegen scheidingsconstructie met de buitenlucht van de kruipruimte of de onverwarmde kelder,  $U_{x;T}$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , volgt uit:

$$U_{x;T} = \frac{2 \times \sum_j (\ell_j \times h_j \times U_{xw;j})}{B'_f \times \sum_j \ell_j} \quad (8.47)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

OPMERKING 2 Indien de hoogte  $h$  niet constant is over de omtrek van het vloerveld, ga dan uit van de gemiddelde waarde.

waarin:

- $B'_f$  is de karakteristieke breedte van de vloer, bepaald volgens 8.3.2.2, in m;
- $h_j$  is de hoogte van wanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $U_{xw;j}$ , boven het maaiveld tot de bovenkant van de beganegrondvloer, in m, waarvoor een waarde van 0,125 m wordt aangehouden;
- $\ell_j$  is de lengte van wand  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $U_{xw;j}$ , in m;
- $U_{xw;j}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het wanddeel  $j$  van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder, voor zover gelegen boven het maaiveld, bepaald volgens 8.2.2.2, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

OPMERKING 3 In de praktijk is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de wand van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder gelijk aan de warmtedoorgangscoëfficiënt van de daarboven aanwezige gevel. Voor  $U_{xw;j}$  mag daarom ook de  $U_c$  van de daarboven aanwezige gevel worden aangehouden.

Voor een vloer boven een kruipruimte of onverwarmde kelder, waarbij de vloer onder maaiveld is gelegen, geldt:  $U_{x;T} = 0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

OPMERKING 4  $U_{x;T}$  kan ook worden beschreven met:  $U_{x;T} = \frac{P \times h \times U_{xw}}{A}$ , waarmee deze term overeenkomt met de voorlaatste term onder de deelstreep van formule (19) van NEN-EN-ISO 13370:2017.

### 8.3.5.4.3 Equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt door ventilatie naar de buitenlucht, $U_{x;v}$

De equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloer ten gevolge van ventilatie met buitenlucht,  $U_{x;v}$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , wordt bepaald met, voor:

a) kruipruimteventilatie:

$$U_{x;V} = \frac{1450 \times \varepsilon \times u_{10} \times f_u}{B'_f} \quad (8.48)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan 7.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$B'_f$  is de karakteristieke breedte van de vloer, bepaald volgens 8.3.2.2, in m;

$f_u$  de dimensieloze windafschermsfactor, waarvoor  $f_u = 0,05$  moet worden aangehouden;

$u_{10}$  is de gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte, in m/s, waarvoor 5 m/s moet worden aangehouden;

$\varepsilon$  is de oppervlakte van de ventilatieopeningen per m omtrek lengte van de kruipruimte, in  $m^2$ ; indien de werkelijke oppervlakte niet bekend is, geldt  $\varepsilon = 0,0012 m^2$ ;

b) ventilatie van een onverwarmde kelder:

$$U_{x;V} = \frac{(\rho_a \times c_a) \times n \times V}{3600 \times A_{bf}} \quad (8.49)$$

waarin:

$A_{bf}$  is de oppervlakte van de vloer waarvan de equivalent warmtedoorgangscoëfficiënt wordt bepaald, in  $m^2$ ;

$(\rho_a \cdot c_a)$  is het product van de soortelijke massa en de warmtecapaciteit van lucht, in  $J/(m^3 \cdot K)$ ;  
 $\rho_a \cdot c_a = 1,205 \text{ kg/m}^3 \cdot 1005 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} = 1211 \text{ J/(m}^3 \cdot \text{K)}$ ;

$n$  is het ventilatievoud, in ventilatiewisselingen per h van de onverwarmde kelder; forfaitair mag voor  $n$  de waarde 0,3 worden gebruikt;

OPMERKING 3 Dit kan alleen bij onverwarmde ruimten.

$V$  is het volume van de onverwarmde kelder(s), in  $m^3$ .

OPMERKING 4  $U_{x;V}$  kan ook worden beschreven met:  $U_{x;V} = 0,33 \times \frac{n \times V}{A}$ , waarmee deze term overeenkomt met de laatste term onder de deelstreep van formule (17) van NEN-EN-ISO 13370:2008.

### 8.3.6 Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt naar de grond, $\psi_{gr}$

De lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt naar de grond wordt uitsluitend bepaald voor aan de uitwendige scheidingsconstructies grenzende lineaire thermische bruggen.

De lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt naar de grond van thermische brug  $j$ ,  $\psi_{gr;j}$ , in  $W/(m \cdot K)$ , wordt bepaald met:

In geval van een vloer op of boven het maaiveld:

$$\psi_{gr,j} = L_{gr}^{2D} - h_{xw} \times U_{xw} - 4 \times U_{fl;8} \quad (8.50)$$

In geval van een vloer onder het maaiveld:

$$\psi_{gr;j} = L_{gr}^{2D} - (h_{xw} - z_j) \times U_{xw} - z_j \times U_{x;T;j} - 4 \times U_{fl;8} \quad (8.51)$$

waarin:

$h_{xw}$  is de hoogte van het in het rekenmodel opgenomen deel van de gevel, in m;

$z_j$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer van kelderwanddeel  $j$  met de stationaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $U_{x;T;j}$ , in m, waarvoor de volgende drie klassen worden aangehouden:

- Bij een vloer van een verwarmde ruimte is de hoogte de werkelijke afstand, in m;
- bij een vloer op zand is de verticale afstand 0 m;
- in alle andere gevallen is de verticale afstand 0,5 m.

$L_{gr}^{2D}$  is de lineaire koppelingscoëfficiënt van het model, bepaald volgens 8.6.1.2, in W/(m·K);

$U_{fl;8}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het samenstel van vloerconstructie, kruipruimte en ondergrond voor een karakteristieke breedte van de vloer,  $B_f'$ , van 8 m, bepaald volgens 8.3.4, in W/(m<sup>2</sup>·K), waarbij de equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt ten gevolge van ventilatie van de kruipruimte of onverwarmde kelder,  $U_{x;v}$  voor deze bepaling van  $\psi_{gr}$  op nul moet worden gesteld;

$U_{xw}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van deel  $i$  van de boven de vloer liggende gevel, bepaald als  $U_T$  volgens formule (8.6), in W/(m<sup>2</sup>·K);

$U_{x;T;j}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de onder het maaiveld gelegen wand van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder van het onder het maaiveld gelegen wanddeel  $j$ , bepaald volgens 8.3.5.3, in W/(m<sup>2</sup>·K).

In afwijking hiervan mag de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt naar de grond,  $\psi_{gr}$ , ook worden ontleend aan bijlage I.

**OPMERKING 1** In bepaalde situaties kan het onduidelijk zijn waar de grens tussen twee aansluitende constructieonderdelen moet worden getrokken. Hierbij is het van belang om te weten dat de keuze van de grens geen of slechts een zeer geringe invloed heeft op de berekende waarde van het transmissiewarmteverlies. Dit is een gevolg van het feit dat bij een andere keuze van de grens ook een andere waarde van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt geldt.

**OPMERKING 2** Het getal '4' is de halve karakteristieke breedte van de vloer  $B_f'$ , welke waarde in NEN-EN-ISO 10211 is opgelegd voor een model voor het bepalen van de  $\psi_{gr}$ .

## 8.4 Bepaling warmteverliescoëfficiënt via een onverwarmde ruimte, $H_U$

### 8.4.1 Warmteverlies via een onverwarmde ruimte

De warmteverliescoëfficiënt via onverwarmde ruimten aan de buitenzijde van het gebouw,  $H_U$ , in W/K, wordt berekend met:

$$H_u = H_{zi,j;ztu} \times b_u \quad (8.52)$$

$$b_u = \frac{H_{ue}}{(H_{ue} + H_{zi,j;ztu})} \quad (8.53)$$

waarin:

$$H_{ue} = H_{D;ue} + H_{V;ue} \quad (8.54)$$

$$H_{zi,j;ztu} = H_{D;zi,j;ztu} + H_{V;zi,j;ztu} \quad (8.55)$$

**OPMERKING 1** Dit is niet van toepassing op een onverwarmde kelder; de warmteoverdracht via een onverwarmde kelder wordt meegenomen in  $H_g$  (zie 8.3).

**OPMERKING 2** Zie figuur 8.11 voor een toelichting op de onderscheiden 'sub'-verliescoëfficiënten. Deze formules zijn ontleend aan 7.5 van NEN-EN-ISO 13789:2017. In de berekening van  $H_{ue}$  wordt het warmteverlies naar de grond niet meegenomen bij de berekening van  $H_{ue}$ .

waarin:

$b_u$  is een dimensieloze reductiefactor;

**OPMERKING 3** De dimensieloze reductiefactor  $b_u$  maakt het mogelijk temperatuurverschillen tussen de buitenlucht en de temperatuur in de onverwarmde ruimte te verdisconteren. Zie bijlage C van NEN-EN-ISO 13789:2017.

$H_{zi,j;ztu}$  is de warmteverliescoëfficiënt van de verwarmde ruimte naar de onverwarmde ruimte, in W/K;

$H_{ue}$  is de warmteverliescoëfficiënt van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving, in W/K;

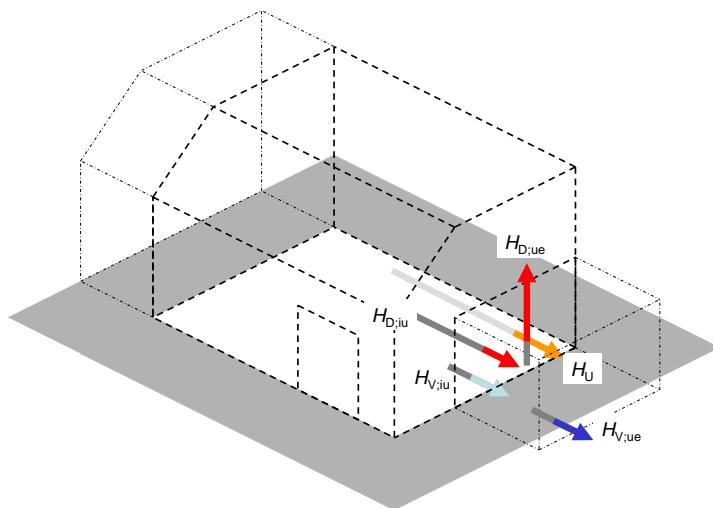
$H_{D;zi,j;ztu}$  is de warmteverliescoëfficiënt door transmissie van de verwarmde ruimte naar de onverwarmde ruimte, berekend als  $H_D$  volgens 8.2, in W/K;

$H_{D;ue}$  is de warmteverliescoëfficiënt door transmissie van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving, berekend als  $H_D$  volgens 8.2, in W/K;

**OPMERKING 4** Zie figuren 8.11 en 8.12 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_{D;zi,j;ztu}$  en  $H_{D;ue}$  behoren te worden meegenomen.

$H_{V;zi,j;ztu}$  is de warmteverliescoëfficiënt door ventilatie en infiltratie van de verwarmde ruimte naar de onverwarmde ruimte, bepaald volgens 8.4.3, in W/K;

$H_{V;ue}$  is de warmteverliescoëfficiënt door ventilatie en infiltratie van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving, bepaald volgens 8.4.3, in W/K.



### Legenda

$H_U$	warmteverliescoëfficiënt via onverwarmde ruimte
$H_{D;zi;j;ztu}$	warmteverliescoëfficiënt verwarmd – onverwarmd
$H_{D;ue}$	warmteverliescoëfficiënt onverwarmd – buiten
$H_{V;ue}$	warmteverliescoëfficiënt ventilatie verwarmd – onverwarmd
$H_{V,zi;j,ztu}$	warmteverliescoëfficiënt ventilatie onverwarmd – buiten

**Figuur 8.11 — Warmteverliescoëfficiënten via onverwarmde ruimte**

In afwijking hiervan kan de warmteverliescoëfficiënt via onverwarmde ruimten ook worden berekend met een forfaitaire verrekening van de lineaire thermische bruggen. In dat geval wordt de warmteverliescoëfficiënt via onverwarmde ruimten aan de buitenzijde van het gebouw,  $H_U$  in W/K, berekend met:

$$H_{U;\text{for}} = 0$$

**OPMERKING 5** Bij de forfaitaire verrekening van het warmteverlies via aangrenzende onverwarmde ruimten worden deze ruimten geacht niet aanwezig te zijn, maar te zijn vervangen door buitenlucht.

Scheidingsconstructies tussen verwarmde ruimten en aangrenzende onverwarmde ruimten behoren dan dus te worden beschouwd als uitwendige scheidingsconstructies.

In dat geval wordt de desbetreffende scheidingsconstructie meegenomen in de berekening van  $H_{D;\text{for}}$  en wordt de equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt van die scheidingsconstructie  $U_{iu;\text{equi}}$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), bepaald volgens C.1.3.

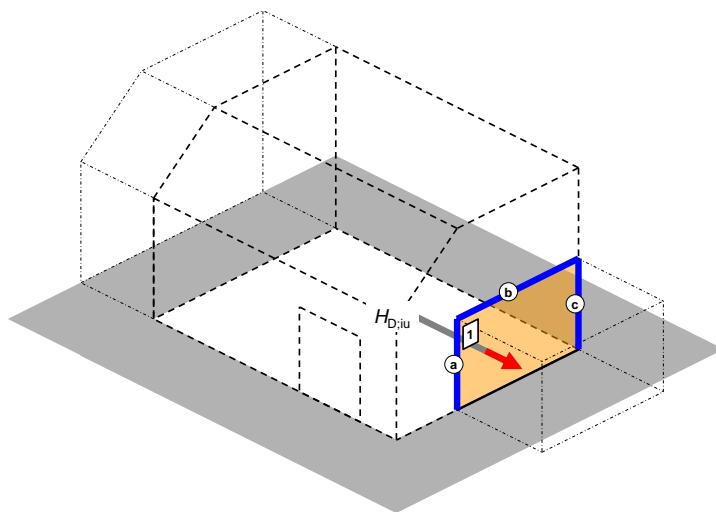
Bij toepassing van de basisopname ISSO 82.1 en 75.1 wordt de warmteverliescoëfficiënt via aangrenzende onverwarmde ruimten,  $H_{U;\text{adj}}$ , bepaald, waarbij de rekenwaarde voor de warmteoverdrachtcoëfficiënt van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving,  $H_{ue}$ , wordt bepaald volgens bijlage I.2.4.

## 8.4.2 Warmteverliescoëfficiënt door transmissie via een onverwarmde ruimte

### 8.4.2.1 Warmteverliescoëfficiënt door transmissie naar een onverwarmde ruimte, $H_{D;zi;j;ztu}$

De warmteverliescoëfficiënt door transmissie van de verwarmde ruimte naar de onverwarmde ruimte,  $H_{D;zi;j;ztu}$ , in W/K, wordt berekend als  $H_D$ , volgens 8.2.1, waarbij de warmteovergangsweerstand  $R_{se}$  wordt vervangen door de op de onverwarmde ruimte van toepassing zijnde  $R_{si}$ .

**OPMERKING 1** Zie figuur 8.12 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_{D;zi;j;ztu}$  behoren te worden meegenomen.

**Legenda**

1 $A_{T;1}; U_1$	a $\ell_a; \psi_a$
	b $\ell_b; \psi_b$
	c $\ell_c; \psi_c$

**Figuur 8.12 — Visuele weergave van de parameters bepalend voor de berekening van  $H_{D;zi,j;ztu}$  ( $H_{D;iu}$ )**

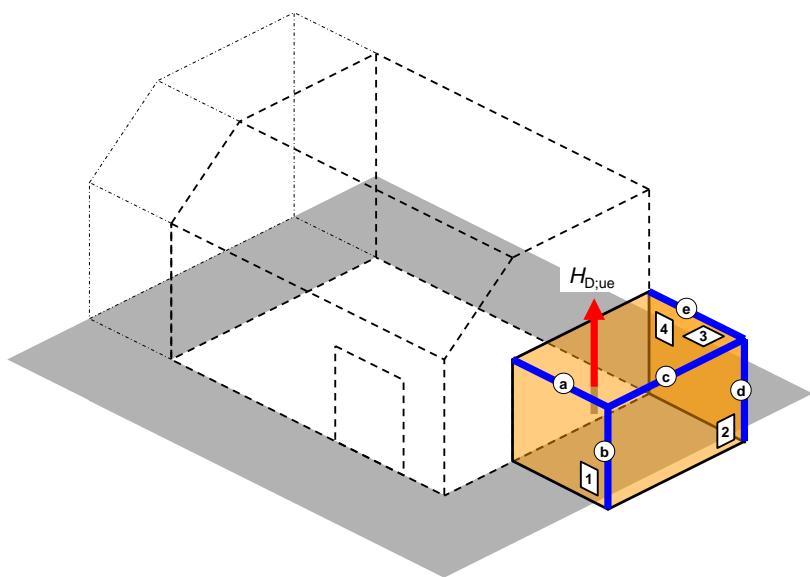
**OPMERKING 2** Bij de berekening van de  $H_{D;zi,j;ztu}$  (in de figuur staat de alternatieve benaming  $H_{D;iu}$ ) worden niet meegenomen:

- lineaire thermische bruggen die een scheiding vormen tussen scheidingsvlakken van de verwarmde ruimte;
- aangrenzende onverwarmde ruimten en de grond.

#### 8.4.2.2 Warmteverliescoëfficiënt door transmissie naar een onverwarmde ruimte, $H_{D;ue}$

De warmteverliescoëfficiënt door transmissie van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving,  $H_{D;ue}$ , in W/K, wordt berekend als  $H_D$  volgens 8.2.1.

**OPMERKING 1** Zie figuur 8.13 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_{D;ue}$  behoren te worden meegenomen.

**Legenda**

1 $A_{T;1}; U_1$	a $\ell_a; \psi_a$
2 $A_{T;2}; U_2$	b $\ell_b; \psi_b$
3 $A_{T;3}; U_3$	c $\ell_c; \psi_c$
4 $A_{T;4}; U_4$	d $\ell_d; \psi_d$
	e $\ell_e; \psi_e$

**Figuur 8.13 — Visuele weergave van de parameters bepalend voor de berekening van,  $H_{D;ue}$** 

**OPMERKING 2** Bij de berekening van de  $H_{D;ue}$  worden niet meegenomen:

- de scheidingsvlakken tussen de verwarmde ruimte en aangrenzende onverwarmde ruimten;
- lineaire thermische bruggen die een scheiding vormen tussen scheidingsvlakken van de aangrenzende onverwarmde ruimte en de grond.

#### 8.4.3 Warmteverliescoëfficiënt door ventilatie en infiltratie, $H_V$

De warmteverliescoëfficiënten door ventilatie en infiltratie  $H_{V;zi,j;ztu}$  en  $H_{V;ue}$ , in W/K, worden bepaald met, respectievelijk:

$$H_{V;iu} = \frac{(\rho_a \times c_a) \times \dot{V}_{iu}}{3600} \quad (8.56)$$

waarin:

$$\dot{V}_{iu} = 0$$

**OPMERKING** Om onderschatting van de warmteverliescoëfficiënt via de onverwarmde ruimte te voorkomen, wordt in NEN-EN-ISO 13789  $H_{V;iu} = 0$  gesteld.

en:

$$H_{V;ue} = \frac{(\rho_a \times c_a) \times \dot{V}_{ue}}{3600} \quad (8.57)$$

waarin:

- $\dot{V}_{iu}$  is de luchtvolumestroom tussen de verwarmde en onverwarmde ruimte, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $\dot{V}_{ue}$  is de luchtvolumestroom door ventilatie en exfiltratie tussen de onverwarmde ruimte en buiten, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- ( $\rho_a \times c_a$ ) is het product van de soortelijke massa en de warmtecapaciteit van lucht, in  $\text{J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ ;  
 $\rho_a \times c_a = 1,205 \text{ kg/m}^3 \times 1\,005 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) = 1\,211 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ .

De luchtvolumestroom door ventilatie en exfiltratie,  $\dot{V}_{ue}$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , wordt in NEN-EN-ISO 13789 bepaald op basis van het ventilatievoud, waarbij het ventilatievoud feitelijk wordt bepaald door de ex- en infiltratie (zie hiervoor ook hoofdstuk 11).

In afwijking van formule (8.57) mag  $H_{V;ue}$  ook worden bepaald met

$$H_{V;ue} \approx 0,5 \times H_{D;ue} \quad (8.58)$$

Met  $H_{V;iu} = 0$  volgt dan:

$$b_U \approx \frac{1,5 \times H_{D;ue}}{1,5 \times H_{D;ue} + \sum_j H_{D;zi,j;zu}} \quad (8.59)$$

## 8.5 Bepaling warmteverliescoëfficiënt via aangrenzende verwarmde ruimten, $H_A$

Voor berekeningen op basis van dit hoofdstuk wordt het warmtetransport,  $H_A$ , in  $\text{W/K}$ , van of naar een andere verwarmde rekenzone met een van de beschouwde rekenzone afwijkende temperatuur verwaarloosd:

$$H_{A;mi} = 0$$

**OPMERKING 1** In 7.6 van NEN-EN-ISO 13789:2017 wordt de warmteverliescoëfficiënt via aangrenzende ruimten,  $H_A$ , in  $\text{W/K}$ , berekend met:

$$H_{A;mi} = H_{D;ia} \times b_{A;mi} \quad (8.60)$$

$$b_{A;mi} = \frac{(\theta_i - \theta_a)}{(\theta_i - \theta_{e;mi})} \quad (8.61)$$

waarin:

- $b_{A;mi}$  is een dimensiooze reductiefactor in kalendermaand mi;
- $H_{D;ia}$  is de directe warmteverliescoëfficiënt tussen de verwarmde ruimte en de aangrenzende ruimte, bepaald als  $H_D$ , volgens 8.2.1, in  $\text{W/K}$ ;

**OPMERKING 2** Zie figuur 8.14 voor een toelichting op de vlakken en lineaire thermische bruggen die bij de berekening van  $H_{D;ia}$  behoren te worden meegenomen.

$\theta_{e,mi}$  is de buitenlucht temperatuur in kalendermaand  $mi$ , ontleend aan A.1 van NEN 5060, in °C;

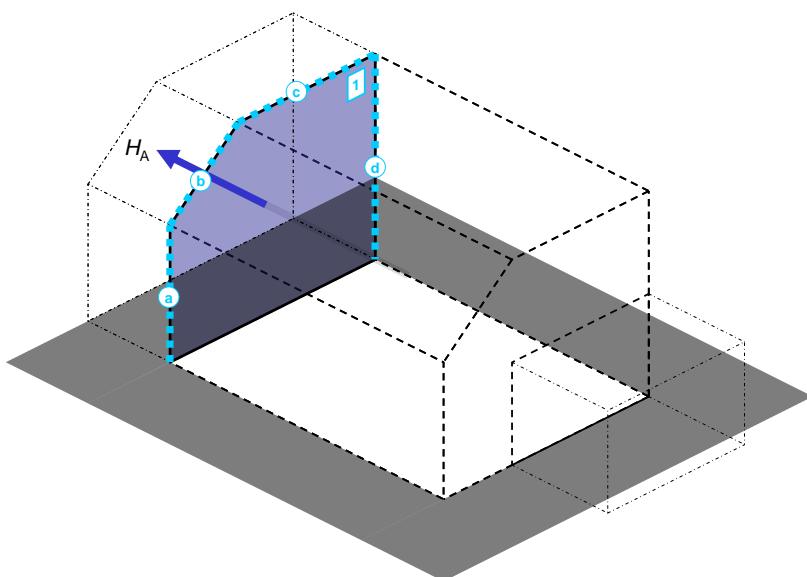
$\theta_a$  is de binnentemperatuur van de aangrenzende verwarmde ruimte, in °C;

$\theta_i$  is de binnentemperatuur van de desbetreffende verwarmde ruimte, in °C.

Voor de binnentemperatuur van verwarmde ruimten,  $\theta_a$  en  $\theta_i$ , worden in het kader van berekeningen de volgende temperaturen gehanteerd:

a) woningen  $\theta = 20$  °C;

b) utiliteitsgebouwen: volgens  $\theta_{int;set;H;stc;zi}$  voor de desbetreffende gebruiksfunctie uit tabel 7.11.



### Legenda

1	$A_{T,i}; U_1$	a	$\ell_a; \psi_a$
		b	$\ell_b; \psi_b$
		c	$\ell_c; \psi_c$
		d	$\ell_d; \psi_d$

**Figuur 8.14 — Visuele weergave van de parameters bepalend voor de berekening van  $H_{D,ia}$**

OPMERKING 3 Bij de berekening van de  $H_A$  ( $H_{D,ia}$ ) worden niet meegenomen:lineaire thermische bruggen die een scheiding vormen tussen scheidingsvlakken van de verwarmde ruimte met de aangrenzende verwarmde ruimte en de grond (zie ook opmerking 8 onder figuur 8.2).

## 8.6 Bepaling van de thermische koppelingscoëfficiënt, $L$

### 8.6.1 Numerieke rekenmethoden

#### 8.6.1.1 Bepaling van de thermische koppelingscoëfficiënt voor vlakken, $L$

De thermische koppelingscoëfficiënten worden bepaald met een numerieke rekenmethode die voldoet aan de criteria in bijlage C van NEN-EN-ISO 10211:2017 (thermische bruggen) en aan de criteria in bijlage I van NEN-EN-ISO 10077-2:2017 (ramen, deuren en luiken).

Daarbij worden de waarden van de warmtegeleidingscoëfficiënten,  $\lambda$ , van de in het onderdeel toegepaste materialen ontleend aan bijlage E en de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënten van eventueel in het onderdeel voorkomende holten ontleend aan bijlage F.

**OPMERKING** NEN-EN-ISO 10077-2 geeft een overzicht van warmtegeleidingscoëfficiënten (-waarden) van materialen, toegepast in ramen en kozijnen.

De thermische koppelingscoëfficiënt,  $L$ , in W/K van het rekenmodel van een ondoorschijnende oppervlakte wordt, bij  $\Delta T = 1$  K, bepaald volgens:

$$L = \frac{(\Phi_i + \Phi_e)}{2 \times \Delta T} = \frac{(\Phi_i + \Phi_e)}{2} \quad (8.62)$$

waarin:

- $\Phi_i$  is de totale ingaande warmtestroom bepaald door het stelsel van vergelijkingen, bepaald volgens 8.6.2 voor een temperatuurverschil van  $\Delta T = 1$  K, in W;
- $\Phi_e$  is de totale uitgaande warmtestroom bepaald door het stelsel van vergelijkingen bepaald volgens 8.6.2 voor een temperatuurverschil van  $\Delta T = 1$  K, in W.

### 8.6.1.2 Bepaling van de lineaire thermische koppelingscoëfficiënt voor lijnvormige aansluitingen, $L^{2D}$

De 2D-thermische koppelingscoëfficiënt moet worden bepaald met een numerieke rekenmethode die voldoet aan de criteria in bijlage C van NEN-EN-ISO 10211:2017 (thermische bruggen) en aan de criteria in bijlage I van NEN-EN-ISO 10077-2 (ramen, deuren en luiken).

In het rekenmodel moet, bij  $\Delta T = 1$  K, de lineaire 2D-thermische koppelingscoëfficiënt worden bepaald, voor de aansluiting tussen verschillende constructieonderdelen niet grenzend aan de grond,  $L^{2D}$ , in W/(m×K), volgens:

$$L^{2D} = \frac{(\Phi_i + \Phi_e)}{(2 \times \ell) \times \Delta T} = \frac{(\Phi_i + \Phi_e)}{(2 \times \ell)} \quad (8.63)$$

waarin:

- $\Phi_i$  is de totale ingaande warmtestroom bepaald door het stelsel van vergelijkingen bepaald volgens 8.6.2 voor een temperatuurverschil van  $\Delta T = 1$  K, in W;
- $\Phi_e$  is de totale uitgaande warmtestroom bepaald door het stelsel van vergelijkingen bepaald volgens 8.6.2 voor een temperatuurverschil van  $\Delta T = 1$  K, in W;
- $\ell$  is de lengte waarover de doorsnede van het rekenmodel homogeen of quasihomogeen blijft, in m;

### 8.6.2 Rekenprocedure

#### 8.6.2.1 Modellering van het constructieonderdeel

Voor de berekening van de warmtestromen  $\Phi_i$  en  $\Phi_e$  in een constructieonderdeel wordt met een numerieke rekenmethode de temperatuurverdeling in dat constructieonderdeel berekend.

Daarvoor wordt volgens de in 8.6.2.2 geschetste procedure elk bouwkundig detail in een meerdimensionaal geometrisch model omgezet. Een gemodelleerd detail wordt vervolgens verdeeld in een aantal aan elkaar grenzende materiaalcellen, elk met een homogene warmtegeleidingscoëfficiënt.

Over de knooppunten van het netwerk (van aan elkaar grenzende materiaalcellen) wordt de temperatuurverdeling bepaald waaruit vervolgens de warmtestromen door de materiaalcellen worden berekend.

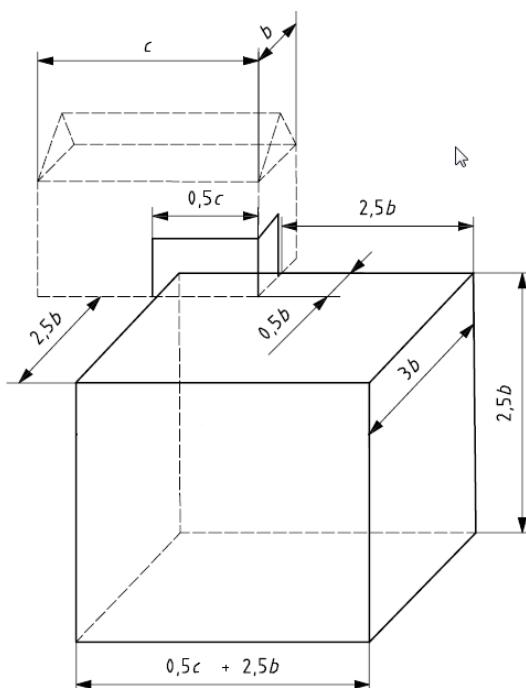
**OPMERKING** De hierboven aangeduide rekenmethoden staan bekend onder de namen 'eindige-elementenmethode' of 'eindige-differentiemethode'.

### 8.6.2.2 Regels voor het modelleren

#### 8.6.2.2.1 Afsnijvlakken van het geometrisch model

Het is meestal niet doenlijk om een compleet gebouw met één enkel geometrisch model te modelleren. In de meeste gevallen mag het gebouw met afsnijvlakken worden onderverdeeld in verschillende stukken (inclusief de ondergrond indien van toepassing). Deze onderverdeling moet zo worden uitgevoerd dat verschillen in berekeningsresultaat tussen het opgedeelde gebouw en het als één geheel behandelde gebouw worden vermeden. Deze verdeling in verscheidene geometrische modellen wordt bereikt door de keuze van geschikte afsnijvlakken.

In een gedetailleerd model worden voor de bepaling van het warmteverlies naar de grond de afsnijvlakken in de grond gekozen volgens figuur 8.15. Wanneer hierbij een ruimte met een vloer onder het maaiveld moet worden opgenomen, worden de afsnijvlakken bepaald volgens 8.6.2.2.4.



#### Legenda

- $b$  breedte van de vloer
- $c$  lengte van de vloer ( $c > b$ )

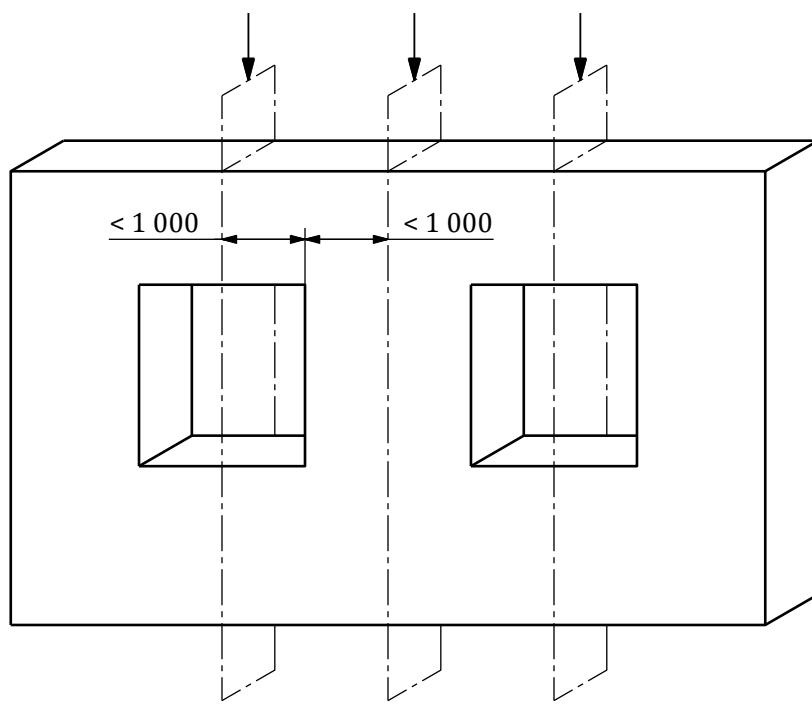
**Figuur 8.15 — Afmetingen grondlichaam voor de berekening van de stationaire warmteverliescoëfficiënt  $H_g$**

**OPMERKING** Figuur 8.15 is overeenkomstig met figuur 9 van NEN-EN-ISO 10211:2017.

### 8.6.2.2.2 Afsnijvlakken bij vlakvormige elementen

Voor de bepaling van  $U_C$ -waarden worden constructieonderdelen die geen raam, geen deur (inclusief kozijn) of geen kozijn met vast paneel zijn, worden gemodelleerd volgens K.1.3, met dien verstande dat:

- in plaats van de gehele constructie te modelleren mag ook een gedeelte van het constructieonderdeel worden gemodelleerd, indien wegens symmetrie de warmtestroomdichtheid van het desbetreffende gedeelte gelijk is aan de warmtestroomdichtheid van het gehele constructieonderdeel;
- ter plaatse van een symmetrievlak, indien dit zich op minder dan  $d_{\min} = 1$  m van het centrale element bevindt (zie figuur 8.16);



afmetingen in mm

**Figuur 8.16 — Symmetrievlakken die als afsnijvlakken kunnen worden gebruikt**

### 8.6.2.2.3 Afsnijvlakken bij lijnvormige elementen

Voor de bepaling van  $\psi$ -waarden worden afsnijvlakken als volgt gekozen:

- in de ondergrond onder een vloerconstructie, ongeacht of deze boven een kruipruimte of direct op de ondergrond is gelegen:
  - een verticaal afsnijvlak binnen het gebouw op een afstand  $b_{fl} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $b_{fl} = 4$  m vanaf de binnenwerkse rand van de vloer; in het geval het afsnijvlak is gekozen op een afstand  $b_{fl} = 4$  m vanaf de binnenwerkse rand van de vloer mag de onder die condities bepaalde  $\psi$ -waarde ook worden gebruikt voor vloeren met grotere afmeting ( $B'_f > 8$  m);
  - een verticaal afsnijvlak buiten het gebouw op een afstand  $b_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $b_{gr} = 20$  m, vanaf de binnenwerkse rand van de vloer;

- een horizontaal afsnijvlak op een diepte  $d_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $d_{gr} = 20$  m, onder het maaiveld (zie ook figuur 8.17);

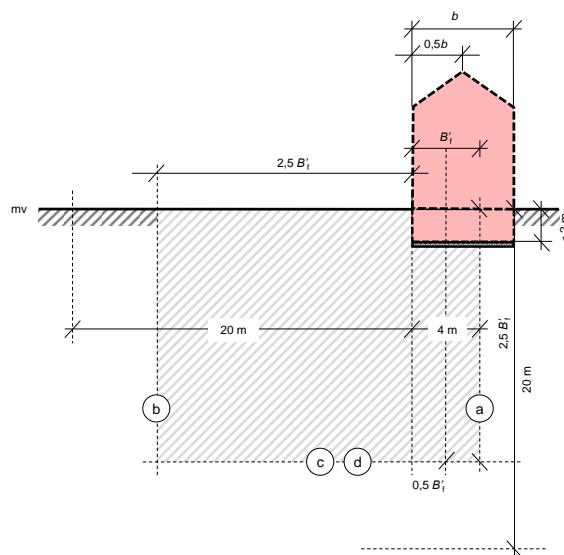
#### **8.6.2.2.4 Afsnijvlakken in geval van lijnvormige elementen van een (gedeeltelijk) onder het maaiveld gelegen (on)verwarmde ruimte**

In geval van een gedeeltelijk onder het maaiveld gelegen (on)verwarmde ruimte worden afsnijvlakken als volgt geplaatst:

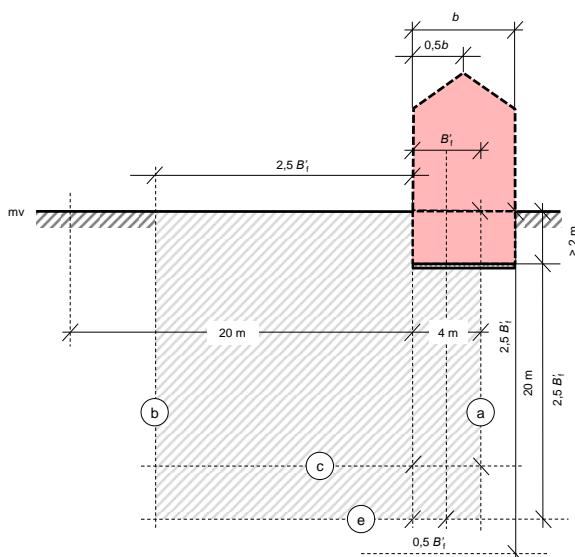
- a) een verticaal afsnijvlak binnen de verwarmde ruimte op afstand  $b_{fl} = 4$  m vanaf de binnenwerkse omtrek van de verwarmde ruimte;
- b) een verticaal afsnijvlak buiten het gebouw op een afstand  $b_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $b_{gr} = 20$  m, vanaf de binnenwerkse omtrek van de verwarmde ruimte;
- c) een horizontaal afsnijvlak door de wanden ter hoogte van het maaiveld; afstand van  $d_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ ;
- d) indien de keldervloer minder dan 2 m onder het maaiveld is gelegen, een horizontaal afsnijvlak in de ondergrond op een diepte van  $d_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $d_{gr} = 20$  m, onder het maaiveld, of, als dat minder is, op een afstand van  $2,5 \cdot B'_f$  onder het maaiveld;
- e) indien de keldervloer op een diepte van 2 m of meer onder het maaiveld is gelegen, een horizontaal afsnijvlak in de ondergrond op een diepte van  $d_{gr} = 2,5 \cdot B'_f$ , doch ten hoogste  $d_{gr} = 20$  m, onder de bovenkant van de laagst gelegen vloer.

OPMERKING 1 Zie 8.3.2.2 voor de berekening van  $B'_f$ .

Zie ook figuren 8.17a) en 8.17b).



**a) bovenzijde laagst gelegen vloer op minder dan 2 m onder maaiveld**



**b) bovenzijde laagst gelegen vloer op 2 m of meer onder maaiveld**

#### Legenda

- mv maaiveld
- $b$  gebouw breedte
- $B'_f$  karakteristieke breedte (zie 8.3.2.2)
- a-e afsnijvlakken als bedoeld in 8.6.2.2.4

**Figuur 8.17— Afmetingen grondlichaam voor de berekening van de lineaire koppelingscoëfficiënt in geval van verwarmde ruimten waarvan de vloer onder het maaiveld is gelegen**

OPMERKING 2 Figuur 8.17 is een bewerking van figuur 10 van NEN-EN-ISO 10211:2017.

### 8.6.2.3 Aanpassingen van dimensies

#### 8.6.2.3.1 Algemeen

Aanpassingen van de dimensies van het geometrisch model ten opzichte van de werkelijke geometrie van het constructieonderdeel zijn toegelaten zolang zij geen significante invloed op het berekeningsresultaat hebben. Dit laatste mag worden aangenomen wanneer aan de onderstaande voorwaarden is voldaan, onverminderd het feit dat rekenresultaten van het werkelijke model altijd voorrang hebben, met name waar het gaat om het voldoen aan bepaalde eisen.

##### a) Warmtegeleidingscoëfficiënt

Van elk materiaal moet de warmtegeleidingscoëfficiënt worden ontleend aan bijlage E  
Aanpassing van dimensies mag alleen plaatsvinden bij materialen met een  
warmtegeleidingscoëfficiënt lager dan  $3,0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

##### b) Ligging van binnen- of buitenoppervlak van een materiaalblok

Een oppervlak dat in werkelijkheid niet vlak is, mag in het model worden vervangen door een vlak oppervlak dat gelegen is op de gemiddelde positie van het werkelijke oppervlak, zolang voor de afwijking tussen gemiddelde en werkelijke positie op elke plaats geldt (zie figuur 8.18):

$$d_{\text{corr}} \leq R_{\text{corr}} \times \lambda \quad (8.64)$$

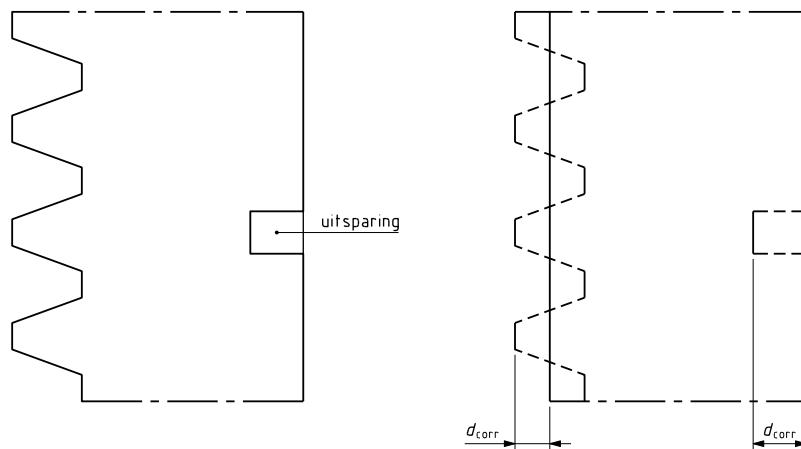
waarin:

$d_{\text{corr}}$  is de plaatselijke aanpassing loodrecht op de gemiddelde positie van het binnenvlak;

$R_{\text{corr}}$  is gelijk aan  $0,03 (\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ ;

$\lambda$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het desbetreffende materiaal.

**OPMERKING** Voorbeelden zijn: hellende oppervlakken, afgeronde hoeken en geprofileerde oppervlakken zoals dakpannen.



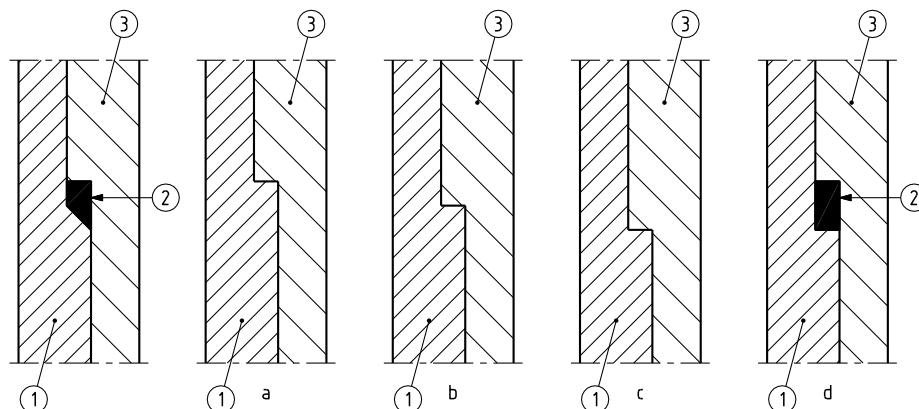
**Figuur 8.18 — Verandering van de ligging van het binnenvlak**

##### c) Verandering van het scheidingsvlak tussen twee verschillende materialen

De verplaatsing van het scheidingsvlak moet plaatsvinden in de richting loodrecht op het binnenoppervlak.

De verplaatsing van het scheidingsvlak moet zo zijn dat het materiaal met de lagere warmtegeleidingscoëfficiënt wordt vervangen door het materiaal met de hogere warmtegeleidingscoëfficiënt (zie figuur 8.19).

**OPMERKING** Voorbeelden zijn: verzonken afdichtingsstroken, kitvoegen, correctieblokjes, wandcontactdozen, hellende oppervlakken en andere verbindingsdetails.



#### Legenda

Materiaalblok	Warmtegeleiding s-coëfficiënt	Vereenvoudiging			
		a	b	c	d
1	$\lambda_1$	$\lambda_1 > \lambda_2$	$\lambda_1 > \lambda_3$	$\lambda_1 < \lambda_3$	$\lambda_1 < \lambda_2$
2	$\lambda_2$				
3	$\lambda_3$			$\lambda_3 > \lambda_2$	$\lambda_3 < \lambda_2$

**Figuur 8.19— Vier mogelijkheden voor de verplaatsing van het grensvlak tussen drie materiaalblokken, afhankelijk van de verhouding van hun warmtegeleidingscoëfficiënten**

#### d) Verwaarlozing van dunne lagen

Lagen die niet van metaal zijn met een dikte van niet meer dan 1 mm mogen worden genegeerd.

**OPMERKING** Voorbeelden zijn dunne folies die het transport van vrij vocht, waterdamp of lucht onder invloed van wind tegengaan.

Dunne metaallagen mogen worden genegeerd als kan worden vastgesteld dat deze een verwaarloosbaar effect op de warmtetransmissie hebben.

#### e) Verwaarlozing van appendages bevestigd aan het buitenoppervlak.

Gebouwelementen die tegen het buitenoppervlak zijn bevestigd (d.w.z. bevestigd op afzonderlijke plaatsen) mogen worden genegeerd.

**OPMERKING** Voorbeelden zijn dakgoten en afvoerpijpen.

### 8.6.3 Quasihomogene lagen

#### 8.6.3.1 Quasihomogene lagen in vlakke constructie-elementen

**OPMERKING 1** Een isolatielaag in een constructie-element die op regelmatige afstanden wordt doorboord door bevestigingshulpmiddelen (zoals ankers) kan als quasihomogene laag worden beschouwd; incidentele thermische bruggen worden evenwel buiten beschouwing gelaten.

Wanneer aan de volgende, in 7.3.3.1 van NEN-EN-ISO 10211:2017 gestelde, voorwaarden wordt voldaan:

- de desbetreffende materiaallagen zijn gesitueerd in een deel van de constructie dat, na vereenvoudiging, een flankerend element wordt;
- de warmtegeleidingscoëfficiënt van de quasihomogene laag is, na vereenvoudiging, niet groter dan 1,5 maal de laagste warmtegeleidingscoëfficiënt van de materialen in de niet-vereenvoudigde laag,

kan de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda'$ , W/(m·K) worden berekend volgens 7.3.3.2 van NEN-EN-ISO 10211:2017, met:

$$\lambda' = \frac{d}{\frac{A}{L^{3D}} - R_{si} - R_{se} - \sum_j \left( \frac{d_j}{\lambda_j} \right)} \quad (8.65)$$

of

$$\lambda' = \frac{d}{\frac{\ell}{L^{2D}} - R_{si} - R_{se} - \sum_j \left( \frac{d_j}{\lambda_j} \right)} \quad (8.66)$$

waarin:

$d$  is de dikte van de thermisch inhomogene laag, in m;

$A$  is de oppervlakte van het constructie-element, in m<sup>2</sup>;

$\ell$  is de lengte van de lineaire thermische brug, in m;

$L^{2D}$  is de lineaire thermische koppelingscoëfficiënt van het constructie-element bepaald op basis van een 2D-berekening, in W/(m·K);

$L^{3D}$  is de lineaire thermische koppelingscoëfficiënt van het constructie-element bepaald op basis van een 3D-berekening, in W/K;

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de ingaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in (m<sup>2</sup>·K)/W;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in (m<sup>2</sup>·K)/W.

$d_j$  is de dikte van een homogene laag  $j$  binnen het constructie-element, in m;

$\lambda_j$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de homogene laag  $j$ , in W/(m·K).

**OPMERKING 2** Formules (8.65) en (8.66) kunnen worden gebruikt wanneer er diverse identieke, kleine thermische bruggen in de constructie aanwezig zijn (zoals muurankers en voegen in metselwerk, holle ruimten enz.). De berekening van de thermische koppelingscoëfficiënt kan worden beperkt tot een basisoppervlakte die representatief is voor de inhomogene laag, bijvoorbeeld een spouw met vier muurankers per m<sup>2</sup> kan worden benaderd met een basisoppervlakte van 0,25 m<sup>2</sup> met één muuranker.

### 8.6.3.2 Quasihomogene lagen in een quasihomogene thermische brug

Een laag in een lineaire thermische brug, die wordt doorbroken door een constructieve verbinding mag, in afwijking van de nauwkeuriger complete 3D-modellering, onder voorwaarden als quasihomogeen worden beschouwd.

Ook een isolatielaag als onderdeel van een constructieonderdeel dat (na vereenvoudiging) een flankerend element wordt, die voor mechanische bevestiging van de isolatielaag wordt doorbroken door bevestigingshulpmiddelen (ankers, stiften, (dak)schroeven e.d.) mag, in afwijking van de nauwkeuriger complete 3D-modellering, als quasihomogeen worden beschouwd, wanneer aan de hieronder gegeven, in 7.3.3.3 van NEN-EN-ISO 10211:2017 gestelde, voorwaarden wordt voldaan:

- de thermische bruggen in de desbetreffende materiaallaag staan (nagenoeg) loodrecht op het uit- of inwendig oppervlak van het constructie-element en doorboren de materiaallaag over de volledige dikte;
- de warmteweerstand van het totale constructie-element, na vereenvoudiging, is ten minste 1,5 (m<sup>2</sup>·K)/W;
- aan de in tabel 8.6 gegeven condities is voldaan;

**OPMERKING 1** Tabel 8.6 is ontleend aan tabel 6 van NEN-EN-ISO 10211:2017.

kan voor een dergelijke laag de warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda'$ ) in het 2D-model worden bepaald volgens:

$$\lambda' = \frac{(\lambda_{laag} \times A_{laag} + \lambda_{fa} \times A_{fa})}{(A_{laag} + A_{fa})} \quad (8.67)$$

waarin:

$\lambda_{laag}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal, in W/(m·K);

$\lambda_{fa}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de doorbrekende constructieve verbindingen, in W/(m·K);

**OPMERKING 2** De warmtegeleidingscoëfficiënt van ankers, stiften of schroeven kan worden ontleend aan NEN-EN-ISO 10456; voor staal (RVS) bedraagt  $\lambda_{fa} = 17 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ; voor bevestigingshulpmiddelen van kunststof worden in NEN-EN-ISO 10456 voor de in dit verband gangbare kunststoffen,  $\lambda$ -waarden tussen  $\lambda_{fa} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$  en  $\lambda_{fa} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  genoemd (zie ook bijlage H).

$A_{laag}$  is de (netto-)oppervlakte van de laag, in m<sup>2</sup>;

$A_{fa}$  is de (totale) doorsnedeoppervlakte van de doorbrekende constructieve verbindingen, in m<sup>2</sup>.

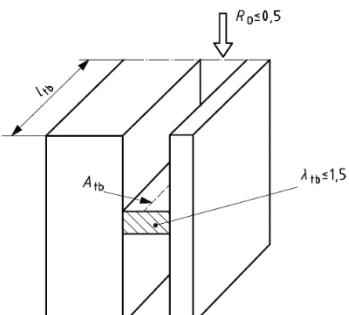
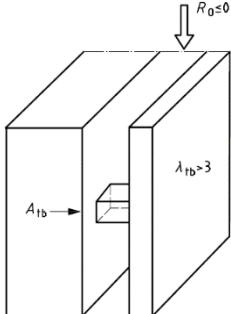
In geval van doorbreking van een isolatielaag, behoort voor  $A_{laag}$  en  $\lambda_{laag}$  te worden gehanteerd resp.  $A_{iso}$  en  $\lambda_{iso}$ , waarbij de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal  $\lambda_{iso}$ , in W/(m·K), wordt bepaald volgens E.1.

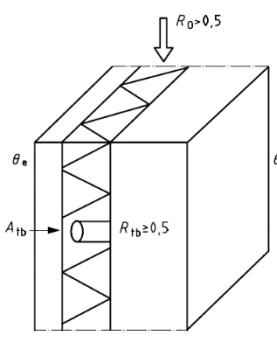
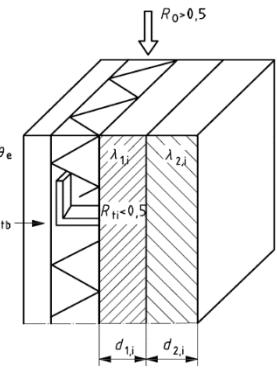
De invloed van de doorbrekende constructieve verbindingen op de warmtegeleidingscoëfficiënt van het beton of metselwerk waarin zij zijn opgenomen mag buiten beschouwing worden gelaten.

Voor de toepassing van formule (8.67) doet het niet ter zake of de doorbrekingen gelijkmatig over de lengte van de lineaire thermische brug zijn verdeeld. Hierbij moet bijvoorbeeld worden gedacht aan de mechanische bevestiging van dakisolatieplaten waarbij, afhankelijk van de van toepassing zijnde winddrukzone, een verschillend aantal dakschroeven per  $m^2$  nodig is.

Indien verwacht wordt dat toepassing van formule (8.67) een te ongunstige uitkomst zal opleveren, mogen de doorbrekingen als aparte elementen in het rekenmodel worden ingevoerd.

**Tabel 8.6 — Specifieke condities voor opneming van lineaire en/of puntvormige thermische bruggen in een quasihomogene laag**

	Groep 1 omvat lineaire thermische bruggen, bijvoorbeeld voegen in metselwerk, houten latten in spouwen of in geïsoleerde holten van geringe dikte		$\lambda_{tb}$ W/(m·K)	$A_{tb}$ m <sup>2</sup>	$R_0$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{T,i}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$\lambda_i$ W/(m·K)	$d_i$ m
			$\leq 1,5$	$\leq 0,05 \times \ell_{tb}$	$\leq 0,5$	-	-	-
2	Groep 2 omvat onderdelen zoals muurankers, voor zover deze zijn gemonteerd in het metselwerk of beton of zijn geplaatst in een spouw, evenals bevestigingshulpmiddelen (ankers, stiften, (dak)schroeven e.d.) met de aangegeven, maximale warmteweerstand.		$\lambda_{tb}$ W/(m·K)	$A_{tb}$ m <sup>2</sup>	$R_0$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{T,i}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$\lambda_i$ W/(m·K)	$d_i$ m
			$> 3$	$\leq 30 \times 10^{-6}$	$\leq 0,5$	-	-	-
Groepen 3 en 4 omvatten onderdelen als spouwankers, voor zover deze doordringen in een isolatielaag met een hogere warmteweerstand dan aangegeven voor groep 2. Daartoe moet het binnenoppervlak thermische eigenschappen hebben die de invloed van de thermische bruggen op de binnenoppervlakte temperatuur beperken, bijvoorbeeld wanneer de warmteweerstand van het binnenoppervlak afdoende is (groep 3) of wanneer de warmtedoorgangscoëfficiënt van het binnenoppervlak dusdanig is dat de warmtestroom door de spouwankers afdoende is verdeeld over het binnenoppervlak; de meeste binnenmuren van metselwerk of beton zijn voorbeelden uit groep 4.								

3		$\lambda_{tb}$	$A_{tb}$	$R_0$	$R_{T,i}$	$\lambda_i$	$d_i$
		W/(m·K)	m <sup>2</sup>	(m <sup>2</sup> ·K)/W	(m <sup>2</sup> ·K)/W	W/(m·K)	m
4		$\lambda_{tb}$	$A_{tb}$	$R_0$	$R_{T,i}$	$\lambda_i$	$d_i$
		W/(m·K)	m <sup>2</sup>	(m <sup>2</sup> ·K)/W	(m <sup>2</sup> ·K)/W	W/(m·K)	m

$\lambda_{tb}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de in de quasihomogene laag op te nemen lineaire thermische brug, in W/(m·K);  
 $A_{tb}$  is de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de lineaire thermische brug, in m<sup>2</sup>;  
 $\ell_{tb}$  is lengte van de lineaire thermische brug, in m;  
 $R_0$  is de warmteweerstand van de laag met uitsluiting van puntvormige thermische bruggen, in (m<sup>2</sup>·K)/W;  
 $R_{T,i}$  is de totale warmteweerstand van de lagen tussen de beschouwde quasihomogene laag en de binnenoppervlakte, in W/(m·K);  
 $\lambda_i$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal met de hoogste waarde voor  $\lambda_i \leq d_i$ , tussen de beschouwde quasihomogene laag en de binnenoppervlakte, in W/(m·K);  
 $d_i$  is de dikte van het desbetreffende materiaal, in m.

#### 8.6.4 Verdeling in materiaalcellen

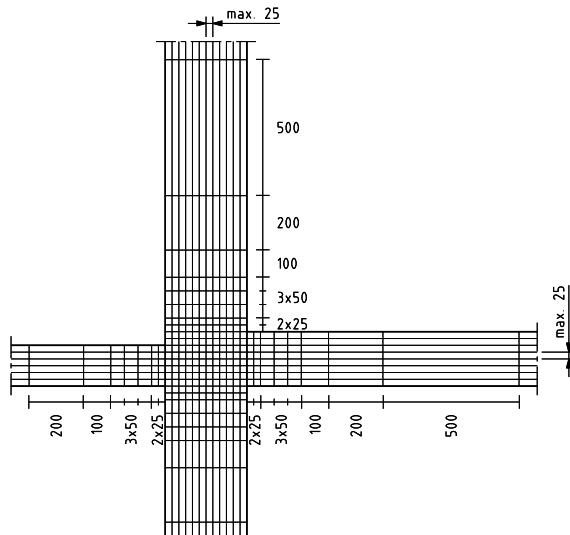
De verdeling van het model in materiaalcellen moet zo zijn dat een halvering van de grootte van de cellen een afwijking van minder dan 1 % van het berekeningsresultaat oplevert.

**OPMERKING** Een aan dit criterium voldoende onderverdeling van het geometrische model wordt in het algemeen verkregen door de fijnste onderverdeling in het centrale element aan te brengen en geleidelijk de afmetingen van de onderverdeling in de flankerende elementen naar de afsnijvlakken te vergroten.  
Om te voldoen aan deze eis geldt doorgaans dat de afstanden tussen naast elkaar liggende parallelle vlakken de volgende waarden niet behoren te overschrijden (zie figuur 8.20):

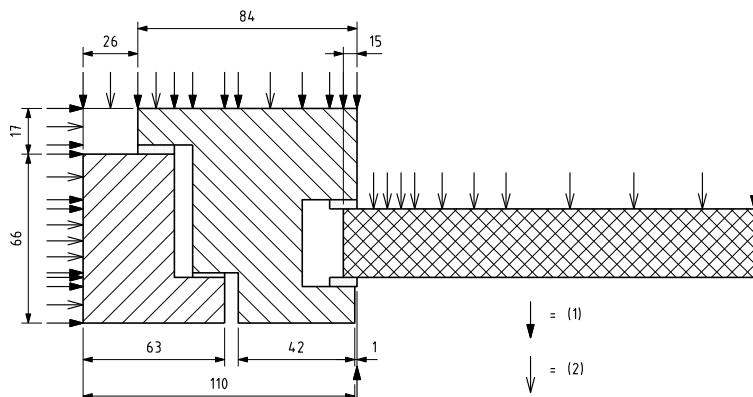
- binnen het centrale element: 25 mm;
- binnen de flankerende elementen, gemeten vanaf het constructievlak dat het centrale element afscheidt van het flankerende element: 25 mm, 25 mm, 50 mm, 50 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mm, 500 mm, 1 000 mm, 2 000 mm en 4 000 mm.

Voor constructieonderdelen met profileringen van kleine afmetingen (bijvoorbeeld raamprofielen) zal een fijnmaziger onderverdeling noodzakelijk zijn (zie figuur 8.21).

afmetingen in mm

**Figuur 8.20 — Voorbeeld van constructievlekken aangevuld met hulpvlakken**

afmetingen in mm

**Legenda**

- (1) constructievlak  
(2) hulpvlak

**Figuur 8.21 — Voorbeeld van constructievlekken en hulpvlakken in het geometrisch 2D-model van een raamkozijn****8.6.5 Equivalente warmtegeleiding van luchtlagen,  $\lambda_{\text{equi};\text{cav}}$** 

Ontleen de warmteweerstand van een sterk geventileerde luchtlag aan C.3.3.

Een niet of zwak geventileerde luchtlag of -spouw moet worden beschouwd als een homogeen geleidend materiaal met een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda_{\text{equi}}$ . Indien de warmteweerstand van een luchtlag of spouw bekend is, wordt de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_{\text{equi}}$ , bepaald met:

$$\lambda_{\text{eq}} = \frac{d_{\text{cav}}}{R_{\text{cav}}} \quad (8.68)$$

waarin:

$d_{\text{cav}}$  is de dikte van de luchtlaag, in m;

$R_{\text{cav}}$  is de warmteweerstand van de luchtlaag in de hoofdrichting van de warmtestroom, te ontlenen aan C.3, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

Warmteweerstanden van luchtlagen en spouwen, begrensd door niet-transparante materialen, moeten zijn bepaald volgens bijlage F. Voor de warmteweerstand van luchtlagen in meervoudige beglazing zie NEN-EN 673. Informatie over de behandeling van spouwen in kozijnen wordt gegeven in NEN-EN-ISO 10077-2.

**OPMERKING** Luchtspouwen met afmetingen groter dan 0,3 m langs elk van de orthogonale assen behoren te worden behandeld als (aangrenzend) onverwarmde ruimten, zie 8.4.

## 8.6.6 Rekenregels

### 8.6.6.1 Warmtestromen tussen materiaalcellen onderling

De wet van behoud van energie (zie formule (8.70)) en de wet van Fourier (zie formule (8.71)) worden, met inachtneming van de randvoorwaarden, toegepast op het rekenmodel dat verdeeld is in een aantal materiaalcellen. Hiermee wordt een stelsel vergelijkingen verkregen die functies zijn van de temperaturen op specifieke punten (knopen). De temperatuur op de knooppunten volgt uit de oplossing van dit stelsel vergelijkingen. Het stelsel vergelijkingen wordt opgelost met hetzij een directe oplossingsmethode dan wel met een iteratieve methode. De temperatuur tussen de knooppunten kan worden verkregen door vrijwel lineaire interpolatie. Door de wet van Fourier toe te passen kunnen tevens de warmtestromen worden berekend uit de temperatuurverdeling.

Tussen de knooppunten van twee aangrenzende materiaalcellen  $j$  en  $k$  met de knooppunttemperaturen  $\theta_j$  en  $\theta_k$  vloeit een warmtestroom:

$$\Phi_{j;k} = c_{j;k} \times (\theta_j - \theta_k) \quad (8.69)$$

De constante  $c_{j;k}$  moet worden berekend onder de voorwaarden:

$$\operatorname{div} q = 0 \quad (8.70)$$

$$q = -\lambda \times \operatorname{grad} \theta \quad (8.71)$$

waarin:

$q$  is de warmtestroomdichtheid, in  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$\theta$  is de temperatuur, in  $^\circ\text{C}$ ;

$\lambda$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt, in  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

**OPMERKING 1** Formule (8.70) is de wiskundige uitdrukking van een thermisch stationaire conditie, die met de rekenmethode met de gestelde maximaal toelaatbare rekenon nauwkeurigheid wordt benaderd.

**OPMERKING 2** Hierbij wordt uitgegaan van:

- een onsamendrukbaar materiaal;
- geen warmteproductie binnen de materiaalcel;
- een isotrope warmtegeleidingscoëfficiënt, die onafhankelijk is van de temperatuur.

### 8.6.6.2 Warmtestromen tussen materiaalcellen en aangrenzende lucht

De warmtestroomdichtheid loodrecht op het grensvlak tussen een materiaalcel en de aangrenzende lucht voldoet aan:

$$q = \frac{(\theta_i - \theta_s)}{R_{si}} \quad (8.72)$$

bij een ingaande warmtestroom en aan:

$$q = \frac{(\theta_s - \theta_e)}{R_{se}} \quad (8.73)$$

voor een uitgaande warmtestroom,

waarin:

- $q$  is de warmtestroomdichtheid, in  $\text{W}/\text{m}^2$ ;
- $\theta_i$  is de temperatuur van de aangrenzende lucht aan de zijde van de ingaande warmtestroom, in  $^\circ\text{C}$ ;
- $\theta_e$  is de temperatuur van de aangrenzende lucht aan de zijde van de uitgaande warmtestroom, in  $^\circ\text{C}$ ;
- $\theta_s$  is de oppervlaktetemperatuur in het grensvlak, in  $^\circ\text{C}$ ;
- $R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;
- $R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

### 8.6.6.3 Warmtestromen tussen materiaalcellen en aangrenzende, niet tot het rekendetail behorende materialen

De warmtestroomdichtheid  $q$ , in  $\text{W}/\text{m}^2$ , loodrecht op de grensvlakken, die het rekendetail scheiden van niet tot dat rekendetail behorende constructieonderdelen moet voldoen aan:

$$q = 0$$

### 8.6.6.4 Oplossing van de vergelijkingen

Bepaal op grond van de in 8.6.6.1 t/m 8.6.6.3 vermelde rekenregels de evenwichtsvergelijkingen voor de warmtestromen in elk hoekpunt van de materiaalcellen aan het oppervlak. Los het stelsel van vergelijkingen op voor een temperatuurverschil van 1 K en bepaal de totale ingaande ( $\Phi_i$ ) en uitgaande warmtestroom ( $\Phi_e$ ). Het onderlinge verschil tussen  $\Phi_i$  en  $\Phi_e$  mag niet meer bedragen dan 1 % van de laagste waarde van  $\Phi_i$  en  $\Phi_e$ .

## 9 Verwarming

### 9.1 Principe

Bij het toepassen van een kwaliteitsverklaring moet, tenzij anders aangegeven, de gegeven waarde uit de kwaliteitsverklaring naar beneden worden afgerond op maximaal het aantal decimalen als waarmee het getal van de te vervangen forfaitaire waarde in NTA 8800 maximaal is weergegeven.

Indien in een van de tabellen 9.25, 9.27, 9.28 en 9.29 een afwijkende waarde wordt toegepast, moet het opwekkingsrendement of de prestatiecoëfficiënt naar beneden zijn afgerond naar een veelvoud van 0,025 voor met gas gestookte opwekkers of 0,05 voor elektrische opwekkers.

De delen van het gebouw die worden meegenomen binnen de begrenzing van de energieprestatiaberekening, worden samen de ‘thermische zone’ genoemd.

In een thermische zone kunnen meerdere warmteafgiftesystemen, warmtedistributiesystemen en warmteopweksystemen aanwezig zijn. De thermische zone wordt ingedeeld in klimatiseringszones. Elke klimatiseringszone wordt ingedeeld in een of meer rekenzones.

In een rekenzone is één verwarmingssysteem aanwezig. In een rekenzone is maximaal één luchtbehandelingssysteem aanwezig.

Indien in een ruimte in een gebouw in werkelijkheid meerdere verwarmingssystemen zijn, wordt, indien in de NTA voor deze ruimte één rekenzone wordt gekozen, het verwarmingssysteem dat het grootste aandeel levert aangewezen als hoofdverwarmingssysteem, en wordt dit verwarmingssysteem beschouwd als enige leverancier van warmte. Bijvoorbeeld bij een combinatie van radiatoren en een lokale elektrische verwarming in een ruimte, worden de radiatoren als enige leverancier van warmte beschouwd.

Een verwarmingssysteem bestaat uit de samenhangende onderdelen warmteafgifte, warmtedistributie en warmteopwekking.

Het verwarmingssysteem kan de gevraagde hoeveelheid energie voor verwarming leveren.

Het verwarmingssysteem bestaat uit het warmteafgiftesysteem, het warmtedistributiesysteem en het warmteopweksysteem. Voor ieder van deze onderdelen worden maandelijkse waarden voor het energiegebruik voor verwarming, de terugwinbare verliezen en de hulpenergie bepaald.

Het distributiedeel kan meerdere warmteafgiftesystemen voorzien van warmte. De hoogst benodigde temperatuur van de warmteafgiftesystemen is bepalend voor de temperatuur in het warmtedistributiesysteem en de opwekkers.

Het warmtedistributiedeel kan door meerdere opwekkers voorzien worden van warmte. Elke opwekker wordt door één soort energiedrager  $ci$  voorzien van energie en levert warmte aan één warmtedistributiesysteem.

Het energiegebruik door centrale voorbehandeling van ventilatielucht wordt toegevoegd aan het energiegebruik voor de warmtedistributie.

De terugwinbare verliezen van een warmtedistributiesysteem worden naar rato van de oppervlakte  $A_g$  verdeeld over alle rekenzones binnen de thermische zone.

In gebouwen met een totale gebruiksoppervlakte ( $A_{g;gebouw}$ ) van meer dan 500 m<sup>2</sup> wordt verondersteld dat de opwekkers inclusief opslag, opgesteld staan in een technische ruimte die wordt gezien als een aangrenzende ruimte.

Verliezen van de opwekkers inclusief een eventueel voorraadvat zijn niet terugwinbaar. De luchttemperatuur van aangrenzende onverwarmde ruimten, voor het bepalen van de verliezen van een distributiesysteem voor ruimteverwarming, wordt bepaald in 7.9.7.

Het maandelijkse energiegebruik voor verwarming wordt voor elk systeem bepaald uit de warmtebehoefte voor verwarming van de desbetreffende rekenzone(s) en de verliezen van het verwarmingssysteem.

De (elektrische) hulpenergie voor de afgiftesystemen en de opwekkingssystemen worden bepaald per rekenzone en voor het distributiedeel per klimatiseringszone, die naar rato van de oppervlakte  $A_g$  over de rekenzones binnen de thermische zone wordt verdeeld.

**OPMERKING** Deze aanpak is conform NEN-EN 15316-1, NEN-EN 15316-2 en NEN-EN 15316-3.

De bijlagen waarnaar in dit hoofdstuk wordt verwezen, zijn normatief.

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming *si* van het gebouw als geheel, geldt:

$$f_{\text{gebouw};si;\text{H}} = \frac{A_{g;si;\text{H}}}{A_{g;\text{gebouw};\text{H}}}$$

In alle andere gevallen geldt:

$$f_{\text{gebouw};si;\text{H}} = 1$$

waarin:

$f_{\text{gebouw};si;\text{H}}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel, aangesloten op de gemeenschappelijke installatie *si* voor de functie verwarming;

$A_{g;si;\text{H}}$  is de gebruiksoppervlakte van het bouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en is aangesloten op een gemeenschappelijke installatie voor de functie ruimteverwarming, in m<sup>2</sup>;

$A_{g;\text{gebouw};\text{H}}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming *si*, bepaald volgens 6.6.7, in m<sup>2</sup>.

Wanneer het verwarmingssysteem gemodelleerd wordt als één groot systeem met meerdere identieke fysieke opweksystemen (met dezelfde opwekkers van hetzelfde merk, type en vermogen en dezelfde energiedragers; bijvoorbeeld bij een woongebouw met een individueel opweksysteem per woning), dan moet bij de bepaling van het opwekkingsrendement, het vermogen van een toestel of pomp en het hulpenergiegebruik rekening worden gehouden met de energievraag per (individueel) fysiek opweksysteem en het werkelijke aantal identieke systemen.

Hierbij mag de totale oppervlakte van het gemodelleerd systeem worden gedeeld door het aantal fysieke identieke systemen om vast te stellen of het een systeem met een gebruiksoppervlakte van meer dan 500 m<sup>2</sup> betreft.

## 9.2 Energiegebruik voor ruimteverwarming (NEN-EN 15316-1:2017, 6.5 t/m 6.10)

Voor gebruik in andere hoofdstukken van deze NTA, worden de volgende energie grootheden m.b.t. ruimteverwarming bepaald in hoofdstuk 9:

$E_{H;gen;gi;cr;j;in}$	(kWh)	Energiegebruik per energiedrager voor opwekking ruimteverwarming, 9.2.1
$W_{H;aux}$	(kWh)	Hulpenergie voor ruimteverwarming, 9.2.4
$Q_{ls;rb1;zi}$	(kWh)	Terugwinbare verliezen naar de verwarmde rekenzone, 9.2.5

In 9.2 zijn de labels voor de maand, *mi*, en eventuele labels voor rekenzone, *zi*, weggelaten.

### 9.2.1 Energiegebruik per energiedrager voor opwekking ruimteverwarming (NEN-EN 15316-1:2017, 6.8)

Deze paragraaf geeft het energiegebruik voor opwekking per energiedrager en per energiefunctie voor de primaire energieberekening zodat de prestatie-indicatoren kunnen worden bepaald.

De verdeling hangt af van de bedrijfswijze.

#### 9.2.1.1 Afwisselende bedrijfswijze

In het geval van een afwisselende bedrijfswijze is al het energiegebruik per energiedrager *cr,j* voor opwekker *gi*,  $E_{H;gen;gi;in;cr,j}$ , uit 9.6 direct gerelateerd aan energiefunctie H (verwarming).

#### 9.2.1.2 Parallelle bedrijfswijze

Bij een parallelle bedrijfswijze wordt het energiegebruik voor opwekking als volgt proportioneel verdeeld over de energie benodigd voor het knooppunt (per energiefunctie, verwarming en/of warmtapwater, die door de verwarmingsinstallatie wordt bediend). Het energiegebruik voor opwekking per energiedrager *cr,j* voor energiefunctie H (verwarming) wordt bepaald door:

$$E_{H;gen;in;cr,j} = \sum_{Y,gi} E_{Y;gen,gi;in;cr,j} \cdot \frac{\sum_{gi} E_{H;gen,gi;out}}{\sum_{Y,gi} E_{Y;gen,gi;out}} \quad (9.1)$$

waarbij wordt gesommeerd over de diverse opwektoestellen (bijv. ketel of warmtepomp), *gi*; en waarbij wordt gesommeerd over de energiefunctie (verwarming en tapwater), Y.

waarin:

$E_{H;gen;gi;in;cr,j}$  is het energiegebruik voor opwekking per energiedrager *cr,j* en per energiefunctie X voor opwekker *gi*, zie 9.6;

waarin:

$E_{H;gen;gi;out}$  wordt gegeven in 9.2.2.

## 9.2.2 Berekening opwekking subsysteem (NEN-EN 15316-1:2017, 6.7)

### 9.2.2.1 Verdeling warmteopwekking

#### 9.2.2.1.1 Algemeen

De verdeling van de op te wekken warmte over de opwektoestellen moet worden gedaan volgens de gedefinieerde instellingen, relevante bedrijfsomstandigheden (bijv. restricties als gevolg van uitwendige temperatuur) en energiefuncties. Opwektoestellen kunnen bijdragen aan verwarming, warm tapwater of beide met preferente (afwisselende) of gelijktijdige (parallelle) productie.

De verdeling van de op te wekken warmte over de opwektoestellen is in de eerste plaats gebaseerd op de verdeling tussen de energiefuncties (instellingen energiefunctie) en vervolgens op de verdeling van de op te wekken warmte over de verschillende opwektoestellen (instellingen opwektoestellen).

#### 9.2.2.1.2 Verdeling opwekking

De verdeling van de op te wekken warmte over de opwekkers is vergelijkbaar met een knooppuntberekening. Het knooppunt is het verbindingspunt tussen opweksystemen en distributiesystemen.

Als eerste wordt de totaal benodigde energie  $Q_{H,nod;in}$  bepaald volgens 9.2.3 en 9.2.3.5. Daarna wordt de input van de knooppuntenergie,  $Q_{H,nod;in}$ , toegewezen aan de opwekkers.

Parallelle bedrijfswijze van opwekkers is de bedrijfswijze waarbij in volgorde van prioritering aanvullende opwekkers worden bijgeschakeld, indien de combinatie van de opwekkers niet aan de warmtevraag kan voldoen.

De bedrijfswijze van opwekkers is parallel in NTA 8800. De energiefractie van de opwekker wordt bepaald met de bèta factor. Indien er voor een warmtepomp gegevens inclusief bedrijfswijze bekend zijn, zijn bijlagen M en R van toepassing (waar o.a. de energiefractie wordt bepaald).

#### 9.2.2.1.3 Bedrijfswijze

De energiefuncties moeten als volgt worden geprioriteerd:

- 1) warm tapwater;
- 2) verwarming;
- 3) overig.

Binnen de functie verwarming worden de opwekkers geprioriteerd volgens tabel 9.1.

**Tabel 9.1 — Standaardprioritering opwekkers verwarming**

Opwekker	Prioriteit
Zonnewarmte <sup>a</sup>	Hoogste
Ventilatieretourlucht warmtepomp, zonder overventilatie	
Warmtepomp, biomassa verbrandingsketel of warmtekrachtinstallatie	
Verbrandingsketel, overig	Laagste
<sup>a</sup> Zonthermische energieopwekking heeft altijd de hoogste prioriteit. De energie geleverd door het zonne-energiesysteem aan de functie ruimteverwarming, wordt verrekend in 9.2.3. Het zonne-energiesysteem komt niet expliciet terug als opwekker in 9.2.3 en in 9.6.	

Bereken voor elke opwekker in de reeks, beginnende bij de eerste opwekker volgens prioritering in tabel 9.1:

- De overgebleven warmtevraag, output  $Q_{H;gen;j;out;req}$ , wordt aan de volgende opwekker  $j$  in de reeks doorgegeven.

$$Q_{H;gen,j;out;req} = Q_{H;nod;in} - \sum_{k=1 \dots j-1} Q_{H;gen;out;k} \quad (9.2)$$

waarin:

de eerste opwekker ( $j = 1$ ) wordt bepaald als

$$Q_{H;gen,1;out;req} = Q_{H;nod;in}$$

$Q_{H;nod;in}$  wordt bepaald in 9.2.3.

- Bepaal voor elke opwekker  $j$  de maximale energie  $Q_{H;gen,j;out;max}$ , die de betreffende opwekker kan leveren volgens 9.6,

waarin:

$$Q_{H;gi;out;max} = F_{H;gen;i;pref;mi} \times Q_{H;node;in}$$

waarin:

$F_{H;gen;i;pref;mi}$  is de energiefractie van opwekker  $i$  met prioriteit  $pref$ , zoals bepaald in 9.6.1.

- Bereken de geleverde warmte van opwekker  $j$   $Q_{H;gen,j;out}$  met

$$Q_{H;gen,j;out} = \min(Q_{H;gen,j;out;req}; Q_{H;gen,j;out;max}) \quad (9.3)$$

waarin:

$Q_{H;gi;out;req}$  is de warmtebehoefte die door opwekker  $gi$  gedekt moet worden;

$Q_{H;gi;out;max}$  is de maximale thermische energie die door opwekker  $gi$  geleverd kan worden, tot het einde van de reeks (tot alle warmtevraag is gedekt).

### 9.2.3 Knooppuntberekening (NEN-EN 15316-1:2017, 6.6)

#### 9.2.3.1 Algemeen

De knooppuntberekening heeft de volgende stappen:

- 1)  $Q_{\text{node output}}$ ;
- 2)  $Q_{\text{node loss}}; Q_{\text{node;gns}}$ ;
- 3)  $Q_{\text{node input}}$ .

Als de distributie ook de tussenliggende knooppunten en vertakkingen omvat, kunnen de formules uit 9.2.3 hiervoor op gelijke wijze worden gebruikt.

In deze paragraaf (9.2.3) zijn in verband met de leesbaarheid de indexen voor de maand,  $mi$ , en voor de rekenzone,  $zi$ , weggelaten.

#### 9.2.3.2 Knooppunt energieoutput (distributiesysteem)

De energieoutput van het knooppunt wordt bepaald door:

$$Q_{H;\text{nod};out} = \sum_{si} Q_{H;dis,si;\text{in}} + Q_{H;AHU,si;\text{in}} + Q_{H;HUM,si;\text{in}} + Q_{W;BWP,si;\text{in}} + Q_{W;conv,si;\text{in}} \quad (9.4)$$

waarin:

- $Q_{H;dis,si;\text{in}}$  is de energie-input in het distributiesysteem  $si$  verbonden aan het knooppunt; zie 9.4;
- $Q_{H;AHU,si;\text{in}}$  is de energie-input van de luchtbehandelingskasten (LBK's) verbonden aan het knooppunt, bepaald als  $Q_{H;AHU;\text{in};req;zi,mi}$  in 11.3.2.6 (daar 'naverwarming ventilatielucht' genoemd);
- $Q_{H;HUM,si;\text{in}}$  is de energie-input voor bevochtiging o.b.v. waterinjectie (verneveling) verbonden aan het knooppunt, bepaald als  $Q_{H;HUM;zi,mi}$  in 12.2;

OPMERKING 1 Benodigde energie voor bevochtiging onder behoud van waterdamp (stoom) wordt verrekend in  $E_{\text{hum},ci}$  in 5.5.4.

$Q_{W;BWP,si;\text{in}}$  is de door de boosterwarmtepomp gebruikte energie, geleverd door het verwarmingssysteem  $si = hj$ , per maand, gelijk aan  $E_{W;\text{gen,in;prac;BWP};hj;mi}$  in 13.8.4.4, in kWh;

$Q_{W;conv,si;\text{in}}$  is de door een afleverset gebruikte energie, geleverd door het verwarmingssysteem  $si = hj$ , per maand, bepaald als  $E_{W;\text{gen,in;conv},hj,mi}$  volgens 13.8.4.9, in kWh.

OPMERKING 2 Een booster warmtepomp kan alleen worden toegepast indien is aangetoond dat deze bij de gemiddelde temperatuur van het toegepaste verwarmingssysteem (bepaald in W.3) kan functioneren.

#### 9.2.3.3 Knooppuntverliezen

Knooppuntverliezen  $Q_{H;\text{nod};ls}$  bestaan uit opslagverliezen aangesloten op het knooppunt en bepaald volgens NEN-EN 15316-5 of volgens 13.6 uitgaande van de werkelijke temperatuurniveaus.

Opslag voor ruimteverwarming wordt in dit hoofdstuk alleen beschouwd in combinatie met zonthermische systemen of in combinatie met warmtapwaterbereiding via een afleverset. Voor zonthermische systemen met opslag, worden de verliezen al verrekend in 13.7. In dat geval is  $Q_{H;nod;ls} = 0$ .

#### 9.2.3.4 Knooppuntwinst

Voor de maandelijkse methode bestaat de knooppuntwinst  $Q_{H;nod;gns}$  uit de bijdrage van zonne-energiesystemen die warmte aan het knooppunt leveren en afzonderlijk bepaald worden volgens 13.7.2.2.5.

$$Q_{H;nod;gns} = Q_{H;ren;sol,prac:si,mi}$$

$$Q_{H;ren;sol,prac:si,mi} = \text{MIN} [Q_{H;nod;out} + Q_{H;nod;ls : \sum_{soli} (Q_{H;ren;prac,si,soli,mi})}]$$

waarin:

$Q_{H;ren;sol,prac:si,mi}$  is de onder praktijkomstandigheden aangeleverde hoeveelheid hernieuwbare energie ten behoeve van ruimteverwarming, in maand  $mi$ , door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie van de op systemen  $si$  aangesloten zonne-energiesystemen in kWh

$Q_{H;ren;prac,si,soli,mi}$  is de onder praktijkomstandigheden aangeleverde hoeveelheid energie ten behoeve van ruimteverwarming, in de maand  $mi$ , door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie door zonne-energiesystemen  $soli$ , ten behoeve van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.7.2.1, in kWh

OPMERKING 1 De hoeveelheid benutte hernieuwbare energie kan nooit groter zijn dan de som van de geleverde warmte en warmteverliezen.

OPMERKING 2 Hulpenergiegebruik en terugwinbare verliezen van zonne-energiesystemen worden verrekend in 13.7.

#### 9.2.3.5 Knooppunt energie-input (opweksysteem)

De knooppunt energie-input wordt bepaald door:

$$Q_{H;nod;in} = Q_{H;nod;out} + Q_{H;nod;ls} - Q_{H;nod;gns} \quad (9.5)$$

waarin:

$Q_{H;nod;in}$  is de energie die aan het knooppunt wordt toegevoerd, in kWh;

$Q_{H;nod;out}$  is de energie die door het knooppunt wordt geleverd, in kWh;

$Q_{H;nod;ls}$  is de energieopslagverliezen van het knooppunt, in kWh;

$Q_{H;nod;gns}$  is de knooppuntwinst uit de bijdrage van zonne-energiesystemen, in kWh.

OPMERKING Via  $Q_{H;nod;ls}$  worden de verliezen van een opslagtank of buffer in het knooppunt meegenomen.

## 9.2.4 Hulpenergie (NEN-EN 15316-1:2017, 6.9)

### 9.2.4.1 Bepalen van de hulpenergie van alle subsystemen

Deze paragraaf beschrijft de hulpenergie voor ruimteverwarming van alle gerelateerde subsystemen. De hulpenergie  $W_{H;\text{aux}}$ , moet als volgt worden bepaald:

$$W_{H;\text{aux}} = \sum_{sj} W_{H;\text{em},zi;\text{aux}} + \sum_{si} W_{H;\text{dis},si;\text{aux}} + \sum_{sk} W_{H;\text{sto},sk;\text{aux}} + \sum_{gl} \sum W_{H;\text{gen},gi;\text{aux}} \quad (9.6)$$

waarin:

- $W_{H;\text{em},zi;\text{aux}}$  is de hulpenergie van het gerelateerde afgiftesysteem, 9.3.4;
- $W_{H;\text{dis},si;\text{aux}}$  is de hulpenergie van het gerelateerde distributiesysteem, 9.4.4;
- $W_{H;\text{sto},sk;\text{aux}}$  is de hulpenergie van het gerelateerde opslagsysteem, 9.5;
- $W_{H;\text{gen},gi;\text{aux}}$  is de hulpenergie van het gerelateerde opweksysteem, 9.6.

## 9.2.5 Terugwinbare systeemverliezen (NEN-EN 15316-1:2017, 6.10)

### 9.2.5.1 Bepaling van terugwinbare verliezen van alle subsystemen

De thermische verliezen waar al rekening mee wordt gehouden in de gerelateerde subsystemen worden hier niet meegenomen. Een voorbeeld hiervan is terugwinbare hulpenergie voor distributiesystemen voor verwarming,  $Q_{H;\text{dis};\text{aux},;rbl;zi,mi}$ , als warmtestroom naar het medium van het distributiesysteem in 9.4.3.

Thermische systeemverliezen voor ruimteverwarming zijn niet terugwinbaar als deze verliezen niet in de verwarmde ruimte plaatsvinden of buiten het verwarmingsseizoen.

De distributieverliezen van circulatiesystemen die toebehoren aan externe warmtelevering die optreden vóór het overdrachtspunt (meestal de afleverset of warmwatermeter) worden niet meegenomen als recoverable losses.

**OPMERKING** De leidinglengte van circulatiesystemen die toebehoren aan externe warmtelevering worden bij de berekening van het energiegebruik op gebouwniveau niet meegenomen. De verliezen worden op basis van generieke gegevens meegenomen bij de bepaling van het energieverlies binnen systemen voor externe warmte- of koudelevering. Deze aanpak is gevuld om onnodige opname van leidingen op gebouwniveau te voorkomen.

In deze paragraaf worden terugwinbare thermische systeemverliezen voor energiefunctie H (verwarming) en subsystemen opgeteld per rekenzone. De terugwinbare verliezen moeten geassocieerd worden met hun locatie in de verschillende rekenzones  $zi$ . De som van alle terugwinbare verliezen per rekenzone  $zi$  moeten als volgt worden bepaald:

$$Q_{ls;rbl;zi} = \left( \sum_{sj} Q_{H;\text{em},sj;ls;rbl;zi} + \sum_{si} Q_{H;\text{dis},si;ls;rbl;zi} + \sum_{sk} Q_{H;\text{sto},sk;ls;rbl;zi} + \sum_{gl} Q_{H;\text{gen},gl;ls;rbl;zi} \right) + \\ \sum_{si} Q_{H;\text{dis},si;\text{aux};rbl;zi} + \sum_{gl} Q_{H;\text{gen},gl;\text{aux};rbl;zi} \quad (9.7)$$

waarin:

- $Q_{H;em;sj;ls;rbl;zi}$  is het terugwinbare thermische systeemverlies van het gerelateerde afgiftesysteem in rekenzone  $zi$ ; welke gelijk is aan 0;
- $Q_{H;dis;si;ls;rbl;zi}$  is het terugwinbare thermische systeemverlies van het gerelateerde distributiesysteem in rekenzone  $zi$ , volgens 9.4.3;
- $Q_{H;sto,sk;ls;rbl,zi}$  is het terugwinbare thermische systeemverlies van het gerelateerde opslagsysteem in rekenzone  $zi$ , volgens 9.5;
- $Q_{H;gen,gl;ls;rbl,zi}$  is het terugwinbare thermische systeemverlies van het gerelateerde opweksysteem in rekenzone  $zi$ , volgens 9.6;
- $Q_{H;dis,si;aux;rbl;zi}$  is de terugwinbare hulpenergie van het gerelateerde distributiesysteem in rekenzone  $zi$ , volgens 9.4.3;
- $Q_{H;gen,gl;aux;rbl,zi}$  is de terugwinbare hulpenergie van het gerelateerde opweksysteem in rekenzone  $zi$ , volgens 9.6.

De terugwinbare warmte bevat bijdragen van zowel systeemverlies als hulpenergie.

Voor verliezen van opwekkers geldt dat alleen bij individuele opwektoestellen in woningen de verliezen terugwinbaar zijn. Bij gebouwen met een gebruiksoppervlakte van meer dan 500 m<sup>2</sup>, worden de verliezen van opwektoestellen als niet-terugwinbaar beschouwd.

### 9.2.5.2 Distributieregels terugwinbare verliezen

Er zijn twee situaties mogelijk:

- 1) het is bekend in welke rekenzone de terugwinbare verliezen plaatsvinden;
- 2) het is niet bekend in welke rekenzone de terugwinbare verliezen plaatsvinden.

Alle terugwinbare verliezen in een onbekende rekenzone worden verplaatst naar een specifieke rekenzone en opgeteld bij de bekende verliezen volgens:

$$Q_{H;sys,si;ls;rbl;tz,i} := Q_{H;sys,si;ls;rbl;tz,i} + Q_{H;sys,si;ls;rbl;tz,0} \cdot \frac{A_{tz,i}}{\sum_k A_{tz,k}} \quad (9.8)$$

waarin:

sys is de index voor em, dis, sto of gen.

Deze vergelijking bevat zowel gelokaliseerde als niet-gelokaliseerde terugwinbare energieverliezen, tz,0, gedistribueerd volgens de vloeroppervlakte,  $A_{tz,i}$ , voor de rekenzone  $zi$ .

Terugwinbare verliezen van warm tapwater die al zijn meegenomen in hoofdstuk 13, mogen niet nogmaals worden meegenomen.

## 9.3 Afgifte (NEN-EN 15316-2)

$$Q_{H;em;in;zi;si;mi} = Q_{H;em;out;zi;si;mi} + Q_{H;em;ls;zi;si;mi} \quad (9.9)$$

waarin:

$zi$  is de index voor de rekenzone;

$Q_{H;em;ls;zi,si,mi}$  is het energieverlies van het afgiftesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in kWh, volgens 9.3.2.

en:

$$\sum_{si} Q_{H;em;out;zi,si,mi} = Q_{H;nd;zi,mi} \quad (9.10)$$

waarin:

$zi$  is de index voor de rekenzone;

$Q_{H;nd;zi,mi}$  is de maandelijkse energiebehoefte voor verwarming van rekenzone  $zi$ , in kWh, volgens 7.2.1.

Indien een verwarmingssysteem meerdere typen afgiftesystemen bevat, moet in deze paragraaf het afgiftesysteem worden gebruikt dat de warmtebehoefte dekt van het deel van de rekenzone met de grootste vloeroppervlakte.

Voor de categorie woningbouw wordt de bepaling van het type afgiftesysteem in een rekenzone uitsluitend gebaseerd op het type afgiftesysteem in de ruimte die voor deze berekening wordt aangemerkt als woonkamer of – indien de rekenzone geen woonkamer omvat – het type warmteafgifte in de ruimte met de grootste gebruiksoppervlakte.

**OPMERKING** In gebouwen behorende tot de categorie woningbouw vindt een groot deel van de warmteafgifte plaats in de woonkamer, daarom wordt dit vertrek als uitgangspunt genomen voor het type afgiftesysteem.

### 9.3.1 Principe van de thermische verliezen van een afgiftesysteem voor verwarming (NEN-EN 15316-2:2017, 6.4.3)

Deze paragraaf geeft een berekeningsmethode voor de verliezen in het afgiftesysteem voor verwarming,  $Q_{H;em;ls;zi,si,mi}$ . Er wordt gebruik gemaakt van de equivalente binnentemperatuur. De binnentemperatuur wordt beïnvloed door:

- de temperatuurcorrectie voor verticale temperatuurverdeling in een ruimte, afhankelijk van het afgiftesysteem;
- de temperatuurcorrectie, afhankelijk van de capaciteit van het regelsysteem voor behoud van een gelijkmatige en constante temperatuur;
- de temperatuurcorrectie voor extra warmte/koelverlies van in de constructie geïntegreerde afgiftesystemen;
- de temperatuurcorrectie voor warmteoverdracht door straling van het afgiftesysteem;
- de temperatuurcorrectie voor intermitterende bedrijfsvoering van de regelsystemen en afgiftesystemen;
- de temperatuurcorrectie voor niet waterzijdig ingeregelde systemen;
- de temperatuurcorrectie voor gebouwbeheersystemen;

- de temperatuurcorrectie voor individuele regelsystemen of een op een netwerk gebaseerd systeem;
- de temperatuurcorrectie voor het type afgiftesysteem.

### **9.3.2 Berekening van de thermische verliezen van een afgiftesysteem voor verwarming (NEN-EN 15316-2:2017, 6.4.3)**

De equivalente binnentemperatuur  $\theta_{\text{int;inc};zi}$  van rekenzone  $zi$  inclusief de effecten van het afgiftesysteem voor verwarming wordt bepaald met:

$$\theta_{H;\text{int;inc};zi} = \theta_{H;\text{int;ini};zi} + \Delta\theta_{\text{int;inc};zi} \quad (9.11)$$

waarin:

$\theta_{H;\text{int;ini};zi}$  is de setpointtemperatuur van rekenzone  $zi$ , gelijk aan  $\theta_{\text{int;H;set}}$ , in °C, volgens 7.9.4.1;

$\Delta\theta_{\text{int;inc};zi}$  is het temperatuurverschil veroorzaakt door alle verliezen van het afgiftesysteem in rekenzone  $zi$ , in °C.

waarbij het temperatuurverschil,  $\Delta\theta_{\text{int;inc};zi}$ , bepaald wordt als:

$$\Delta\theta_{\text{int;inc};zi} = \Delta\theta_{\text{str}} + \Delta\theta_{\text{ctr}} + \Delta\theta_{\text{emb}} + \Delta\theta_{\text{rad}} + \Delta\theta_{\text{im}} + \Delta\theta_{\text{hydr}} + \Delta\theta_{\text{roomaut}} \quad (9.12)$$

waarin:

$\Delta\theta_{\text{str};zi}$  is de temperatuurcorrectie voor de verticale temperatuurverdeling, in °C, volgens 9.3.3.2 t/m 9.3.3.7;

$\Delta\theta_{\text{ctr};zi}$  is de temperatuurcorrectie voor het type regelsysteem, volgens 9.3.3.2 t/m 9.3.3.6. Het temperatuurverschil door het regelsysteem wordt verdeeld in  $\Delta\theta_{\text{ctr},1}$  en  $\Delta\theta_{\text{ctr},2}$ .  $\Delta\theta_{\text{ctr},1}$  moet worden gebruikt bij berekeningen waarbij geen aanvullende informatie over het toegepaste regelsysteem bekend is.  $\Delta\theta_{\text{ctr},2}$  moet worden gebruikt als gecertificeerde producten worden/zijn toegepast. Alternatief kunnen ook de productspecifieke waarden uit de certificaten worden gebruikt;

$\Delta\theta_{\text{emb};zi}$  is de temperatuurcorrectie voor verliezen van het in de constructie geïntegreerde afgiftesysteem of door vlakke stralingspanelen boven in de ruimte, in °C, volgens 9.3.3.2 t/m 9.3.3.6;

$\Delta\theta_{\text{rad};zi}$  is de temperatuurcorrectie voor straling, in °C. Indien deze waarde onbekend is, geldt:  $\Delta\theta_{\text{rad};zi} = 0$ ;

$\Delta\theta_{\text{im};zi}$  is de temperatuurcorrectie,  $\Delta\theta_{\text{im};zi} = \Delta\theta_{\text{im;emt};zi} + \Delta\theta_{\text{im;ctr};zi}$ , voor intermitterende bedrijfsvoering (nacht- en weekendverlaging) van het afgiftesysteem, in °C, volgens 9.3.3.2 t/m 9.3.3.6;

$\Delta\theta_{\text{hydr};zi}$  is de temperatuurcorrectie voor de waterzijdige inregeling van het systeem, in °C, volgens 9.3.3.1;

$\Delta\theta_{\text{roomaut};zi}$  is de temperatuurcorrectie voor een stand-aloneregeling of een regeling vanuit een netwerk, in °C, volgens 9.3.3.2 t/m 9.3.3.6.

In het geval dat productgegevens van de regelaar volgens NEN-EN 15500 of NEN-EN 215, en productgegevens van het afgiftesysteem, volgens NEN-EN 442-2 en NEN-EN 1264 worden gebruikt,

dan wordt de equivalente binnentemperatuurcorrectie  $\Delta\theta_{int;inc;zi}$  in rekenzone  $zi$ , inclusief de effecten van het afgiftesysteem  $si$  bepaald volgens:

$$\Delta\theta_{int;inc;zi} = \Delta\theta_{hyd;zi} + \Delta\theta_{emt;syst;zi} + \Delta\theta_{ctr;syst;zi} \quad (9.13)$$

waarin:

op basis van productgegevens van het afgiftesysteem de temperatuurcorrectie gelijk is aan

$$\Delta\theta_{emt;syst;zi} = \Delta\theta_{str;zi} + \Delta\theta_{emb;zi} + \Delta\theta_{rad;zi} + \Delta\theta_{im;emt;zi} \quad (9.14)$$

waarin:

tenzij anders gedefinieerd geldt:  $\Delta\theta_{im;emt;zi} = 0$

$\Delta\theta_{rad;zi}$  heeft de waarde 0 °C;

$\Delta\theta_{im;emt;zi}$  is in dit geval bepaald voor in bouwconstructies geïntegreerde systemen volgens de NEN-EN 1264-reeks.

**OPMERKING** Door de European Building Automation and Controls Association gecertificeerde elektronische regelaars zijn te vinden op: <http://www.eubaccert.eu/licences-by-criteria.asp>. Gecertificeerde thermostatische radiatorkranen zijn te vinden op: <http://esearch.cen.eu/keymark/KeymarkSearch.aspx>.

En met een temperatuurcorrectie gebaseerd op het regelsysteem gelijk aan

$$\Delta\theta_{ctr;syst;zi} = \Delta\theta_{ctr;zi} + \Delta\theta_{im;ctr;zi} + \Delta\theta_{roomout;zi} \quad [\text{°C}] \quad (9.15)$$

waarin:

tenzij anders gedefinieerd geldt:  $\Delta\theta_{im;ctr;zi} = 0$  en  $\Delta\theta_{roomaut;zi} = 0$

$\Delta\theta_{ctr;zi}$  = CA-waarde (Temperature Control Accuracy):

- bij elektronische regelaars: CA volgens NEN-EN 15500;
- bij thermostatische regelaars (TRV): CA volgens NEN-EN 215.

De forfaitaire waarden voor temperatuurcorrectie gegeven in formules (9.11) t/m (9.15) worden per type afgiftesysteem gegeven in 9.3.3.1 t/m 9.3.3.6. Afwijkende waarden voor  $\Delta\theta_{str}$ ,  $\Delta\theta_{ctr}$ ,  $\Delta\theta_{emb}$ ,  $\Delta\theta_{rad}$ , worden gebruikt voor ruimten met een hoogte  $\geq 4$  m. De afwijkende waarden worden gegeven in 9.3.3.7.

Als  $\theta_{H,int;ini;zi} - \theta_{e,comb;zi,mi} > 0$ ,

dan wordt het energieverlies van het warmteafgiftesysteem, in kWh, bepaald door:

$$Q_{H;em,ls;zi,mi} = Q_{H;em,out;zi,mi} \cdot \text{Min}\left(\frac{\Delta\theta_{int,inc;zi}}{\theta_{H,int,inc;zi} - \theta_{e,comb;zi,mi}}; 0.15\right) \quad [\text{kWh}] \quad (9.16)$$

waarin:

$$\theta_{e,comb;zi;mi} = \theta_{e,avg;mi} \text{ [°C]}$$

$\theta_{e,comb;zi,mi}$  is een hulpvariabele,

waarbij de waarde van de maandgemiddelde buitentemperatuur  $\theta_{e,avg,mi}$  wordt gegeven in 17.2 en waarbij  $Q_{H;em,out;zi,si,mi} = Q_{H;nd;zi,mi}$  in het geval van één afgiftesysteem, waarbij  $Q_{H;nd;zi,mi}$  wordt gegeven in 7.2.1.

Als  $\theta_{H;int;ini;zi} - \theta_{e,comb;zi,mi} \leq 0$

dan is het energieverlies van het warmteafgiftesysteem gelijk aan

$$Q_{H;em,ls;zi,mi} = 0$$

### 9.3.3 Temperatuurcorrecties van een afgiftesysteem voor verwarming (NEN-EN 15316-2:2017, bijlage B)

De volgende paragraaf bevat forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor waterzijdig inregelen. In de daarna volgende paragrafen staan forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor een aantal typen afgiftesystemen:

- stralingsverwarming (radiatoren);
- oppervlakteverwarming;
- luchtverwarmingssystemen (woningen);
- elektrische luchtverwarming;
- luchtverwarming (niet-huishoudelijke ventilatiesystemen).

Indien productspecifieke waarden voor temperatuurcorrectie beschikbaar zijn, mogen deze toegepast worden in plaats van de forfataire temperatuurcorrectiewaarden.

**OPMERKING** Elektrische luchtverwarming is een type verwarming waarbij de lucht wordt verwarmd zonder dat objecten/mensen in de ruimte via deze verwarming met infrarode straling worden verwarmd. Een elektrische radiator is een voorbeeld van stralingsverwarming en een elektrische ventilatorkachel is een voorbeeld van luchtverwarming.

#### 9.3.3.1 Forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor waterzijdig inregelen in K

De forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor waterzijdig inregelen zijn gegeven in tabel 9.2.

Indien een verklaring volgens NEN-EN 14336:2004, formulier G1 uit bijlage G.6 (opgesteld door een onafhankelijke organisatie zoals vermeld in NEN-EN 14336) beschikbaar is, mogen de waarden voor  $\Delta\theta_{hydr}$  uit tabel 9.2 worden gebruikt. Indien deze verklaring volgens formulier G1 uit bijlage G.6 niet beschikbaar is, moet de waarde voor  $\Delta\theta_{hydr}$  uit tabel 9.2 voor 'zonder waterzijdig inregelen' worden gebruikt. Indien niet bekend is of er een eenpijpssysteem of tweepijpssysteem aanwezig is, moeten de waarden voor  $\Delta\theta_{hydr}$  voor een eenpijpssysteem worden gehanteerd.

**Tabel 9.2 — Forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor waterzijdig inregelen in °C**

<b>Maatgevende eigenschappen</b>			
(Waterzijdig inregelen uitgevoerd met verklaring van de fabrikant over de balans en volgens NEN-EN 14336)			
<b>Verwarming één leiding (eenpijpssysteem)</b>	$\Delta\theta_{hydr}$	<b>Verwarming twee leidingen (tweepijpssysteem)</b>	$\Delta\theta_{hydr}$
Zonder waterzijdig inregelen, of inregeling onbekend	0,7	Zonder waterzijdig inregelen, of inregeling onbekend	0,6
Statisch gebalanceerd per circuit	0,4	Statisch gebalanceerd per paneel (radiator of convector), zonder balansering van groepen	0,4
Dynamisch gebalanceerd per circuit (bijvoorbeeld met automatische stroombegrenzers)	0,3	Statisch gebalanceerd per paneel (radiator of convector), met balansering van groepen (bijvoorbeeld met balanceerklep)	0,3
Dynamisch gebalanceerd per circuit (bijvoorbeeld met automatische stroombegrenzers) en dynamisch geregeld afhankelijk van de belasting (bijvoorbeeld retourtemperatuur begrenzing)	0,2	Statisch gebalanceerd per paneel of verwarmingsoppervlakte en dynamische groepsbalans (bijvoorbeeld met drukverschilregeling)	0,2
Dynamisch gebalanceerd per circuit (bijvoorbeeld met automatische stroombegrenzers) en dynamisch geregeld afhankelijk van de belasting (aanvoer-retour-temperatuurverschil)	0,1	Dynamisch gebalanceerd per paneel (radiator of convector) (bijvoorbeeld met automatische stroombegrenzers/drukverschilregeling)	0,0
OPMERKING Bij lokale verwarmingssystemen geldt: $\Delta\theta_{hydr} = 0$ .			

### 9.3.3.2 Forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor stralingsverwarming (radiatoren), vertrekhoogte ≤ 4 m

In tabel 9.3 worden de forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor stralingsverwarming bepaald.

Indien een verklaring volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 (door een onafhankelijke organisatie opgesteld) beschikbaar is, kunnen de waarden voor  $\Delta\theta_{ctr,2}$  in tabel 9.3 worden gebruikt.

Indien deze verklaring niet beschikbaar is, moet de waarde voor  $\Delta\theta_{ctr,1}$  worden gebruikt.

Indien de maatgevende eigenschap in onderstaande tabel niet bekend is, is de bij de betreffende hoofdcategorie (eerste kolom) hoogste waarde voor de temperatuurcorrectie,  $\Delta\theta_i$  waarbij  $i = str;ctr,1;ctr,2,emb$ , van toepassing.

**Tabel 9.3 — Forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor stralingsverwarming  
(radiatoren/convectoren), in K, vertrekhoogte ≤ 4 m**

<b>Maatgevende eigenschappen</b>		<b>Correctie</b>			
		$\Delta\theta_{str}$	$\Delta\theta_{ctr,1}$ <sup>b</sup>	$\Delta\theta_{ctr,2}$ <sup>b</sup>	
Ruimte-temperatuurregeling	Centrale aanvoertemperatuurregeling/sturing zonder (na)regeling in de ruimten			2,5	
	Regeling in hoofdvertrek of verwarming met eenpijpssysteem				
	Temperatuurregeling van de ruimte (elektromechanisch/elektronisch)				
	P-regelaar (voor 1988)			2,5	1,5
	P-regelaar				
	PI-regelaar				
Over-temperatuur (referentie $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ )	PI-regelaar (met optimalisatiefunctie, bijvoorbeeld aanwezigheidsdetectie, adaptieve regeling)				
		$\Delta\theta_{str,1}$	$\Delta\theta_{str,2}$		
	Verwarmingssysteem (ongeacht de ontwerptemperatuur) gecombineerd met mechanische ventilatie <sup>e</sup>	0,2			
	Radiatoren met ventilator/ventilatorconvector (ongeacht de ontwerptemperatuur en ongeacht het type ventilatiesysteem) <sup>d</sup>	0			
	Lokale verwarmingstoestellen zoals elektrische verwarming, kachels of haarden	1,2			
	Verwarming met tweepijpssysteem of met gerenoveerd eenpijpssysteem <sup>c</sup>				
	60 K (bijvoorbeeld 90/70) of onbekende ontwerptemperatuur	1,2			
	42,5 K (bijvoorbeeld 70/55)	0,7			
	30 K (bijvoorbeeld 55/45)	0,5			
	20 K (bijvoorbeeld 45/35)	0,4			
	Verwarming met eenpijpssysteem (niet gerenoveerd):				
	60 K (bijvoorbeeld 90/70) of onbekende ontwerptemperatuur	1,6			
	42,5 K (bijvoorbeeld 70/55)	1,2			

<b>Maatgevende eigenschappen</b>		<b>Correctie</b>			
		$\Delta\theta_{str}$	$\Delta\theta_{ctr,1}$ <sup>b</sup>	$\Delta\theta_{ctr,2}$ <sup>b</sup>	
Specifieke warmteverliezen door uitwendige componenten (GF = oppervlakte glaselement)	Radiator aan binnenwand Radiator aan buitenwand: - GF zonder stralingsbescherming - GF met stralingsbescherming <sup>a</sup> - buitenwand	1,3 1,7 1,2 0,3			0 0 0 0

<sup>a</sup> De stralingsbescherming moet 80 % van de stralingsverliezen van het verwarmingselement door isolatie en/of reflectie van het beglazingsoppervlak voorkomen.

<sup>b</sup> Gebruik  $\Delta\theta_{ctr,2}$  voor producten die volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 zijn gecertificeerd, alternatief kan  $\Delta\theta_{ctr,2}$  worden bepaald voor thermostatische radiatorkraan-systemen gebaseerd op NEN-EN 215. Gebruik  $\Delta\theta_{ctr,1}$  voor producten die niet volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 zijn gecertificeerd.

c Verwarming met eenpijpssysteem wordt aangenomen gerenoveerd te zijn, als het debiet dynamisch is geregeld afhankelijk van de belasting, en de distributieleidingen zijn geïsoleerd.

d Als in een ruimte behalve een verwarmingssysteem ook een mechanisch ventilatiesysteem is geïnstalleerd, zal dit invloed hebben op de verticale temperatuurverdeling. Deze forfaitaire waarde geldt indien er een verklaring conform NEN-EN 16430 (door een onafhankelijke organisatie opgesteld) beschikbaar is. Anders is de forfaitaire waarde voor een laagtemperatuursysteem van 20 K (e.g. 45/35) van toepassing.

e Dit geldt alleen als in alle ruimten/zones met verwarmingselementen ook een ventilatiesysteem met mechanische toevoer aanwezig is.

**OPMERKING 1** In het geval er bij woningbouw slechts één rekenzone is waarin de woonkamer en alle andere ruimten van de woning liggen, dan is de regeling in de woonkamer bepalend. Indien de rekenzone geen woonkamer omvat wordt de regeling in de ruimte met de grootste gebruiksoppervlakte aangehouden. Er geldt een type regeling voor de gehele rekenzone.

**OPMERKING 2** Bij een combinatie van een verwarmingssysteem gecombineerd met mechanische ventilatie en radiatoren met ventilator/ventilatorconvector geldt de laagste waarde.

Voor  $\Delta\theta_{str}$  wordt de gemiddelde waarde bepaald uit de data van de meest maatgevende eigenschappen 'over-temperatuur' en 'specifieke warmteverliezen door uitwendige componenten' (zie tabel 9.3).

$$\Delta\theta_{str} = (\Delta\theta_{str,1} + \Delta\theta_{str,2})/2 \text{ [K]} \quad (9.17)$$

### Temperatuurcorrectiewaarden voor intermitterend bedrijf

Afhankelijk van de regeling	$\Delta\theta_{im;ctr} = 0,0 \text{ K}$
Afhankelijk van het type afgiftesysteem	$\Delta\theta_{im;emt} = -0,3 \text{ K}$

**OPMERKING** Onder intermitterend bedrijf wordt nacht- en weekendverlaging verstaan, hetgeen wordt gezien als vorm van bedrijfsbeperking. De forfaitaire waarden voor  $\theta_{im;ctr}$  en  $\theta_{im;emt}$  zijn voor alle typen regelingen van toepassing.

### Temperatuurcorrectiewaarden voor ruimtetemperatuurregeling

Individueel per ruimte	$\Delta\theta_{roomaut} = -0,5 \text{ K}$
Individueel per ruimte met handmatig overrulen (aan/uit)	$\Delta\theta_{roomaut} = -1,0 \text{ K}$
Aangesloten op het netwerk met handmatig overrulen (aan/uit) en adaptieve regeling	$\Delta\theta_{roomaut} = -1,2 \text{ K}$

**OPMERKING 2** Bij een adaptieve regeling per ruimte is de individuele ruimtetemperatuurregeling gekoppeld aan aanvullende regelcircuits of opwekkers, bijvoorbeeld aanvoertemperatuurregelingen. Indien geen informatie over de regeling bekend is, moet de waarde  $\Delta\theta_{roomaut} = -0,0$  K worden gehanteerd.

### 9.3.3.3 Temperatuurcorrectie voor oppervlakteverwarming, vertrekhoogte $\leq 4$ m

In tabel 9.4 worden de forfaitaire temperatuurcorrectiewaarden voor oppervlakteverwarming (vertrekhoogte  $\leq 4$  m) bepaald.

Indien een verklaring volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 (door een onafhankelijke organisatie opgesteld) beschikbaar is, mogen de waarden voor  $\Delta\theta_{ctr,2}$  in tabel 9.3 worden gebruikt.

Indien deze verklaring volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 niet beschikbaar is, moet de waarde voor  $\Delta\theta_{ctr,1}$  worden gebruikt.

Indien de maatgevende eigenschap in onderstaande tabel niet bekend is, is de bij de betreffende hoofdcategorie (eerste kolom) hoogste waarde voor de temperatuurcorrectie,  $\Delta\theta_i$  waarbij  $i = str;ctr,1;ctr,2,emb$ , van toepassing.

**Tabel 9.4 — Forfaitaire temperatuurcorrectiewaarden voor oppervlakteverwarming, in K, vertrekhoogte  $\leq 4$  m**

<b>Maatgevende eigenschappen</b>		<b>Correctie</b>			
		$\Delta\theta_{str}$	$\Delta\theta_{ctr,1}$ <sup>a</sup>	$\Delta\theta_{ctr,2}$ <sup>a</sup>	$\Delta\theta_{emb}$
Temperatuurregeling van ruimte	Centrale aanvoertemperatuurregeling/sturing zonder (na) regeling in de ruimten			2,5	
	Hoofdruimte Ruimtetemperatuurregeling (bijvoorbeeld 2-stapsregelaar)		2,5	1,5	
	P-regelaar (voor 1988)				
	P-regelaar / 2-stapsregelaar (hysteresis $\leq \pm 0,5$ K)				
	PI-regelaar				
	PI-regelaar (met optimalisatie-functie, bijvoorbeeld aanwezigheidsdetectie, dynamische regeling)				
					$\Delta\theta_{emb,1}$ $\Delta\theta_{emb,2}$
Systeem	Verwarmingssysteem gecombineerd met mechanische ventilatie <sup>b</sup>	0			0,7
	Vloerverwarming				
	- natbouwsysteem of onbekend vloerverwarmingssysteem	0			0,7
	- droogbouwsysteem	0			0,7
	- systeem met dunne deklaag ( $< 2$ cm)	0			0,4
	Wandverwarming	0,4			0,2
	Plafondverwarming	0,7			0,7
	Verwarmingssysteem gecombineerd met mechanische ventilatie <sup>b</sup>	0			0,7

Maatgevende eigenschappen	Correctie			
	$\Delta\theta_{str}$	$\Delta\theta_{ctr,1}^a$	$\Delta\theta_{ctr,2}^a$	$\Delta\theta_{emb}$
Specifieke warmteverliezen door horizontale afgiftevlakten	Oppervlakteverwarming zonder isolatie volgens NEN-EN 1264			1,4
	Oppervlakteverwarming met minimale isolatie volgens NEN-EN 1264			0,5
	Oppervlakteverwarming met 100 % meer isolatie dan vereist in NEN-EN 1264			0,1

<sup>a</sup> Gebruik  $\Delta\theta_{ctr,2}$  voor gecertificeerde producten volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500, alternatief kan  $\Delta\theta_{ctr,2}$  worden bepaald voor thermostatische radiatorkraansystemen gebaseerd op NEN-EN 215. Gebruik  $\Delta\theta_{ctr,1}$  voor producten die niet volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 zijn gecertificeerd.

<sup>b</sup> Dit geldt alleen als in alle ruimten/zones met verwarmingselementen ook een ventilatiesysteem met mechanische toevoer aanwezig is.

**OPMERKING** Als er bij woningbouw slechts één rekenzone is waarin de woonkamer en alle andere ruimten van de woning liggen, dan is de regeling in de woonkamer bepalend. Indien de rekenzone geen woonkamer omvat, wordt de regeling in de ruimte met de grootste gebruiksoppervlakte aangehouden. Er geldt één type regeling voor de gehele rekenzone.

Voor  $\Delta\theta_{emb}$  wordt de gemiddelde waarde bepaald uit de waarden van de meest maatgevende eigenschappen 'systeem' en 'specifieke warmteverliezen door horizontale afgiftevlakten'.

$$\Delta\theta_{emb} = (\Delta\theta_{emb,1} + \Delta\theta_{emb,2})/2 \quad (9.18)$$

Indien  $\Delta\theta_{emb,2}$  niet bekend is, geldt:

$$\Delta\theta_{emb} = \Delta\theta_{emb,1} \quad (9.18a)$$

### Temperatuurcorrectiewaarden voor intermitterend bedrijf

Afhankelijk van de regeling	$\Delta\theta_{im;ctr} = 0,0 \text{ K}$
Afhankelijk van het type afgiftesysteem	$\Delta\theta_{im;emt} = -0,2 \text{ K}$

**OPMERKING 1** Onder intermitterend bedrijf wordt nacht- en weekendverlaging verstaan hetgeen wordt gezien als vorm van bedrijfsbeperking. De forfaitaire waarden voor  $\theta_{im;ctr}$  en  $\theta_{im;emt}$  zijn voor alle typen regelingen van toepassing.

### Temperatuurcorrectiewaarden voor ruimtetemperatuurregeling

Individueel per ruimte	$\Delta\theta_{roomaut} = -0,5 \text{ K}$
Individueel per ruimte met handmatig overrulen (aan/uit)	$\Delta\theta_{roomaut} = -1,0 \text{ K}$
Aangesloten op het netwerk met handmatig overrulen (aan/uit) en adaptieve regeling	$\Delta\theta_{roomaut} = -1,2 \text{ K}$

**OPMERKING 2** Bij een adaptieve regeling per ruimte is de individuele ruimtetemperatuurregeling gekoppeld aan aanvullende regelcircuits of opwekkers, bijvoorbeeld aanvoertemperatuurregelingen.

Indien geen informatie over de regeling bekend is, moet de waarde  $\Delta\theta_{roomaut} = -0,0$  K worden gehanteerd.

### **9.3.3.4 Temperatuurcorrectie voor niet-elektrische luchtverwarmingssystemen in woningen, vertrekhoogte $\leq 4$ m**

Voor luchtverwarmingssystemen wordt de berekening uitgevoerd met de volgende waarden:

Luchtverwarmingssystemen (in het geval van mengen)  $\Delta\theta_{str} = 0,0$  K.

—  $\Delta\theta_{ctr,1}$  = volgens tabel 9.3;

—  $\Delta\theta_{ctr,2}$  = volgens tabel 9.3;

—  $\Delta\theta_{emb} = 0,0$  K.

### **Temperatuurcorrectiewaarden voor intermitterend bedrijf**

Afhankelijk van de regeling	$\Delta\theta_{im,ctr} = 0,0$ K
Afhankelijk van het type afgiftesysteem	$\Delta\theta_{im,emt} = 0,0$ K

OPMERKING 1 Onder intermitterend bedrijf wordt nacht- en weekendverlaging verstaan, hetgeen wordt gezien als vorm van bedrijfsbeperking. De forfaitaire waarden voor  $\theta_{im,ctr}$  en  $\theta_{im,emt}$  zijn voor alle typen regelingen van toepassing.

### **Temperatuurcorrectiewaarden voor ruimtetemperatuurregeling**

Individueel per ruimte	$\Delta\theta_{roomaut} = -0,5$ K
Individueel per ruimte met handmatig overrulen (aan/uit)	$\Delta\theta_{roomaut} = -1,0$ K
Aangesloten op een netwerk met handmatig overrulen (aan/uit) en adaptieve regeling	$\Delta\theta_{roomaut} = -1,2$ K

OPMERKING 2 Bij een adaptieve regeling per ruimte, is de individuele ruimtetemperatuurregeling gekoppeld aan aanvullende regelcircuits of opwekkers, bijvoorbeeld aanvoertemperatuurregelingen.

Indien geen informatie over de regeling bekend is, is de waarde  $\Delta\theta_{roomaut} = -0,0$  K van toepassing.

### **9.3.3.5 Temperatuurcorrectie voor elektrische luchtverwarming, vertrekhoogte $\leq 4$ m**

In tabel 9.6 worden de forfaitaire temperatuurcorrectiewaarden,  $\Delta\theta = \Delta\theta_{ctr}$ , bepaald voor elektrische verwarming en luchtverwarming (vertrekhoogte  $\leq 4$  m).

Verder geldt:

—  $\Delta\theta_{str} = 0,0$  K;

—  $\Delta\theta_{emb} = 0,0$  K.

Indien een verklaring volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 (door een onafhankelijke organisatie opgesteld) beschikbaar is, kunnen de waarden voor  $\Delta\theta^a$  in tabel 9.6 gebruikt worden.

Indien geen verklaring volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 beschikbaar is, moet de waarde voor  $\Delta\theta^b$  in tabel 9.6 gebruikt worden.

Indien geen informatie over de maatgevende eigenschappen in onderstaande tabel bekend is, is per type afgifte de hoogste waarde voor de temperatuurcorrectie,  $\Delta\theta$  van toepassing.

**Tabel 9.6 — Temperatuurcorrecties voor elektrische luchtverwarmingssystemen, in K, vertrekhoogte  $\leq 4$  m**

<b>Maatgevende eigenschappen</b>		<b>Variatie a <math>\Delta\theta</math></b>	<b>Variatie b <math>\Delta\theta</math></b>
Buitenwand gebied	Luchtverwarming met P-regelaar (1 K) per ruimte/zone	1,2	1,2
	Luchtverwarming met centrale bedrijfswijze en decentrale bijregeling, waaronder aanvullende regeling met P-regelaar (1 K) per individuele ruimte	1,1	1,2
	Luchtverwarming met P-regelaar (1 K) per individuele ruimte	1,1	1,1
	Luchtverwarming met PI-regelaar per individuele ruimte (met optimalisatie)	0,7	1,1
Binnenwand gebied	Luchtverwarming met P-regelaar (1 K) per zone	1,6	1,6
	Luchtverwarming met centrale bedrijfswijze en decentrale bijregeling, waaronder aanvullende regeling met P-regelaar (1 K) per individuele ruimte	1,5	1,5
	Luchtverwarming met P-regelaar (1 K) per individuele ruimte	1,5	1,5
	Luchtverwarming met PI-regelaar per individuele ruimte (met optimalisatie)	1,1	3,1

### **Temperatuurcorrectiewaarde voor intermitterend bedrijf:**

$\Delta\theta_{im} = -0,3$  K (voor elektrische verwarmingssystemen met een geïntegreerd terugkoppelingsregelsysteem).

OPMERKING  $\Delta\theta_{im}$  is de sommatie van  $\theta_{im,ctr}$  en  $\theta_{im,emb}$ .

### **9.3.3.6 Temperatuurcorrectie luchtverwarming (niet-huishoudelijke ventilatiesystemen, vertrekhoogte $\leq 4$ m)**

In tabel 9.7 worden de forfaitaire temperatuurcorrectiewaarden,  $\Delta\theta = \Delta\theta_{ctr}$ , bepaald voor luchtverwarming (ventilatiesystemen, vertrekhoogte  $\leq 4$  m).

Indien een verklaring volgens NEN-EN 15500 (door een onafhankelijke organisatie opgesteld) beschikbaar is, kunnen de waarden voor  $\Delta\theta$  in de kolom 'Hoge kwaliteit van regeling' in tabel 9.7 gebruikt worden.

Indien geen verklaring volgens NEN-EN 15500 beschikbaar is, moet de waarde voor  $\Delta\theta$  in de kolom 'Lage kwaliteit van regeling' in tabel 9.7 gebruikt worden.

Indien de regeling in onderstaande tabel niet bekend is, is de bij de betreffende hoofdcategorie (eerste kolom) hoogste waarde voor temperatuurcorrectie  $\Delta\theta$ , van toepassing.

Verder geldt:

—  $\Delta\theta_{str} = 0,0$  K;

—  $\Delta\theta_{emb} = 0,0$  K.

**Tabel 9.7 — Forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor luchtverwarming, ventilatiesystemen, in K, vertrekhoogte ≤ 4 m**

Systeemconfiguratie	Regeling	$\Delta\theta$	
		Lage kwaliteit van regeling	Hoge kwaliteit van regeling
Naverwarming van de ingaande lucht (extra verwarmingstoestel)	Luchttemperatuur in de ruimte	1,8	1,3
	Luchttemperatuur in de ruimte (cascade bedrijfswijze van ingaande luchttemperatuur)	1,2	1,0
	Uitgaande luchttemperatuur	1,9	1,5
Recirculatie-luchtverwarming (inductietoevoer, ventilatorconvectoren)	Luchttemperatuur van de ruimte	1,1	0,7

**Temperatuurcorrectiewaarde voor intermitterend bedrijf:**

$$\Delta\theta_{im} = 0 \text{ K};$$

OPMERKING  $\Delta\theta_{im}$  is de sommatie van  $\theta_{im,ctr}$  en  $\theta_{im,emt}$ .

### 9.3.3.7 Afwijkende temperatuurvariaties voor ruimten met hoogte > 4 m (gebouwen met grote binnenruimten, in geval van verwarming) (NEN-EN 15316-2:2017 B.7 en 6.4.3)

De temperatuurvariatie  $\Delta\theta_{str}$  wordt bepaald als specifieke waarde voor verschillende afgiftesystemen:

$$\Delta\theta_{str} = 10 \times \frac{\theta'_{str}}{a} \times (0,5 \cdot h_R - b) \text{ [K]} \quad (9.19)$$

waarin  $a = 16 \text{ K}$  en  $b = 1,1 \text{ m}$ , en:

$h_R$  is de hoogte van de rekenzone, in m;

$\theta'_{str}$  is de luchttemperatuurgradiënt, in K/m, zoals bepaald in tabel 9.8.

Indien de maatgevende eigenschap in onderstaande tabel niet bekend is, is de bij de betreffende hoofdcategorie (eerste kolom) hoogste waarde voor de luchttemperatuurgradiënt,  $\theta'_{str}$ , van toepassing.

**Tabel 9.8 — Luchttemperatuurgradiënt voor ruimten met vertrekhoogtes > 4 m**

Afgiftesysteem		Luchttemperatuurgradiënt $\theta'_{str}$ [K/m]
Luchtverwarmingselementen <u>zonder</u> aanvullende voorziening om een verticale luchtstroming te bewerkstelligen (o.a. plafondventilator)	Horizontale toevoer (wand)	1,0
	Horizontale toevoer (wand) laag temperatuursysteem (alleen geldig voor plafonds tot een hoogte van 6 m)	0,35
	Toevoer vanaf boven (plafond)	0,60
	Toevoer vanaf boven (plafond) laag temperatuursysteem (alleen geldig voor plafonds tot een hoogte van 6 m)	0,35
Luchtverwarmingselementen <u>met</u> aanvullende voorziening om een verticale luchtstroming te bewerkstelligen (o.a. plafondventilator)	Recirculatie geregeld door 2-stapsregelaar	0,35
	Recirculatie geregeld door PI-regelaar	0,25
Donkerstralers (o.a. watergevoede systemen)	Standaardontwerp	0,20
Hogetemperatuurstralers (o.a. elektrische systemen die ook zichtbaar licht emitteren)	Standaardontwerp	0,20
Plafondpaneelstralers (o.a. elektrische die geen zichtbaar licht emitteren)	Standaardontwerp	0,40
Vloerverwarming		0,10

De temperatuurvariatie  $\Delta\theta_{rad}$  wordt bepaald als specifieke waarde voor verschillende vertrekhoogtes en afgiftesystemen van donkerstralers en hogetemperatuurstralers:

$$\Delta\theta_{rad} = 10 \cdot \left[ \frac{0,36}{RF + 0,2} + 0,354 \cdot \left( \frac{70}{p_h} \right)^{0,12} \cdot \left( \frac{10}{h_R} \right)^{0,15} - 0,9 \right] [\text{K}] \quad (9.20)$$

waarin:

$RF$  is de stralingsfactor van stralingsverwarmers met  $RF = 0,55$  als forfaitaire waarde voor ruimten met een vertrekhoogte > 4 meter. Werkelijk vastgestelde waarden volgens respectievelijk NEN-EN 416-2 en NEN-EN 419-2 (productwaarde) mogen worden gebruikt;

$p_h$  is het specifieke warmtevermogen in  $\text{W}/\text{m}^2$  gebaseerd op productwaarden.

**OPMERKING** Waarden voor warmteoverdracht door straling of stralingspanelen volgens NEN-EN 14037-2 kunnen niet direct worden vergeleken met de waarden van stralingsfactoren van stralingsverwarmers volgens respectievelijk NEN-EN 416-2 en NEN-EN 419-2.

Indien een verklaring volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 (door een onafhankelijke organisatie opgesteld) beschikbaar is, kunnen de waarden voor  $\Delta\theta_{ctr,2}$  in tabel B.7 gebruikt worden.

Indien deze verklaring volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 niet beschikbaar is, moet de waarde voor  $\Delta\theta_{ctr,1}$  gebruikt worden.

Indien de maatgevende eigenschap in onderstaande tabel niet bekend is, is de bij de betreffende hoofdcategorie (eerste kolom) hoogste waarde voor temperatuurcorrectie,  $\Delta\theta$ , van toepassing.

Referentiegeval: vertrekhoogte 10 m, standaardproductwaarden stralingsfactoren van donkerstralers en hogetemperatuurstralers.

**Tabel 9.10 — Forfataire temperatuurcorrectiewaarden voor ruimten met hoogte > 4 m, in K; in geval van verwarming**

Maatgevende eigenschappen		Temperatuurcorrectie		
		$\Delta\theta_{ctr,1}$ <sup>a</sup>	$\Delta\theta_{ctr,2}$ <sup>a</sup>	$\Delta\theta_{emb}$
Ruimtemperatuurregeling	Niet geregeld		2,5	
	2-stapsregelaar		0,7	
	P-regelaar			
	PI-regelaar			
Vloerverwarming	Niet geregeld		2,5	
	2-stapsregelaar		0,7	
	P-regelaar			
	PI-regelaar			
	PI-regelaar met optimalisatie			
	Warme lucht <u>zonder</u> aanvullende voorziening om een verticale luchtstroming te bewerkstelligen (plafondventilator)	Horizontale toevoer (wand)		0
		Horizontale toevoer (wand) laag temperatuursysteem (geldt alleen voor vertrekhoogtes < 6 m)		0
		Toevoer vanaf boven (plafond)		0
		Toevoer vanaf boven (plafond) laag temperatuursysteem (alleen geldig voor plafonds tot een hoogte van 6 m)		0
	Warme lucht <u>met</u> aanvullende voorziening om een verticale luchtstroming te bewerkstelligen (plafondventilator)	Recirculatie geregeld door 2-stapsregelaar		0
Stralingsverwarming (IR)	Recirculatie geregeld door PI-regelaar			0
	Donkerstralers			0
	Hogetemperatuurstralers			0
Vloerverwarming	Plafondpaneelstralers			0,5
	Zonder isolatie (hart-op-hart afstand slangen $\leq 20$ cm)			1,4
	Zonder isolatie ((hart-op-hart afstand slangen $> 20$ cm)			1,9
	Opgenomen in de component (minimumisolatie in overeenkomst met de NEN-EN 1264-reeks (bereik $\leq 10$ cm),			0,5
	Opgenomen in de component (minimumisolatie in overeenkomst met de NEN-EN 1264-reeks (bereik $> 10$ cm),			1,0
	Thermisch ontkoppeld ( $U_{bottom plate} \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) en bereik $\leq 10$ cm			0

<sup>a</sup> Gebruik  $\Delta\theta_{ctr,2}$  voor gecertificeerde producten volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500, alternatief kan  $\Delta\theta_{ctr,2}$  worden bepaald voor TRV-systemen gebaseerd op EN 215. Gebruik  $\Delta\theta_{ctr,1}$  voor producten die niet volgens NEN-EN 215 en NEN-EN 15500 zijn gecertificeerd.

### 9.3.4 Berekening hulpenergie (NEN-EN 15316-2:2017, 6.4.4)

Met formule (9.21) wordt de hulpenergie bepaald voor verbeterde afgifte in de ruimte en welke niet is meegenomen in de bovenstaande berekeningen (o.a. de ventilator, regeling en aansturing van een afgiftesysteem in een ruimte zoals een ventilatorconvector).

$$W_{H;em,aux;zi;mi} = W_{fan;em,zi;mi} \quad (9.21)$$

waarin:

$W_{H;em,aux;zi,mi}$  hulpenergie (in maand  $mi$ ), in kWh;

$W_{fan;em,zi,mi}$  hulpenergie van ventilatoren in maand  $mi$ , in kWh.

Het energiegebruik van ventilatoren  $W_{fan;em,zi;mi}$  wordt bepaald volgens formule (9.22).

$$W_{fan;em,zi;mi} = \frac{\sum_i (P_{fan;zi;i} \times n_{fan;zi;i} \times t_{H;op;si;mi})}{1000} \quad [kWh] \quad (9.22)$$

waarin:

$P_{fan;zi}$  is het elektrische vermogen van de ventilatoren in rekenzone  $zi$  (tabel 9.11), in W;

$n_{fan;zi}$  is het aantal ventilatoren van het systeem in rekenzone  $zi$ ;

$t_{H,op;si;mi}$  is de bedrijfstijd van het systeem per maand  $mi$ , in h, bepaald volgens formule (9.32a);

$i$  is het type ventilator uit tabel 9.11 in rekenzone  $zi$ .

Indien geen informatie over de maatgevende eigenschappen in onderstaande tabel bekend is, moet de hoogste waarde voor het vermogen worden gehanteerd.

**Tabel 9.11 — Forfaitaire waarden voor elektrisch vermogen van ventilatoren voor luchtcirculatie in de ruimte**

<b>Maatgevende eigenschappen</b>		<b>Vermogen W</b>
Ventilator $P_{fan}$	Ventilatorconvector (fancoil)	10
	Elektrische verwarming	10
	Lokale dynamische warmteopslag bijvoorbeeld speksteen of phase change materials (PMC)	12

**OPMERKING** Voor een binnenunit van een airconditioner/warmtepomp (multi-splitsysteem) is de waarde behorende bij 'ventilatorconvector' van toepassing.

Indien een eenduidig gedefinieerd samenstel van radiator en/of convectoren inclusief ondersteunende ventilatoren getest is conform NEN-EN 16430, moet de werkelijke waarde voor het ventilatorvermogen van het samenstel worden toegepast.

## Hulpenergieberekening voor ruimten met systemen met directe verwarming

De totale hulpenergie van deze systemen wordt gecrediteerd aan de warmtebehoefte van de installatieruimte.

$$W_{H;em;aux;zi;mi} = \frac{\sum_i (P_{H;aux;i} \times n_{H;aux;i} \times t_{H;op;zi;mi})}{1000} \quad [kWh] \quad (9.23)$$

waarin:

$W_{H;em;aux;zi;mi}$  is de maandelijkse hulpenergie (warmteafgifte en als nodig warmteopwekking) in kWh;

$W_{em;ls;aux}$  is de maandelijkse hulpenergie (warmteafgifte en als nodig warmteopwekking) in kWh;

$P_{H;aux}$  is het gebruik van nominaal vermogen door de toestellen in tabel 9.12-9.13 of gegevens van de fabrikant (warmteopwekking en warmteafgifte), in W;

$n_{H;aux}$  is het aantal toestellen;

$t_{H;op;zi;mi}$  is de bedrijfstijd van het systeem in maand  $mi$ , in h, bepaald volgens formule (9.32a);

$i$  is het type toestel uit tabellen 9.12 en 9.13 in rekenzone  $zi$ .

Voor verwarmingssystemen in ruimten met gedecentraliseerde warmteopwekking (direct gestookte luchtverwarmers) geldt dat het systeem deel is van een warmteopwek- en warmteafgiftesysteem. De complete hulpenergie voor een dergelijk systeem is een deel van warmteafgifte. Forfataire waarden worden gegeven in tabel 9.12.

Indien geen informatie over de maatgevende eigenschappen in onderstaande tabel bekend is, moet de hoogste waarde voor het vermogen worden gehanteerd.

**Tabel 9.12 — Forfataire waarden voor elektrisch vermogen van ventilatoren en het regelsysteem – decentraal luchtverwarmingssysteem**

Maatgevende eigenschappen	$P_{H;aux}$ W
Direct verwarmde opwekker (geïnstalleerd in werkruimte)	Hete luchtverwarmer met axiale recirculatieluchtventilator (regeling, instelling en ventilator voor toevoer verbrandingslucht)
	0,014 · $Q_{h,b}/n_{H,aux}$
	Hete luchtverwarmer met radiale recirculatieluchtventilator (regeling, instelling, ventilator voor toevoer verbrandingslucht en ventilator voor toevoer warme lucht)
	0,022 · $Q_{h,b}/n_{H,aux}$

waarin:

- $n_{H,aux}$  is het aantal hete luchtverwarmers in rekenzone  $zi$ ;
- $Q_{h,b}$  is de ontwerpwarmtebehoefte ( $W$ ): het verwarmingsvermogen benodigd om de rekenzone op de setpointtemperatuur te verwarmen onder de ontwerpcondities, vastgesteld met behulp van EN 12831-1. Indien  $Q_{h,b}$  niet op deze wijze is vastgesteld, wordt  $Q_{h,b}$  ingeschat/gekozen volgens:

$$Q_{h,b} = Q_{h,b,1} + Q_{h,b,2}$$

$Q_{h,b,1}$  is het vermogen nodig voor transmissie en ventilatie,  $W$ ;

$Q_{h,b,2}$  is de toeslag voor opwarming, hier wordt  $5 \text{ W/m}^2$  aangehouden,  $W$ .

$$Q_{h,b,1} = (Q_{H;ht;zi,mi}/0,001 \cdot t_{mi}) ((\theta_{int;calc;H;zi} - \theta_{e;ontw}) / (\theta_{int;calc;H;zi} - \theta_{e;avg;mi}))$$

waarin:

$Q_{H;ht;zi,mi}$  totale warmteoverdracht door transmissie voor verwarming en ventilatie, in kWh, uit formule (7.10) (neem hiervoor januari);

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand, bepaald volgens 17.2, in h (neem hiervoor januari);

$0,001$  omrekenen kW naar  $W$ ;

$\theta_{int;calc;H;zi}$  is de rekentemperatuur van de rekenzone voor verwarming (is  $21^\circ\text{C}$ );

$\theta_{e;avg;mi}$  is de gemiddelde buitentemperatuur in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in  $^\circ\text{C}$  (neem hiervoor de maand januari ( $2,61^\circ\text{C}$ ));

$\theta_{e;ontw}$  is de ontwerptemperatuur buiten voor het bepalen van het benodigd vermogen ( $-10^\circ\text{C}$ ).

$$Q_{h,b,2} = (((\sqrt{A_g}) \times 4 \times 3) + A_g) \times 5 \quad [\text{W}]$$

waarin:

$A_g$  is de gebruiksoppervlakte van de rekenzone, in  $\text{m}^2$ .

Voor verwarmingssystemen in ruimten met een centrale opwekker en een specifiek toestel voor warmteafgifte in de rekenzone, is hulpenergie nodig (indirecte luchtverwarmer). Deze extra energie is deel van de warmteafgifte in de ruimte. Voor dergelijke systemen worden forfaitaire waarden gegeven in tabel 9.13.

Indien geen informatie over de maatgevende eigenschappen in onderstaande tabel bekend is, moet (per categorie weergegeven in de eerste en/of tweede kolom) de hoogste waarde voor het vermogen worden gehanteerd.

**Tabel 9.13 — Forfataire waarden voor elektrisch vermogen voor ventilatoren en voor de regelsystemen in ruimten met indirecte luchtverwarmers**

<b>Maatgevende eigenschappen</b>			<b><math>P_{H,aux}</math> in W</b>
indirecte ruimteverwarming met een vertrekhoogte $\leq 8$ m	Met terugkeer warme lucht	Met een asynchrone motor	$0,008 \cdot Q_{h,b}/n_{H,aux}$
		Met een gereguleerde EC-motor	$0,004 \cdot Q_{h,b}/n_{H,aux}$
	Zonder terugkeer warme lucht	Met een asynchrone motor	$0,009 \cdot Q_{h,b}/n_{H,aux}$
		Met een gereguleerde EC-motor	$0,005 \cdot Q_{h,b}/n_{H,aux}$
indirecte ruimteverwarming met een vertrekhoogte $> 8$ m	Met terugkeer warme lucht	Met een asynchrone motor	$0,012 \cdot Q_{h,b}/n_{H,aux}$
		Met een gereguleerde EC-motor	$0,006 \cdot Q_{h,b}/n_{H,aux}$
	Zonder terugkeer warme lucht	Met een asynchrone motor	$0,013 \cdot Q_{h,b}/n_{H,aux}$
		Met een gereguleerde EC-motor	$0,007 \cdot Q_{h,b}/n_{H,aux}$

waarin:

$n_{H,aux}$  is het aantal hete luchtverwarmers in rekenzone  $zi$ .

#### 9.4 Distributie (NEN-EN 15316-3)

$$Q_{H;dis;in;zi;si;mi} = Q_{H;dis;out;zi;si;mi} + Q_{H;dis;ls;zi;si;mi} - Q_{H;dis;aux;rvd;zi;si;mi} \quad (9.24)$$

waarin:

$zi$  is de index voor de rekenzone;

$Q_{H;dis;out;zi;si;mi}$  is de energie door het distributiesysteem geleverd aan het afgiftesysteem  $si_k$  in rekenzone  $zi$ , in kWh, zie 9.3;

$Q_{H;dis;ls;zi;si;mi}$  is het energieverlies van het distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in kWh, zie 9.4.2;

$Q_{H;dis;aux;rvd;zi;si;mi}$  is de terugwinbare hulpenergie in het distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in kWh, zie 9.4.3.

en

$$Q_{H;dis;out;zi;si;mi} = \sum_{sik} Q_{H;em;in;zi;sik;mi} \text{ [kWh]} \quad (9.25)$$

waarin:

$zi$  is de index voor de zone;

$Q_{H;em;in;zi;sik;mi}$  is de energie geleverd aan het afgiftesysteem  $si_k$  in rekenzone  $zi$ , in kWh, zie 9.3.

Indien  $Q_{H;dis;in;zi;si;mi} < 0$ , dan wordt deze gelijkgesteld aan 0.

#### 9.4.1 Principe: Berekening van de thermische verliezen van een distributiesysteem voor opgewekte warmte (NEN-EN 15316-3:2017, 6.4.3)

De verliezen van een distributiesysteem zijn gebaseerd op de gemiddelde medium toevoer temperatuur, de omgevingstemperatuur van het distributiesysteem, de warmteweerstand (isolatie) van de leidingen, de lengte van de leidingen en de bedrijfstijd van het distributiesysteem.

De warmteverliezen van een extern warmtenet vormen geen onderdeel van de berekening in 9.4.2. De grens tussen een extern warmtenet en het distributiesysteem in het gebouw is gelegen bij de plaats van het telwerk/de afleverset. Deze grens ligt in woongebouwen meestal bij de woningen, maar kan incidenteel bij het gebouw/perceel liggen. Bij woningen en utiliteitsbouw ligt deze grens meestal bij het gebouw/perceel.

Bij lokale verwarmingssystemen geldt voor de lengte van het distributiesysteem leidinglengte = 0.

#### 9.4.2 Het warmteverlies van het distributiesysteem $Q_{H,dis;ls}$ voor verwarming (NEN-EN 15316-3:2017, 6.4.3)

Het warmteverlies van het distributiesysteem,  $Q_{H,dis;ls;zi,mi}$ , voor verwarming met een circulatieleiding in een rekenzone  $zi$  gedurende de periode dat dit operationeel is, wordt bepaald door:

$$Q_{H,dis;ls;zi,mi} = \left( \frac{1}{1000} \Psi_{zi} \cdot (\vartheta_{H,mean;zi,mi} - \vartheta_{H,amb,zi,mi}) \cdot L_{zi} \cdot t_{H,op,mi} + \frac{1}{1000} \Psi_j \cdot (\vartheta_{H,mean;zi,mi} - \vartheta_{H,amb,j,mi}) \cdot L_j \cdot t_{H,op,mi} \sum_{zi} \frac{A_{g;zi}}{\sum A_{g;zi}} \right) \cdot f_{gebouw;si;H} \quad [kWh] \quad (9.26)$$

$$W_{fan;em,zi,mi} \sum (P_{fan;zi,i})$$

De leidinglengte, bepaald volgens de forfaitaire methode in 9.4.2.3, wordt verdeeld over de rekenzones  $zi$  volgens (9.27). Indien gebruik wordt gemaakt van de werkelijke leidinglengte, moet deze worden gebruikt voor de verdeling over de rekenzones.

$$\begin{aligned} L_{zi} &= (L_{si;zi\_tot} + L_{equi;si;zi}) \cdot \frac{A_{g;zi}}{\sum_{zi} A_{g;zi}} \\ L_j &= (L_{si;j} + L_{equi;si;j}) \\ L_{si;zi\_tot} &= \sum_{zi} L_{si;zi} = L_{si} - L_{si;j} \end{aligned} \quad (9.27)$$

waarin:

$zi$  is de index voor de rekenzone;

$\Psi_{zi/j}$  lineaire thermische transmissie van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ /onverwarmde ruimte  $j$ , in  $W/(m \cdot K)$ , bepaald volgens 9.4.2.2 of indien gegevens hiervoor ontbreken in 9.4.2.1;

$\vartheta_{H,amb,zi,j,mi}$  gemiddelde omgevingstemperatuur in rekenzone  $zi$ /onverwarmde ruimte  $j$ , in  $^{\circ}C$ , waar het distributiesysteem  $si$  doorheen loopt per maand  $mi$ , zoals hieronder gegeven;

$\vartheta_{H,\text{mean},zi,mi}$  is de gemiddelde temperatuur van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$  waar het doorheen loopt per maand  $mi$ , in °C;

$L_{si,zi/j}$  is de lengte van de leiding van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ /onverwarmde ruimte  $j$ , in m. Indien niet bekend is welke leidinglengte zich in onverwarmde ruimten bevindt, moet hiervoor forfaitair 15 % van de totale leidinglengte,  $L_{si}$ , worden aangehouden. Leidingen die lopen door een AOR, AOS, kruipruimte, buitenlucht of water moeten allen beschouwd worden als leidingen die lopen door een onverwarmde ruimte  $j$ ;

$L_{\text{equi};si;zi/j}$  is de equivalente lengte van de leiding in de zone voor kleppen, beugels, enz., in m.  $L_{\text{equi};si;zi/j}$  wordt bepaald volgens formule (9.27a);

$t_{H,\text{op};mi}$  is de totale bedrijfstijd van het distributiesysteem voor verwarming in maand  $mi$ , behorend bij de stookgrens  $\vartheta_{H,\text{stook}}$ , in h, bepaald volgens formule (9.32a);

$f_{\text{gebouw};si;H}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming  $si$ .

$$\text{Voor ongeïsoleerde kleppen, beugels, enz. geldt: } L_{\text{equi};si;zi/j} = \frac{0,15}{\Psi_{zi/j}} \cdot L_{si;zi/j} \quad (9.27a)$$

$$\text{Voor geïsoleerde kleppen, beugels, enz. geldt: } L_{\text{equi};si;zi/j} = \frac{0,03}{\Psi_{zi/j}} \cdot L_{si;zi/j} \quad (9.27b)$$

waarin:

$\Psi_{zi/j}$  is de lineaire thermische transmissie van de distributieleiding, bepaald volgens 9.4.2.2 of, indien gegevens hiervoor ontbreken, volgens 9.4.2.1.

**OPMERKING 1** De waarden 0,15 en 0,03 zijn bepaald op basis van NEN-EN 15316-3:2017 en de forfataire waarde van de lineaire thermische transmissie  $\Psi_{zi/j}$  voor de leiding. Hierdoor is het verlies van de kleppen, beugels, enz. een vast aandeel van de leidinglengte.

Bepaal de waarde van de stookgrens,  $\vartheta_{H,\text{stook}}$ , op de volgende wijze:

**Stap1:** Bepaal voor alle maanden van het jaar de verwarmingsbehoefte van de rekenzone ten behoeve van  $\vartheta_{H,\text{stook}}$ ,  $Q_{H;\text{nd};zt,j;\vartheta_{H,\text{stook}};mi}$ , als:

$$Q_{H;\text{nd};zt,j;\vartheta_{H,\text{stook}};mi} = Q_{H;\text{nd};zt,j;mi} + E_{V;\text{eldf};zi,mi} + E_{V;\text{elvv};zi,mi} \quad (9.28)$$

waarin:

$Q_{H;\text{nd};zt,j,mi}$  wordt bepaald zoals in 7.2.1, met de volgende aanpassingen:

$$Q_{H;\text{ls};rbl;zi,mi} = 0;$$

$$Q_{C;\text{ls};rbl;zi,mi} = 0;$$

$$Q_{H;\text{ve};zi,mi} = Q_{H;\text{ve};zi,mi} - Q_{H;\text{ve};zi,mi} \text{ (bepaald volgens 7.4.2)} + Q_{H;\vartheta_{H,\text{stook}};\text{in};\text{air};zi,mi}.$$

waarbij  $Q_{H;\theta H\text{stook};\text{in};\text{air};zi,mi}$  gelijk is aan:

$$Q_{H;\theta H\text{stook};\text{in};\text{air};zi,mi} = q_{V;\text{SUP};\text{dis};\text{out};zi,mi} \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot ((\theta_{\text{SUP};\text{dis};\text{out};zi,mi} - \Delta\theta_{\text{hr};zi,mi} - \Delta\theta_{\text{rca};zi,mi} - \Delta\theta_{\text{fan};zi,mi}) - \theta_{e,\text{avg},mi}) \times t_{mi}/3\ 600\ 000 \quad (9.29)$$

waarin:

- $E_{V;\text{elf};zi,mi}$  is het gebruik van elektrische energie voor vorstbeveiliging van de toevoerluchtvolumestroom in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh, 11.3.2.1.2;
- $E_{V;\text{elvv};zi,mi}$  is het gebruik van elektrische energie voor voorverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh, 11.3.2.9.2;
- $Q_{H;\text{ve};zi,mi}$  is de warmteoverdracht door ventilatie voor verwarming, in kWh, zoals bepaald in 7.4.2;
- $q_{V;\text{SUP};\text{dis};\text{out};zi,mi}$  is de hoeveelheid lucht die mechanisch wordt toegevoerd naar de rekenzone, in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.3.1;
- $\rho_a$  is de soortelijke massa van de lucht, in  $\text{kg}/\text{m}^3$ , met waarde 1,205;
- $c_a$  is de warmtecapaciteit van lucht, in  $\text{J}/(\text{kgK})$ , met waarde 1 005;
- $\theta_{e,\text{avg},mi}$  is de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur in maand  $mi$ , in  $^\circ\text{C}$ , hoofdstuk 17, tabel 17.1;
- $\theta_{\text{SUP};\text{dis};\text{out};zi,mi}$  is de temperatuur van de lucht die de rekenzone wordt ingeblazen in geval van mechanische toevoer van ventilatielucht in maand  $mi$ , in  $^\circ\text{C}$ , 11.3.2;
- $\Delta\theta_{\text{hr};zi,mi}$  is de temperatuurverhoging van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone  $zi$  in kalendermaand  $mi$ , in  $^\circ\text{C}$ , 11.3.2.2;
- $\Delta\theta_{\text{rca};zi,mi}$  is de temperatuurverhoging van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone  $zi$  in kalendermaand  $mi$ , in  $^\circ\text{C}$ , 11.3.2.3;
- $\Delta\theta_{\text{fan};zi,mi}$  is de temperatuurverhoging van de lucht als gevolg van dissipatie van ventilatoren in rekenzone  $zi$  in kalendermaand  $mi$ , in  $^\circ\text{C}$ , 11.3.2.7;
- $t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;
- 3 600 000 is de omrekeningsfactor van J naar kWh;
- 3,6 is de omrekeningsfactor van MJ naar kWh.

**OPMERKING 2** Bij het toepassen van ventilatiesysteem E is er sprake van twee verschillende ventilatiesystemen binnen de rekenzone. Bij meerdere systemen met een mechanisch ventilatiedebiet (toevoer) bepaald volgens 11.3.1 wordt per ventilatiesysteem  $Q_{H;\theta H\text{stook};\text{in};\text{air};zi,mi}$  bepaald, volgens formule (9.29), en worden deze voor de rekenzones gesommeerd tot  $Q_{H;\theta H\text{stook};\text{in};\text{air};zi,mi}$ .

Stap 2: Bepaal de maximale verwarmingsbehoefte ten behoeve van  $\vartheta_{H,\text{stook}}$ .

( $Q_{H;\text{nd};zt,j;\theta H\text{stook};mi}$ ) van de rekenzone in de betreffende maand,  $mi$ .

Stap 3: Laat alle waarden voor de verwarmingsbehoefte van de rekenzone kleiner dan 10 % van de maximale maandbehoefte buiten beschouwing.

Stap 4: Bepaal met de kleinste kwadratenmethode de lineaire functie tussen de overgebleven waarden voor de verwarmingsbehoefte  $Q_{H;nd;zt;j;\theta_{H\text{stook};mi}}$  (y-as) en de maandgemiddelde buitentemperatuur,  $\vartheta_{e,\text{avg};mi}$  in 17.2, (x-as), (x-as).

Stap 5: Bepaal het snijpunt van deze lineaire functie met de buitentemperatuur as. Stel de stookgrens,  $\vartheta_{H,\text{stook}}$ , gelijk aan de op een geheel getal afgeronde waarde van het maximale snijpunt:  $\vartheta_{\text{int;set};H;\text{stc};zi}$ , waarbij  $\vartheta_{\text{int;set};H;\text{stc};zi}$  gegeven wordt in tabel 7.11. Indien  $\vartheta_{H,\text{stook}}$  groter is dan de hoogste waarde in tabel 9.15, moet deze hoogste waarde worden gebruikt. Indien  $\vartheta_{H,\text{stook}}$  kleiner is dan de laagste waarde in tabel 9.15, moet deze laagste waarde worden gebruikt.

Voor een geconditioneerde rekenzone geldt:

$$\vartheta_{H;\text{amb};zi,mi} = \vartheta_{\text{int};op;H;zi,mi}$$

waarin:

$\vartheta_{\text{int};op;H;zi,mi}$  is de maandgemiddelde temperatuur in maand  $mi$  van de zone  $zi$ , bepaald volgens 7.9.6.

Voor een onverwarmde aangrenzende ruimte geldt:

$$\vartheta_{H,\text{amb},j;mi} = \vartheta_{ztu;gi,zi;H;mi}$$

waarin:

$\vartheta_{ztu;gi,zi;H;mi}$  is de maandgemiddelde temperatuur in maand  $mi$  van de onverwarmde aangrenzende ruimte in maand  $mi$ , bepaald volgens 7.9.7.

Indien de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimten  $\vartheta_{ztu;gi,zi;H;mi}$ , (bepaald volgens formule (7.82)) bekend is (er is een aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR) ingevoerd) dan moet deze worden gebruikt voor het bepalen van het leidingverlies in de aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR). Indien de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR) niet bekend is (er is geen aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR) ingevoerd) dan geldt voor de bepaling van het leidingverlies in de aangrenzende onverwarmde ruimte voor de functie verwarming een temperatuur  $\vartheta_{ztu;gi,zi;H;mi}$  van 13 °C.

De gemiddelde mediumtemperatuur in het distributiesysteem,  $\vartheta_{H,\text{si},\text{mean}}$  voor verwarming, wordt bepaald door:

$$\vartheta_{H,\text{mean};zi,mi} = \frac{\vartheta_{H,\text{in};zi,mi} + \vartheta_{H,\text{out};zi,mi}}{2} \quad [^\circ\text{C}] \quad (9.30)$$

waarin:

$\vartheta_{H,\text{mean};zi,mi}$  is de gemiddelde temperatuur in het distributiesysteem voor warmtetransport in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in °C;

$\vartheta_{H,\text{in};zi,mi}$  is de gemiddelde intredetemperatuur van het medium in het afgiftesysteem uit het distributiesysteem, voor warmtetransport in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in °C;

$\vartheta_{H,\text{out};zi,mi}$  is de gemiddelde uitredetemperatuur van het medium uit het afgiftesysteem in het distributiesysteem, voor warmtetransport in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in °C.

$$\vartheta_{H,\text{in};zi,mi} = \text{Max}(\vartheta_{H,\text{set}}; \vartheta_{H,\text{set}} + (\vartheta_{H,a;\text{ontw}} - \vartheta_{H,\text{set}})/(\vartheta_{H,e;\text{ontw}} - \vartheta_{H,\text{stook}}) \times (\vartheta_{e,\text{avg},mi} - \vartheta_{H,\text{stook}}) + \Delta\vartheta_{\text{int};\text{inc};zi}) \quad (9.31)$$

$$\vartheta_{H,out;zi,mi} = \text{Max}(\vartheta_{H,set}, \text{Min}(\vartheta_{H,set} + ((\vartheta_{H,a;ontw} - \Delta\vartheta_{H,ontw}) - \vartheta_{H,set}) / (\vartheta_{H,e;ontw} - \vartheta_{H,stook}) \times (\vartheta_{e;avg,mi} - \vartheta_{H,stook}) + \Delta\theta_{int,inc;zi}), \vartheta_{H,in;zi,mi}) \quad (9.32)$$

waarin:

$\vartheta_{H,set}$  is de setpointtemperatuur voor verwarming, in °C, gelijk aan  $\theta_{int,set;H;zi,mi}$  volgens 7.9.4.1;

$\vartheta_{H,a;ontw}$  is de ontwerpaanvoertemperatuur van het afgiftesysteem, voor warmtetransport, voor een ontwerp temperatuur-kLASSE, in °C, volgens tabel 9.14;

$\vartheta_{H,e;ontw}$  is de ontwerp buitentemperatuur waarbij de ontwerpaanvoertemperatuur van het afgiftesysteem, volgens tabel 9.14, gedefinieerd is, met de waarde van -10 °C;

$\vartheta_{H,stook}$  is de stookgrens voor verwarming, zoals in de vijf stappen hierboven bepaald, in °C;

$\vartheta_{e;avg,mi}$  is de gemiddelde buitentemperatuur in maand  $mi$ , in °C, volgens hoofdstuk 17, tabel 17.1;

$\vartheta_{H,e;ontw}$  is de ontwerp buitentemperatuur waarbij de ontwerpaanvoertemperatuur van het afgiftesysteem, volgens tabel 9.14, gedefinieerd is, met de waarde van -10 °C;

$\Delta\vartheta_{H,ontw}$  is het ontwerpaanvoer-retourtemperatuurverschil van het afgiftesysteem, voor warmtetransport, voor een ontwerp temperatuurklasse, in °C, volgens tabel 9.14.

Indien de ontwerp temperatuurklasse onbekend is, moet de klasse 90/70 worden gehanteerd.

**Tabel 9.14 — Ontwerpaanvoertemperatuur,  $\vartheta_{H,a;ontw}$ , van het afgiftesysteem, voor warmtetransport, voor een ontwerp temperatuurklasse**

Ontwerp-temperatuurklasse	$\vartheta_{H,a;ontw}$	$\Delta\vartheta_{H,ontw}$
30/27	30	3
35/30	35	5
40/35	40	5
45/40	45	5
50/42	50	8
55/47	55	8
60/50	60	10
65/55	65	10
70/60	70	10
75/65	75	10
80/60	80	20
90/70	90	20

**Tabel 9.15 — De stookgrens,  $\vartheta_{H,sto}$ , en de tijd,  $t_{H,zi,mi}$ , per maand  $mi$  [h]waarin de buitenluchttemperatuur lager is dan de stookgrens**

$\vartheta_{H,sto}$		$t_{H,zi,mi}$											
		$mi=1$	$mi=2$	$mi=3$	$mi=4$	$mi=5$	$mi=6$	$mi=7$	$mi=8$	$mi=9$	$mi=10$	$mi=11$	$mi=12$
16	744	672	733	666	530	414	295	230	444	670	720	744	
15	744	661	725	654	491	326	219	172	351	618	720	744	
14	744	652	716	637	443	245	141	119	258	588	719	744	
13	744	637	709	618	377	174	78	86	185	566	701	744	
12	744	629	678	573	293	107	39	64	131	524	663	743	
11	743	600	639	514	225	66	18	37	84	464	613	724	
10	736	557	605	448	159	42	11	20	71	402	550	711	
9	716	533	570	386	76	35	6	10	54	319	461	700	
8	697	518	532	316	46	23	1	5	30	254	384	662	

$$t_{H,op;si;mi} = \text{MAX} \left( t_{H,zi,mi} \cdot f_{H;\text{red};zi} \cdot f_{H;\text{red};\text{pmp};op;zi} \right) \quad (9.32a)$$

waarin:

$t_{H,op;si;mi}$  is de bedrijfstijd van het systeem per maand  $mi$ , in h;

$t_{H,zi,mi}$  is de tijd in een rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  waarin de buitenluchttemperatuur lager is dan de stookgrens, gegeven in tabel 9.15, in h;

$f_{H;\text{red};\text{pmp};op;zi}$  is het relatieve deel dat de circulatiepomp in bedrijf is, volgens tabel X, in h.

waarbij:

$$f_{H;\text{red};zi} = 1 - f_{H;\text{red};\text{day};zi} - f_{H;\text{red};\text{wknd};zi} \quad (9.32b)$$

waarin:

$f_{H;\text{red};zi}$  is de reductiefactor voor niet-continu verwarmen;

$f_{H;\text{red};\text{day};zi}$  is het relatieve deel van de tijd (dag) met gereduceerd setpoint voor verwarming, bepaald volgens 7.9.2;

$f_{H;\text{red};\text{wknd};zi}$  is het relatieve deel van de tijd (weekend) met gereduceerd setpoint voor verwarming, bepaald volgens 7.9.2.

**Tabel X—Relatieve deel dat de circulatiepomp in bedrijf is**

Situatie/omstandigheid	$f_{H;red;pmp;op;zi}$
Woonfunctie met een individuele installatie	0,10
In alle andere gevallen	1,0

**OPMERKING 3** Bij meerdere in serie geplaatste pompen worden deze met deze methodiek als 1 pomp beschouwd, uitgaande van het drukverschil van de totale installatie en de maximale volumestroom.

**OPMERKING 4** Bij toepassing van een additionele circulatiepomp wordt ervan uitgegaan dat dit een pomp met pompregeling betreft.

#### **9.4.2.1 Forfaitaire waarden voor de lineaire thermische transmissie $\Psi$ van de leidingen van het distributiesysteem (NEN-EN 15316-3:2017, B.3)**

Voor iedere sectie van het distributiesysteem zijn de forfaitaire waarden voor de lineaire thermische transmissie  $\Psi_{zi/j}$  van een leidingsysteem in relatie tot de classificatie van het gebouw gegeven in tabel 9.16.

Indien de eigenschappen in de eerste kolom in tabel 9.16 niet bekend zijn, moet (per categorie weergegeven in de eerste kolom) de hoogste waarde voor de lineaire thermische transmissie worden gehanteerd.

**Tabel 9.16 — Forfaitaire waarden voor de lineaire thermische transmissie  $\Psi$  van distributieleidingen in nieuwe en bestaande gebouwen**

	$\Psi_{zi/j}$ [W/(m·K)]	Sectie $L_A, L_S, L_V$
<b>Geïsoleerde leidingen voor de functie ruimteverwarming</b>		
1995 tot heden – aangenomen dat de isolatiedikte ongeveer overeenkomt met de buitendiameter van de leiding	0,3	
1980 tot 1995 – aangenomen dat de isolatiedikte ongeveer overeenkomt met de helft van de buitendiameter van de leiding	0,4	
Vóór 1980	0,4	
<b>Niet-geïsoleerde leidingen voor de functie ruimteverwarming</b> ( $A_g$ is de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie $si$ , bepaald volgens 6.6.7)		
$A_g \leq 200 \text{ m}^2$	1,0	
$200 \text{ m}^2 < A_g \leq 500 \text{ m}^2$	2,0	
$A_g > 500 \text{ m}^2$	3,0	

Het jaartal betreft het jaartal waarop de isolatie is aangebracht. Indien het jaartal of de dikte van de isolatie onbekend is, moet de waarde behorende bij 'Vóór 1980' worden aangehouden.

**OPMERKING 1** Wanneer het gebouw individuele installaties bevat, is  $A_g$  de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op de individuele verwarmingsinstallatie  $si$ .

**OPMERKING 2** De verliezen van een buffervat in de collectieve gebouwinstallatie (exclusief buffervaten in de aangesloten delen van een gebouw, individuele woningen en/of appartementen) zijn verdisconteerd in de forfaitaire waarde voor  $\Psi_{zi/j}$  en hoeven bij gebruik van deze forfaitaire waarden niet explicet bepaald te worden.

#### **9.4.2.2 Berekening van de lineaire thermische transmissie $\Psi_{zi/j}$ van distributieleidingen (NEN-EN 15316-3:2017, 6.4.3)**

Voor geïsoleerde leidingen, omringt met lucht, wordt de lineaire thermische transmissie  $\Psi_{zi/j}$  (inclusief de convectie en stralingstransmissie aan het uitwendige vlak van de isolatie) van systeem  $si$  in rekenzone  $zi$  bepaald met:

$$\Psi_{zi/j} = \frac{\pi}{\left( \frac{1}{2 \cdot \lambda_{D;si}} \cdot \ln \frac{d_{a;zi}}{d_{i;zi}} + \frac{1}{h_{a;zi} \cdot d_{a;zi}} \right)} \quad (9.33)$$

waarin:

$d_{i;zi}$  is de leidingdiameter (buitendiameter) exclusief de isolatie van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in m;

$d_{a;zi}$  is de leidingdiameter inclusief isolatie van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in m;

$h_{a;zi}$  is de totale transmissiecoëfficiënt aan het buitenoppervlak (convectief en straling) van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\lambda_{D;si}$  is de thermische geleidbaarheid van het isolatiemateriaal van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in  $W/(m \cdot K)$ .

Bij berekening van de lineaire thermische transmissie wordt voor de transmissiecoëfficiënt (convectie en straling),  $h_{a;si}$ , van distributiesysteem  $si$  een waarde van  $h_{a;si} = 8 [W/(m^2 \cdot K)]$  gebruikt, tenzij aantoonbaar een andere waarde van toepassing is.

Voor geïsoleerde leidingen ingebed in de bouwconstructie wordt de lineaire warmteovergangscoëfficiënt  $\Psi$  aan de buitenzijde van de isolatie bepaald met:

$$\Psi_{zi/j} = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \left[ \frac{1}{\lambda_{D;zi}} \cdot \ln \frac{d_{a;zi}}{d_{i;zi}} + \frac{1}{\lambda_{em;zi}} \cdot \ln \frac{4 \cdot z_{zi}}{d_{a;zi}} \right]} \quad (9.34)$$

waarin:

$d_{i;zi}$  is de leidingdiameter (buitendiameter) exclusief de isolatie van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in m;

$d_{a;zi}$  is de leidingdiameter inclusief isolatie van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in m;

$h_{a;zi}$  is de totale warmteovergangscoëfficiënt aan het buitenoppervlak (convectief en straling) van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\lambda_{D;zi}$  is de thermische geleiding van het isolatiemateriaal van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in  $W/(m \cdot K)$ ;

$Z_{zi}$  is de diepte van de leiding van distributiesysteem  $si$  in de vloer, wand of plafond gemeten vanaf het binnenoppervlak, in rekenzone  $zi$ , in m;

$\lambda_{em;zi}$  is de thermische geleiding van het materiaal waarin de leidingen van distributiesysteem  $si$  zijn ingebed in rekenzone  $zi$ , in W/(m·K).

Voor niet-geïsoleerde leidingen wordt de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $\Psi$  bepaald met:

$$\Psi_{zi/j} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{P,zi}} \cdot \ln \frac{d_{p,a;zi}}{d_{p,i;zi}} + \frac{1}{h_{a;zi} \cdot d_{p,a;zi}}} \quad (9.35)$$

waarin:

$d_{p,l;zi}$ ,  $d_{p,a;zi}$  is de binnen- en buitendiameter van het leiding- en distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in m;

$\lambda_{P,zi}$  is de thermische geleiding van het leidingmateriaal van het distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in W/(m·K);

$h_{a;zi}$  is de totale warmtetransmissiecoëfficiënt aan het buitenoppervlak (convectief en straling) van het distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in W/(m<sup>2</sup>·K).

#### 9.4.2.3 Leidinglengte (NEN-EN 15316:2017, B.2.2)

In diverse formules om de verliezen van het distributiesysteem te bepalen, is de leidinglengte  $L_{si}$  nodig. Er mag gebruik worden gemaakt van onderstaande forfaitaire bepalingsmethode voor de bepaling van de leidinglengte.

Voor zowel de categorie utiliteitsbouw als de categorie woningbouw mag voor de lengte van de leidingdelen gebruik worden gemaakt van de werkelijke leidinglengte. Daarnaast mag er forfaitair gebruik worden gemaakt van de onderstaande bepalingsmethode voor de bepaling van de (totale) leidinglengte en maximale leidinglengte van het systeem.

$$L_{si} = 0.64 A_g \quad (9.36)$$

$$L_{max;si} = 35 + 6 \cdot n_{si} + 0,13 A_g / n_{si} \quad (9.37)$$

waarin:

$L_{si}$  is de leidinglengte;

$L_{max;si}$  is de maximale leidinglengte van de opwekker tot het verst gelegen afgiftesysteem;

$A_g$  is de gebruiksoppervlakte;

$n_{si}$  is het aantal bouwlagen dat is aangesloten op de (gemeenschappelijke) verwarmingsinstallatie  $si$  van het gebouw als geheel waarbij  $n$  een minimale waarde heeft van 1.

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming van het gebouw als geheel, geldt in bovenstaande formule:

$$A_g = A_{g;gebouw;H}$$

waarin:

$A_{g;gebouw;H}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming.

#### 9.4.3 Terugwinbare energie van de verliezen van het distributienet voor verwarming (NEN-EN 15316-3:2017, 6.4.4 en 6.4.7)

De terugwinbare thermische verliezen van het distributiesysteem voor de distributie van verwarming  $Q_{H,dis,rbl;zi,mi}$  in rekenzone  $zi$  is bepaald met:

$$Q_{H,dis,rbl;zi,mi} = f_{H,dis,rbl;zi,mi} \cdot \frac{1}{1000} \Psi_{zi} \cdot \left( \vartheta_{H,mean,zi,mi} - \vartheta_{H,amb,zi,mi} \right) \cdot L_{zi} \cdot t_{H,op,si,mi} \cdot f_{gebouw,si,H} \quad (9.38)$$

waarin:

$f_{H,dis,rbl;zi,mi}$  is de fractie van de verliezen die terugwinbaar zijn;

$\Psi_{zi}$  is de lineaire thermische transmissie van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ /onverwarmde ruimte  $j$ , in W/(m·K);

$\vartheta_{H,amb,zi,mi}$  is de gemiddelde omgevingstemperatuur in rekenzone  $zi$  waar het distributiesysteem  $si$  doorheen loopt per maand  $mi$ , in °C;

$\vartheta_{H,mean,zi,mi}$  is de gemiddelde temperatuur van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$  waar het doorheen loopt per maand  $mi$ , in °C;

$L_{zi}$  is de lengte van de leiding van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in m;

$t_{H,op,si,mi}$  is de totale bedrijfstijd van het distributiesysteem voor verwarming in maand  $mi$ , behorend bij de stookgrens  $\vartheta_{H,stook}$ , bepaald volgens formule (9.32a), in h;

$f_{gebouw,si,H}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel, aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming  $si$ .

waarin:

$$f_{H,dis,rbl;zi,mi} = 1$$

In het geval er niet-geïsoleerde leidingen in niet-geïsoleerde buitenmuren of in een niet-geïsoleerde vloer (die onderdeel is van de thermische schil) in verwarmde zones zijn, is  $f_{H,dis,rbl;zi,mi} = 0,5$ .

OPMERKING Thermische verliezen in onverwarmde ruimten zijn niet terugwinbaar.

De terugwinbare hulpenergie voor distributiesystemen voor verwarming,  $Q_{H,dis,aux,rbl;zi,mi}$ , die vrijkomt in de zone wordt bepaald door:

$$Q_{H,dis,aux,rbl;zi,mi} = f_{dis,aux,rbl} \cdot W_{H,dis,si,mi} \quad (9.39)$$

waarin:

$f_{dis,aux,rbl}$  is de factor voor terugwinbare hulpenergie voor distributiesystemen (zie tabel 9.18);

$W_{H,dis,si,mi}$  is het hulpenergiegebruik voor het distributiesysteem, in kWh, zie 9.4.4.

**Tabel 9.18 — Factor voor de terugwinbare hulpenergie**

<b>Factor voor de terugwinbare hulpenergie</b>	$f_{dis;aux,rbl}$
Vaste waarde onafhankelijk van het type pomp	0,25

De terugwinbare hulpenergie voor distributiesystemen voor verwarming,  $Q_{H,dis;aux;rvd;zi;mi}$ , als warmtestroom naar medium van het distributiesysteem, wordt bepaald door:

$$Q_{H,dis;aux,rvd;zi;mi} = (1 - f_{dis;aux;rbl}) \cdot W_{H,dis;si;mi} \quad (9.40)$$

waarin:

$f_{dis;aux;rbl}$  is de factor voor terugwinbare hulpenergie voor distributiesystemen, volgens tabel 9.18;

$W_{H,dis;si;mi}$  is het hulpenergiegebruik voor het distributiesysteem, in kWh, volgens 9.4.4.

#### 9.4.4 Berekening van de hulpenergie van het verwarmingsdistributiesysteem (NEN-EN 15316-3:2017 6.4.5)

De berekening van het hulpenergiegebruik van het distributiesysteem is gebaseerd op het ontwerpvermogen van de circulatiepompen, het drukverschil tussen de leidingen in een zone  $j$  bij het ontwerppunt, de volumestroom, de verwachte energiefactor van de circulatiepomp bij het werk punt en de bedrijfstijd. Er wordt vanuit gegaan dat de pompen continu in bedrijf zijn bij een warmtevraag.

Bij toepassing van externe warmtelevering is het mogelijk dat in het gebouw geen hoofdcirculatiepomp aanwezig is. De hoofdcirculatiepomp vormt dan buiten het perceel een onderdeel van de externe warmtelevering en wordt gewaardeerd in bijlage P. Indien de externe warmtelevering via een warmtewisselaar gebeurt, is er altijd een hoofdcirculatiepomp op het perceel/in het gebouw aanwezig.

Indien de hulpenergie van de circulatiepomp geen integraal onderdeel is van de in 9.6.8 bepaalde hulpenergie of indien er naast de hoofdcirculatiepomp nog additionele pompen worden toegepast, moet de hulpenergie voor de pomp van het distributiesysteem worden bepaald volgens 9.4.4 en 9.4.4.1 In alle andere gevallen geldt  $W_{H,aux;dis;si;mi} = 0$ .

De hydraulisch benodigde hoeveelheid energie  $W_{H,dis,hydr;si}$  van distributiesysteem  $si$  wordt bepaald door:

$$W_{H,dis,hydr;si;mi} = P_{H,hydr,dis;si} \cdot \beta_{H,dis;si} \cdot t_{H,op;si;mi} \cdot f_{H,corr;si} \quad (9.41)$$

$$\beta_{H,dis;si} = 1$$

waarin:

$P_{H,hydr;dis;si}$  is het hydraulisch vermogen van de distributiepomp van het distributiesysteem  $si$ , in kW;

$\beta_{H,dis;si}$  is de deellast van het distributiesysteem;

$t_{H,op;mi}$  is de bedrijfstijd van het distributiesysteem  $si$  in maand  $mi$ , volgens formule (9.32a), in h;

$f_{H,corr;si}$  is de correctiefactor voor de ontwerpopstandigheden van distributiesysteem  $si$ .

$$f_{H,corr;si} = f_{HB;si} \cdot f_{special;si} \quad (9.42)$$

$$f_{special;si} = 1$$

waarin:

$f_{HB;si}$  is de correctiefactor voor waterzijdig inregelen van distributiesysteem  $si$ ;

$f_{special;si}$  is een speciale factor voor het systeemontwerp.

**Tabel 9.19 — Factor voor waterzijdig inregelen**

Correctiefactor voor waterzijdig inregelen	$f_{HB;si}$
Waterzijdig ingeregeld distributiesysteem	1,00
Geen of onbekende waterzijdige inregeling van het distributiesysteem	1,15
OPMERKING Uitgevoerde waterzijdige inregeling met een verklaring voor de waterzijdige inregeling volgens NEN-EN 14336, bij afwezigheid van een verklaring wordt de waarde voor 'Geen waterzijdige inregeling' aangehouden.	

Het hydraulische ontwerpvermogen van de circulatiepomp  $P_{H,hydr,dis}$  wordt bepaald door:

$$P_{H,hydr,dis;si} = Max\left\{\frac{\Delta p_{H,dis;si} \cdot \dot{V}_{H,dis;si}}{3600}; 0,01\right\} \quad (9.43)$$

waarin:

$\Delta p_{H,dis;si}$  is het drukverschil in distributiesysteem  $si$  bij het ontwerppunt, in kPa;

$\dot{V}_{H,dis;si}$  is de volumestroom van distributiesysteem  $si$  bij het ontwerppunt, in m<sup>3</sup>/h.

Het drukverschil in een leidingsysteem  $si$   $\Delta p_{H,dis;si}$  wordt bepaald door:

$$\Delta p_{H,dis;si} = (1 + f_{comp;si}) \cdot R_{H,max;si} \cdot L_{max;si} + \Delta p_{H,add;si} \text{ [kPa]} \quad (9.44)$$

waarin:

$f_{comp;si}$  is de weerstandsverhouding van componenten in distributiesysteem  $si$ ;

$R_{H,max;si}$  is het drukverlies per meter lengte van distributiesysteem  $si$ , in kPa, volgens tabel 9.20;

$L_{max;si}$  is de maximale lengte van distributiesysteem  $si$ , in m, volgens 9.4.2.3;

$\Delta p_{H,add;si}$  is de som van de aanwezige additionele weerstanden,  $\Delta p_{H,add;j}$  volgens tabel 9.21, van het warmteafgifte- en/of opweksysteem of warmtemeter, in kPa.

De weerstandsverhouding tussen de verschillende componenten van het distributiesysteem (o.a. kleppen, overgangen, fittingen) wordt uitgedrukt in de factor  $f_{\text{comp};si}$ . Voor  $f_{\text{comp};si}$  wordt de volgende waarde aangehouden:

$$f_{\text{comp};si} = 0,4$$

**Tabel 9.20 — Drukverlies  $R_{H;\max;si}$  van het distributiesysteem (NEN-EN 15316-3:2017, tabel B.8)**

Drukverlies per meter leidinglengte	$R_{H;\max;si}$ [kPa/m]
Standaarddistributiesysteem voor warmtetransport in gebouwen	0,10

Om de hydraulische weerstand van opwektoestellen, warmtemeters en het afgiftesysteem in de berekening van distributiesysteem  $si$  te bepalen wordt variabele  $\Delta p_{H;\text{add};si}$  gebruikt, die gelijk is aan de som van de aanwezige typen van additionele weerstanden,  $\Delta p_{H;\text{add};j}$ , zoals gegeven in tabel 9.21.

Uitsluitend voor eenpijpssysteem is de additionele weerstand gelijk aan:

$$\Delta p_{H;\text{add};si} = \sum_j n_j \times \Delta p_{H;\text{add};j}$$

waarin:

$\Delta p_{H;\text{add};j}$  is de additionele weerstand van component  $j$  in distributiesysteem  $si$ , in kPa, volgens tabel 9.21;

$j$  is het label voor een component bij het distributiesysteem die een additionele weerstand geeft, zoals in tabel 9.21;

$n_j$  is het aantal componenten met label  $j$  bij het distributiesysteem.

**OPMERKING** Voor de vereenvoudiging is ervan uitgegaan dat bij een tweepijpssysteem de weerstand van de parallel geschakelde groepen identiek is (uit dezelfde componenten bestaat). De in de tabel 9.21 gegeven drukverschillen zijn de drukverschillen van de componenten bij de toegepaste volumestroom.

**Tabel 9.21 — Additionele weerstanden (NEN-EN 15316-3:2017, tabel B.9)**

<b>Soort additionele weerstand</b>	$\Delta p_{H;add;j}$ [kPa]
<b>Afgiftesysteem</b>	
Radiator, (ventilator)convector of donkerstraler	2
Vloer-, wand- en/of plafondverwarming, indirekte luchtverwarming en overige	4,5
<b>Warmtemeter</b>	10
<b>Opwekker</b>	
Opwekker met een nominaal temperatuurverschil van 10 K of lager bij vollast bij een ontwerptemperatuurverschil $\Delta\vartheta_{h;a;ontw}$ van $\leq 10$ K volgens tabel 9.14	$\Delta p = 1\,000 \times (1/\Delta\vartheta_{h;a;ontw})^2$
Opwekker met een nominaal temperatuurverschil van meer dan 10 K bij vollast bij een ontwerptemperatuurverschil $\Delta\vartheta_{h;a;ontw}$ van $\leq 10$ K volgens tabel 9.14	$\Delta p = \Delta\vartheta_{h;a;ontw} / \Delta\vartheta_{h;g;ontw} \times 4\,000 \times (1/\Delta\vartheta_{h;a;ontw})^2$
Opwekker met een nominaal temperatuurverschil van meer dan 10 K bij vollast bij een ontwerptemperatuurverschil $\Delta\vartheta_{h;a;ontw}$ van $> 10$ K volgens tabel 9.14	$\Delta p = 4\,000 \times (1/\Delta\vartheta_{h;a;ontw})^2$

waarin:

$\Delta\vartheta_{h;a;ontw}$  is het ontwerptemperatuurverschil van het afgiftesysteem voor warmtetransport voor een ontwerptemperatuurklasse, uit tabel 9.14;

$\Delta\vartheta_{h;g;ontw}$  is het nominale temperatuurverschil van de opwekker bij vollast. Voor (hybride)warmtepompen wordt aangehouden  $\Delta\vartheta_{h;g;ontw} = 10$ , voor externe warmtelevering geldt dat het temperatuurverschil van de externe warmtelevering gelijk wordt gesteld aan ontwerptemperatuurverschil ( $\Delta\vartheta_{h;g;ontw} = \Delta\vartheta_{h;a;ontw}$ ) en voor de overige opwekkers wordt aangehouden  $\Delta\vartheta_{h;g;ontw} = 20$ .

OPMERKING 1 Het nominale temperatuurverschil bij vollast  $\Delta\vartheta_{h;g;ontw}$  betreft het temperatuurverschil waarbij de prestatiemeting van het toestel onder vollast conditie is uitgevoerd.

OPMERKING 2 Bij een parallelle schakeling van meerdere opwekkers zoals bijvoorbeeld een hybride warmtepomp, behoort de opwekker met de het kleinste temperatuurverschil onder vollastcondities te worden aangehouden bij de bepaling van het drukverschil  $\Delta p$ .

OPMERKING 1 Het aantal afgiftesystemen is niet van invloed op de getalswaarde in tabel 9.21. Bij een combinatie van verschillende afgiftesystemen geldt de hoogste getalswaarde als maatgevend.

De volumestroom wordt, indien niet bekend uit het ontwerp en situatie, bepaald door:

$$\dot{V}_{H,dis;si} = \frac{Q_{H;nd;si;max}}{t_{H;mi;max} \times c_p \times \Delta\vartheta_{H;min;zi} \times \rho_{si} \times f_{gebouw;si;H}} \cdot 3600 \quad (9.45)$$

$$\Delta \vartheta_{H;\min;zi} = \text{Min}(\vartheta_{H;in;zi;mi;si} - \vartheta_{H;out;zi;mi;si}) \quad (9.45b)$$

waarin:

$\dot{V}_{H,dis;si}$  is de volumestroom van distributiesysteem  $si$  bij het ontwerppunt, in m<sup>3</sup>/h;

$Q_{H,nd;si;\max}$  is de maximale warmtebehoefte van de som van de rekenzones  $zt$ , bediend door systeem  $si$  van alle maanden  $mi$ , gelijk aan de maximale waarde van  $Q_{H,nd;zt,j;\theta H\text{stook};mi}$ , in kWh, zoals bepaald in 9.4.2, in een maand;

$t_{H;mi;\max}$  is de bedrijfstijd van het systeem bij maand  $mi$  met de hoogste warmtevraag voor rekenzone  $zt,i$ , in h, bepaald volgens formule (9.32a);

$C_p$  is de specifieke warmte van het medium in het distributiesysteem, in kJ/kg.K, voor water 4,2 kJ/kg;

$\Delta \vartheta_{H;\min;zi}$  is het kleinste temperatuurverschil van de rekenzones  $zi$  bediend door systeem  $si$  in de maand  $mi$  met de hoogste warmtebehoefte

$\vartheta_{H,out;zi;mi;si}$  is de gemiddelde uittredetemperatuur van het afgiftesysteem van de rekenzones  $zi$  bediend door systeem  $si$  in de maand  $mi$  met de hoogste warmtebehoefte  $Q_{H,nd;si;\max}$ , in °C, bepaald volgens formule (9.31);

$\vartheta_{H,in;zi;mi;si}$  is de gemiddelde intredetemperatuur van het afgiftesysteem van de rekenzones  $zi$  bediend door systeem  $si$  in de maand  $mi$  met de hoogste warmtebehoefte  $Q_{H,nd;si;\max}$ , in °C, bepaald volgens formule (9.32);

$\rho_i$  is de soortelijke massa van het medium dat door systeem  $si$  stroomt, in kg/m<sup>3</sup>, voor water 1000 kg/m<sup>3</sup> bij 4 °C;

3 600 is het aantal seconden per uur voor de omrekening van m<sup>3</sup>/s naar m<sup>3</sup>/h, in s/uur;

$f_{\text{gebouw};si;H}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de gemeenschappelijke installatie  $si$  voor de functie verwarming.

OPMERKING 2 Om cirkelverwijzingen te voorkomen is  $Q_{H,nd;si;\max}$  hier de maximale warmtebehoefte van systeem  $si$  van alle maanden  $mi$  zonder de terugwinbare verliezen van het desbetreffende distributiesysteem.

De energiefactor voor de distributiepomp  $\varepsilon_{H,\text{dis}}$  van distributiesysteem  $si$  wordt bepaald door (NEN-EN 15316-3:2017, formule (24)):

$$\varepsilon_{H,dis;si} = f_{H,e;si} \cdot (C_{P1;si} + C_{P2;si} \cdot \beta_{H,dis;si}^{-1}) \cdot \frac{EEI_{si}}{0,25} [-] \quad (9.46)$$

$$\beta_{H,dis;si} = 1$$

waarin:

- $f_{H,e;si}$  is de efficiëntiefactor van distributiesysteem  $si$ ;
- $C_{P1;si}$  is de vaste waarde, afhankelijk van het regelsysteem van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , volgens tabel 9.22;
- $C_{P2;si}$  is de vaste waarde, afhankelijk van het regelsysteem van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , volgens tabel 9.22;
- $\beta_{H,dis;si}$  is de deellast van het distributiesysteem;
- $EEI_{si}$  is de energie-efficiëntie-index van de pomp van distributiesysteem  $si$ .

Als de  $EEI_{si}$ , bepaald volgens EU-regeling nr. 622/2012, bekend is, moet deze waarde worden gebruikt. Indien het distributiesysteem  $si$  van meerdere pompen met een bekende  $EEI_{si}$  is voorzien, moet de  $EEI_{si}$  worden bepaald middels het gewogen rekenkundig gemiddelde van de EEI op basis van het maximale vermogen ( $P_{el;pmp}$ ) van deze pompen. In andere gevallen geldt voor pompen met  $P_{C,hydr} < 2,5 \text{ kW}$ , dat  $EEI_{si} = 0,23$ . Voor alle andere distributiepompen met  $P_{H,hydr;dis} \geq 2,5 \text{ kW}$  moet voor de  $EEI_{si}$  de waarde  $EEI_{si} = 0,25$  worden aangehouden.

Indien het werkelijke vermogen van de distributiepomp, zonder energielabel, bekend is, moet deze waarde worden gebruikt. Voor bestaande distributiesystemen  $si$  voorzien van pompen met een energielabel, moet het op het energielabel gegeven vermogen van de pomp  $P_{el;pmp;si}$  worden gebruikt. De energiefactor wordt dan:

$$f_{H,e;si} = \frac{P_{el,pmp;si}}{P_{H,hydr,dis;si}} [-] \quad (9.47)$$

waarin:

- $P_{el,pmp;si}$  is het vermogen volgens het energielabel van een geïnstalleerde of volgens ontwerpspecificaties te installeren distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , in kW (bij het toerental waarop de pomp is ingesteld);
- $P_{H,hydr,dis;si}$  is het hydraulisch vermogen van de pomp van het circulatiesysteem van distributiesysteem  $si$ .

OPMERKING 3  $P_{el,pmp;si}$  betreft het vermogen van alle pompen in het distributiesysteem samen (of indien de pompen identiek zijn het vermogen van de individuele pomp maal het aantal pompen).

Als het werkelijke vermogen van de distributiepomp in de verschillende bedrijfstoestanden niet bekend is, wordt voor pompen met  $P_{H,hydr} < 2,5 \text{ kW}$  de energiefactor voor de distributiepomp  $f_{H,e;si}$  bepaald door:

$$f_{H,e;si} = \frac{P_{H,ref;si}}{P_{H,hydr,dis;si}} [-] \quad (9.48)$$

waarin:

- $P_{H,ref;si}$  is het referentievermogen van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , in kW;
- $P_{H,hydr,dis;si}$  is het hydraulisch vermogen van de pomp van het circulatiesysteem van distributiesysteem  $si$ .

Voor (natte) distributiepompen met een hydraulisch vermogen  $0,001 < P_{H,hydr,dis} < 2,5$  kW is het referentievermogen  $P_{H,ref,si}$ :

$$P_{H,ref,si} = 1,7 \cdot P_{H,hydr,dis,si} + 17 \cdot \left(1 - e^{-0,3 P_{H,hydr,dis,si} \cdot 1000}\right) \cdot 10^{-3} \text{ [kW]} \quad (9.49)$$

waarin:

$P_{H,hydr,dis,si}$  is het hydraulisch vermogen van de pomp van het circulatiesysteem van distributiesysteem  $si$ .

Voor pompen met  $P_{H,hydr} \geq 2,5$  kW wordt de energiefactor  $f_{H,e,si}$  bepaald volgens:

$$f_{H,e,si} = \left(1,25 + \left(\frac{0,2}{P_{H,hydr,dis,si}}\right)^{0,5}\right) \cdot b \quad [-] \quad (9.50)$$

waarin:

$P_{H,hydr,dis,si}$  is het hydraulisch vermogen van de pomp van het circulatiesysteem van distributiesysteem  $si$ ;

$b$  is de factor voor pompongwerp,  $b = 2$ .

**Tabel 9.22 — Constante CP1;si en CP2;si voor de distributiepompen van het distributiesysteem**

Pompregeling	CP1;si	CP2;si
<b>HEAT_DISTR_CTRL_PMP</b>		
Voor alle type regelingen (uncontrolled, of onbekende regeling, $\Delta p_{const}$ , $\Delta p_{variable}$ )	0,25	0,75

#### 9.4.4.1 Hulpenergie van het distributiesysteem

De hoeveelheid hulpenergie  $W_{H,aux,dis,si}$  van distributiesysteem  $si$  wordt bepaald door:

$$W_{H,aux,dis,si} = W_{H,dis,hydr,si} \cdot \mathcal{E}_{H,dis,si} \cdot \frac{A_{g;zt,i}}{\sum_{zt,i} A_{g;zt,i}} \cdot f_{gebouw,si,H} \quad [\text{kWh}] \quad (9.51)$$

$$\beta_{H;gen;i;pref} = \frac{\sum_{pref} \Phi_{H;gen;i;pref}}{\Phi_{H,tot}}$$

waarin:

$W_{H;aux;dis;si,mi}$  is de hoeveelheid benodigde hulpenergie van distributiesysteem  $si$ , in kWh, in maand  $mi$ ;

$W_{H;dis;hydr;si,mi}$  is de hoeveelheid benodigde hulpenergie op basis van de hydraulische weerstand van distributiesysteem  $si$ , in kWh, in maand  $mi$ ;

$\varepsilon_{H;dis;si}$  is de energiefactor van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ ;

$A_{g;zt,i}$  is de gebruiksoppervlakte van de rekenzone, in  $m^2$ ;

$f_{gebouw;si;H}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwindstallatie voor de functie verwarming  $si$ .

## 9.5 Opslag

Warmteopslag voor ruimteverwarming wordt alleen beschouwd in combinatie met warmteopwekking door zonne-energiesystemen, zie 9.6.4.

Voor de situatie in combinatie met zonne-energiesystemen geldt voor formule (9.6):  $W_{H;sto,sk;aux} = 0$ .

**OPMERKING** Het hulpenergiegebruik van een eventueel zonneboilersysteem wordt in rekening gebracht in hoofdstuk 13.

## 9.6 Opwekking

In een thermische zone kunnen meerdere warmteopweksystemen aanwezig zijn. De thermische zone wordt ingedeeld in 'klimatiseringszones'. Elke klimatiseringszone wordt ingedeeld in een of meer rekenzones.

Een verwarmingssysteem bestaat uit de samenhangende onderdelen warmteafgifte, warmtedistributie en warmteopwekking.

Het warmtedistributiedeel kan door meerdere opwekkers voorzien worden van warmte. Elke opwekker wordt door één soort energiedrager  $ci$  voorzien van energie en levert warmte aan één warmtedistributiesysteem.

Het energiegebruik door centrale voorbehandeling van ventilatielucht wordt toegevoegd aan het energiegebruik voor de warmtedistributie.

Bij grote systemen (voorzieningen voor een  $A_g > 500 m^2$ ) zijn de opwekkers inclusief opslag opgesteld in een technische ruimte die wordt gezien als een aangrenzende ruimte.

Verliezen van de opwekkers inclusief de opslag bij grote systemen (systemen die een  $A_g > 500 m^2$  bedienen) zijn niet terugwinbaar.

In geval van meerdere opwekkers wordt de energiefactie van de opwekker bepaald volgens 9.6.1.

In de daarna volgende paragrafen wordt de input energie,  $E_{H;gen;in;gi;cr,j;mi}$ , het hulpenergiegebruik,  $W_{H;gen,gi;aux;mi}$ , en het terugwinbare verlies,  $Q_{H;gen,gi;ls;rbl;zt,j;mi}$ , voor warmteopwekking voor opwekker  $gi$ , voor energiedrager,  $cr,j$ , in maand  $mi$ , bepaald per type opwekker.

### 9.6.1 Rekenwaarde energiefractie opwekker, $F_{H;gen;i;pref,mi}$

#### 9.6.1.1 Algemeen

Voor de verschillende opwekkers geldt een standaardprioritering. De opwekker met preferentie  $pref$  levert het aandeel bepaald op basis van de opgestelde vermogens van de opwekkers. Een eventueel tekort aan vermogen wordt door de eerstvolgende opwekker, met preferentie  $pref+1$ , geleverd. Uitgangspunt bij de de forfaitaire prioritering is tabel 9.1. Binnen deze indeling geldt dat het opwekkingstoestel met het hoogste rendement de hoogste prioriteit heeft. De waarde voor de bepaalde energiefractie,  $F_{H;gen;i,pref,mi}$ , geldt voor de betreffende maanden  $mi$ .

Meer dan één opwekkingstoestel, identiek opwekkingsrendement, identieke prioriteit en identieke brandstof wordt gelijkgesteld aan één opwekkingstoestel met een totaal nominale vermogen dat gelijk is aan de som van de nominale vermogens van deze toestellen.

Bij één opwekker geldt dat deze altijd preferentie  $pref = 1$  heeft. Indien de opwekking slechts één opwekkingstoestel of meer opwekkingstoestellen met identiek opwekkingsrendement, identieke prioriteit en identieke brandstof omvat is de waarde van de energiefractie  $F_{H;gen;i,pref,mi} = 1$ .

Indien de opwekking meer ongelijke opwekkingstoestellen omvat, wordt de energiefractie  $F_{H;gen;i,pref,mi}$  bepaald op basis van  $\beta_{H;gen;i,pref}$ , waarmee het aandeel waarin de opwekker in de warmtebehoefte voorziet wordt bepaald.

Standaard wordt uitgegaan van een parallelle bedrijfswijze (bedrijfswijze waarbij op volgorde van de prioritering opwekkers worden bijgeschakeld, indien de combinatie van opwekkers niet aan de vermogensvraag kan voldoen).

De preferenties van de opwekkers starten altijd bij  $pref = 1$  (hoogste prioriteit) en worden met 1 opgehoogd voor een opwekker met een lagere prioriteit. In 9.2.2.1.3 staat de standaardprioritering van de verschillende opwekkers.

De verhouding van het thermisch vermogen van de opwekker met preferentie  $pref$  en het totaal geïnstalleerde vermogen (de warmtevraag onder ontwerpcondities), de bèta-factor  $\beta_{H;gen;i,pref}$  wordt bij nieuwbouw en/of bij aanvraag van de bouwvergunning als volgt bepaald. Bepaal de verhouding tussen het totale vermogen van de opwekkers voor de verwarmingsfunctie met preferentie  $\leq pref$  en het vermogen voor de verwarmingsfunctie van alle opwekkers met:

$$\beta_{H;gen;i,pref} = \frac{\sum_{preferentie=1}^{pref} \Phi_{H;gen;i;preferentie}}{\Phi_{H;gen;i,tot}} \quad (9.56)$$

$$\Phi_{H;gen;i,tot} = \sum_{preferentie=1}^n \Phi_{H;gen;i;preferentie} \quad (9.57)$$

waarin:

$\beta_{H;gen;i,pref}$  is de dimensiooze verhouding tussen het totale vermogen van de opwekkers met  $preferentie \leq pref$  en het vermogen van alle opwekkers voor de desbetreffende rekenzones  $zi$ ;

$\Phi_{H;gen;i,preferentie}$  is het totale nominale vermogen van de opwekkers met een bepaalde  $preferentie$ ;

- $\Phi_{H;gen;i,tot}$  is het totale nominale vermogen van alle opwekkers in systeem  $si$ , in kW;
- $n$  is het aantal preferenties.

**OPMERKING 1** De nominale vermogens van de opwekkers worden afgelezen van de typeplaatjes van de opwekkers of worden bepaald op basis van typeaanduiding. Indien de nominale vermogens van de opwekkers niet bekend zijn, wordt de bèta-factor ingeschat/gekozen.

Bij de woningbouw is het verwarmingsvermogen van een gasgestookte combiketel als opwekker meestal afgestemd op de warmtapwatervraag. Bij het toepassen van een combiketel, mag in deze situatie het ontwerpvermogen van de combiketel worden gelimiteerd tot 40 % van het maximale vermogen van de combiketel.

In uitzondering hierop wordt in het geval van renovatie en/of wanneer de verwarmingsinstallatie is aangepast ten opzichte van de oorspronkelijke situatie (bij oplevering) waarbij additioneel een preferente opwekker is toegepast, de bèta-factor  $\beta_{H;gen;i;pref}$  bepaald volgens formule (9.58)/(9.59).

$$\beta_{H;gen;i;pref} = \frac{\left( \sum_{preferentie=1}^{pref} \Phi_{H;gen;i;preferentie} \right) \times f_{gebouw;si;H}}{\Phi_{H;tot}} \quad (9.58)$$

$$\Phi_{H;tot} = \sum_{mi}^n Q_{H;node;in;mi}/1139 \quad (9.59)$$

waarin:

$Q_{H;node;in;mi}$  is de input energie van het distributiesysteem, in kWh, in maand  $mi$ , zoals bepaald in 9.2.3.5.

**OPMERKING 2** Het getal 1139 is het afgeronde product van de benuttingsgraad van de maximale warmtebehoefte op jaarbasis (waarde 0,13) en de lengte van het jaar in h.

**OPMERKING 3** Bovenstaande formule wordt gebruikt in een situatie waarin (een deel van) de oude verwarmingselementen blijven staan als niet-preferente opwekker (pieklasttoestellen), en waarbij additioneel een nieuw preferent toestel wordt geplaatst. Het gaat hierbij om het bijplaatsen van een toestel en niet het vervangen van een toestel.

**OPMERKING 4** Indien de som van het daadwerkelijk opgestelde vermogen  $\phi_{H;gen;i;preferentie}$  maal  $f_{gebouw;si;H}$  kleiner is dan het totaal benodigde vermogen  $\phi_{H;tot}$ , wordt het ontbrekende vermogen geleverd door een fictieve opwekker met een identiek opwerkingsrendement als de opwekker met de laagste prioriteit.

De energiefractie voor opwekkers met preferentie  $pref$ ,  $F_{H;gen;i;pref;mi}$  wordt als volgt bepaald:

Als het aantal preferenties  $n > 1$ :

$$F_{H;gen;i;pref;mi} = f_{H;gen;i;mi}(\beta_{H;gen;i;pref}) - f_{H;gen;i;mi}(\beta_{H;gen;i;pref-1}) \quad (9.60)$$

anders:

$$F_{H;gen;i;pref;mi} = 1$$

waarin:

$f_{H;gen;i;mi}(\beta_{H;gen;i;pref})$  is gegeven in tabel 9.23.

**Tabel 9.23 — Energiefractie preferente opwekker of opwekkers,  $f_{H;gen;i;mi}$ , als functie van  $\beta_{H;gen;i;pref}$**

$\beta_{H;gen;i;pref}$	$f_{H;gen;i;mi} (\beta_{H;gen;i;pref})$	
	<b>Oktober-april</b>	<b>Mei-september</b>
0,0	0	0
0,1	0,20	0,57
0,2	0,40	0,87
0,3	0,59	0,95
0,4	0,75	0,98
0,5	0,87	1,00
0,6	0,95	1,00
0,7	0,98	1,00
0,8	0,99	1,00
0,9	1,00	1,00
$\geq 1$	1,00	1,00

Voor tussenliggende waarden van  $\beta$  moet lineair worden geïntpoleerd.

**OPMERKING 5** Het nominale vermogen bij ketels is het nominale vermogen zoals bedoeld in NEN-EN 677 (t/m 70 kW) respectievelijk in de kwaliteitscriteria voor gastoestellen (Gaskeur CV-1 en Gaskeur CV-HR).

**OPMERKING 6** Bij warmtekracht en micro-WKK moet het nominale vermogen overeenkomstig de methode voor gastoestellen worden bepaald.

**OPMERKING 7** Elektrische verwarming behoort voor deze deelbepaling als een afzonderlijk opwekkingstoestel te worden beschouwd.

**OPMERKING 8** Het thermisch vermogen van warmtepompen wordt bepaald volgens NEN-EN 14511-2, onder de volgende, in die norm vastgelegde, testomstandigheden.

**Tabel 9.24 — Temperatuurniveaus**

<b>Bron</b>	<b>Temperatuurniveau van het warmteafgiftesysteem</b>	
	$\theta_{\text{sup}} < 35^{\circ}\text{C}$	$35^{\circ}\text{C} \leq \theta_{\text{sup}} < 55^{\circ}\text{C}$
Bodem	B0/W35	B0/W45
Oppervlaktewater/grondwater/aquifer	W10/W35	W10/W45
Buitenlucht	A2(1,5)/W35	A-7(-8)/W45
Retour-/afvoerlucht	A20(12)/W35	A20(12)/W45

waarin:

$\theta_{\text{sup}}$  is de ontwerpaanvoertemperatuur van het door het warmteopweksysteem ten behoeve van de ruimteverwarming verwarmde water, zie tabel 9.27;

A is lucht als bron, met de betreffende brontemperatuur tijdens de test;

(y) is lucht als bron, met de natteboltemperatuur tijdens de test;

B is de bodem als bron, met de betreffende brontemperatuur tijdens de test;

W is water als bron, met de betreffende brontemperatuur tijdens de test.

OPMERKING Onder 'bodem' wordt verstaan een bodemwarmtewisselaar die de warmtepomp via een overdrachtsmedium van bodemwarmte voorziet. Daaronder vallen ook heipalen met geïntegreerde warmtewisselaars (energiepalen).

## 9.6.2 Ketels

Voor gasketels kan de input energie,  $E_{\text{H;gen;in;gi;cr;j;mi}}$ , het hulpenergiegebruik voor warmteopwekking,  $W_{\text{H;gen,gi;aux;mi}}$  en het terugwinbare verlies,  $Q_{\text{H;gen,gi;ls;rbl;ztl;j;mi}}$  op twee manieren bepaald worden:

- Methode 1: Volgens NEN-EN 15316-4-1, indien meetwaarden benodigd voor deze norm beschikbaar zijn (9.6.2.2);
- Methode 2: Forfaitaire rendementen, indien geen meetwaarden benodigd voor NEN-EN 15136-4-1 beschikbaar zijn (9.6.2.1).

### 9.6.2.1 Methode 2: Forfaitaire rendementen

De input energie per energiedrager en per energiefunctie voor opwekker  $gi$  in maand  $mi$  is:

$$E_{\text{H;gen;gi;cr;j;mi;in}} = \frac{Q_{\text{H;gen;gi;mi;out}}}{\eta_{\text{H;gen,gi;mi}} \cdot f_{\text{prac}}} \quad (9.61)$$

waarin:

$Q_{\text{H;gen;gi;mi;out}}$  is de thermische energie door de opwekker  $gi$  geleverd in maand  $mi$ , in kWh, volgens 9.2.2.1.3 (daar  $Q_{\text{H;gen;i;out}}$  genoemd);

$\eta_{\text{H;gen,gi,mi}}$  is het rendement van opwekker  $gi$  in maand  $mi$ , volgens 9.6.2.1.1;

$f_{\text{prac}}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor, met de waarde 1.

Het elektrische hulpenergiegebruik voor opwekking,  $W_{H;gen,gi;aux;mi}$ , wordt bepaald in 9.6.8.1.

De forfaitaire waarde van het thermische-hulpenergiegebruik,  $W_{H;gen,gi;aux,fi;mi}$ , voor de eventueel aanwezige waakvlam in opwekkingstoestel  $gi$  in systeem  $si$  bedraagt 695 kWh per jaar.

695 kWh is het gemiddelde energiegebruik per waakvlam. Indien het meerdere opwekkers in een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming betreft, moet de som van het energiegebruik van de waakvlam(men) worden teruggerekend naar het gedeelte van een gebouw waarvoor de energieprestatie wordt bepaald door deze som te vermenigvuldigen met  $f_{gebouw;H}$ .

Het terugwinbare verlies,  $Q_{H;gen,gi;ls;rbl;zi,mi}$  is gelijk aan 0.

**OPMERKING** Bij de onderbouwende berekening van de tabelwaarden van het rendement van individuele toestellen in binnenopstelling, is ervan uitgegaan dat de mantelverliezen een nuttige bijdrage leveren aan de warmtelevering: deze zijn voor de eenvoud verdisconteerd in het opwekkingsrendement.

### 9.6.2.1.1 Rekenwaarden opwekkingsrendement

#### 9.6.2.1.1.1 Algemeen

Voor het opwekkingsrendement,  $\eta_{H;gen,si,gi,mi}$ , van een opwekkingstoestel  $gi$ , in een gegeven maand  $mi$ , van een gegeven verwarmingssysteem  $si$ , in een gegeven rekenzone  $zi$ , gelden de rekenwaarden zoals gegeven in de volgende paragrafen van voor de onderscheiden voorzieningen (onder weglatting van de indexen voor systeem  $si$  en opwekker  $gi$ ).

De waarden gelden voor een heel jaar. Bij de berekening per maand wordt voor elke maand dezelfde getalswaarde gebruikt. In deze paragraaf (9.6.2.1.1) zijn in verband met de leesbaarheid de indexen voor de maand,  $mi$ , weggelaten.

#### 9.6.2.1.1.2 Met gas of olie gestookte ketels en luchtverwarmers

Voor het opwekkingsrendement van met gas of olie gestookte ketels en luchtverwarmers  $\eta_{H;gen}$  gelden de rekenwaarden volgens tabel 9.25.

**Tabel 9.25 — Opwekkingsrendement voor verwarming door met gas of olie gestookte ketels en luchtverwarmers**

Verwarmingssysteem	Opwekkingsrendement $\eta_{H;gen}$	
CV-systemen - als hoofdverwarming in individuele installaties		
Temperatuurniveau	LT <sup>a</sup>	HT
Individueel cv-toestel (water) exclusief waakvlam, geplaatst <b>binnen</b> de thermische begrenzing van het gebouw:		
a) conventionele ketel	0,75	0,75
b) VR-ketel	0,80	0,80
c) HR-100-ketel	0,925	0,90
d) HR-104-ketel	0,95	0,925
e) HR-107-ketel	0,975	0,95

Individueel cv-toestel (water) exclusief waakvlam, geplaatst <b>buiten</b> de thermische begrenzing van het gebouw:		
a) conventionele ketel	0,70	0,70
b) VR-ketel	0,75	0,75
c) HR-100-ketel	0,875	0,85
d) HR-104-ketel	0,90	0,875
e) HR-107-ketel	0,925	0,90
<b>CV-ketelsystemen, als bijverwarming bij een warmtepomp of micro-WKK in individuele installaties</b>		
Temperatuurniveau	<b>LT<sup>a</sup></b>	<b>HT</b>
Individueel cv-toestel (water) exclusief waakvlam, geplaatst <b>binnen</b> de thermische begrenzing van het gebouw:		
a) conventionele ketel	0,75	0,75
b) VR-ketel	0,80	0,80
c) HR-100-ketel	0,90	0,90
d) HR-104-ketel	0,925	0,90
e) HR-107-ketel	0,95	0,90
Individueel cv-toestel (water) exclusief waakvlam, geplaatst <b>buiten</b> de thermische begrenzing van het gebouw <sup>b</sup> :		
a) conventionele ketel	0,70	0,70
b) VR-ketel	0,75	0,75
c) HR-100-ketel	0,85	0,85
d) HR-104-ketel	0,875	0,85
e) HR-107-ketel	0,90	0,85
<b>CV-systemen in een collectieve gebouwinstallatie</b>		
Temperatuurniveau	<b>LT<sup>a</sup></b>	<b>HT</b>
Collectieve verwarming, exclusief waakvlam, eventueel in de uitvoering van gebouwgebonden warmtelevering op afstand:		
a) Onbekend	0,70	0,70
b) Conventionele ketel		
c) VR-ketel	0,75	0,75
d) HR-100-ketel	0,875	0,85
e) HR-104-ketel	0,90	0,875
f) HR-107-ketel	0,925	0,90

<b>Overige systemen</b>	
Lokale gasverwarming inclusief waakvlam, olieverwarming of stoomketel <b>met</b> afvoer verbrandingsgassen	0,65
Lokale gasverwarming inclusief waakvlam, olieverwarming of stoomketel <b>zonder</b> afvoer verbrandingsgassen (waaronder afvoerloze sfeerhaarden)	0,10
<b>Overige systemen</b>	
Direct gestookte luchtverwarmer, exclusief waakvlam:	
a) conventionele luchtverwarmer	0,75
b) VR-luchtverwarmer	0,80
c) HR-100-luchtverwarmer	0,90
d) HR-104-luchtverwarmer	0,925
e) HR-107-luchtverwarmer	0,95
waarin:	
conventioneel	is een met gas gestookte ketel of luchtverwarmer zonder nadere aanduiding, of een met olie gestookte ketel;
VR	is een met gas gestookte ketel of luchtverwarmer met een vollastrendement van ten minste 88,5 %/88,7 % op onderwaarde;
HR-100-, 104-, 107-ketel	is een met gas gestookte ketel met deellastrrendement van ten minste 100 %, 104 % respectievelijk 107 % op onderwaarde;
HR-100-, 104-, 107-luchtverwarmer	is een met gas gestookte luchtverwarmer met deellastrrendement van ten minste 101 %, 105 % respectievelijk 108 % op onderwaarde.
<sup>a</sup>	Voor indeling LT en HT, zie tabel 9.26. Het van toepassing zijn van LT moet met bijvoorbeeld de ontwerpgegevens worden aangetoond.
<sup>b</sup>	Grote systemen ( $A_g > 500 \text{ m}^2$ ) staan per definitie opgesteld in een aangrenzende ruimte en zijn daarmee opgesteld buiten de thermische begrenzing van het gebouw.

**OPMERKING 1** Bij een onbekende opwekker in een collectieve gebouwinstallatie is uitgegaan van een VR-ketel en een factor van 0,95 om de hulpenergie van deze opwekker in het opwekkingsrendement te verdisconteren.

De indeling van hogetemperatuur- respectievelijk lagetemperatuursystemen (HT en LT) staat in tabel 9.26.

**Tabel 9.26 — Indeling HT- en LT-systeem, voor warmteopwekking en -distributie**

<b>Gemiddelde ontwerp-temperatuur warmte-afgifte, in °C</b>	<b>Aanvullende voorwaarden</b>	<b>Indeling voor de warmte-bron</b>	<b>Voorbeelden <sup>b</sup> <math>\theta_{\text{sup}}/\theta_{\text{ret}}</math> °C</b>
$\theta_{\text{em;avg}} > 50^{\circ}\text{C}$ <sup>a</sup>	–	HT	90/70, 80/60, 70/50 Verwarmingssystemen met radiatoren en/of convectoren; eventueel aangevuld met vloer- en wandverwarming en betonkernactivering
$\theta_{\text{em;avg}} > 50^{\circ}\text{C}$ <sup>a</sup>	Systeem met menginjectie met pomp in afgifte-systeem, zonder retourbegrenzing <sup>c, d</sup>	HT	90/70, 80/60, 70/50 Alle systemen waaronder vloer- en wandverwarming en betonkernactivering, gecombineerd met HT- of LT-radiatoren en/of convectoren
$\theta_{\text{em;avg}} \leq 50^{\circ}\text{C}$ <sup>a</sup>	Systeem met menginjectie met pomp in afgifte-systeem, met retourbegrenzing in het afgiftesysteem <sup>d</sup>	LT	70/30, 60/40, 55/45 Alle LT-systeem waaronder vloer- en wandverwarming en betonkernactivering, eventueel gecombineerd met LT- radiatoren en/of LT-convectoren
$\theta_{\text{em;avg}} \leq 50^{\circ}\text{C}$ <sup>a</sup>	Direct systeem <sup>e</sup> zonder menginjectie <sup>c</sup>	LT	60/40, 55/45, 45/38 Alle LT-systeem waaronder vloer- en wandverwarming en betonkernactivering, eventueel gecombineerd met LT- radiatoren en/of LT-convectoren

<sup>a</sup>  $\theta_{\text{em;avg}}$  is de getalswaarde van het gemiddelde van de ontwerpaanvoer- en retourtemperatuur voor de warmteafgifte, in °C. Het van toepassing zijn van LT-afgifte ( $\theta_{\text{em;avg}} \leq 50^{\circ}\text{C}$ ) moet met bijvoorbeeld de ontwerpgegevens worden aangetoond.  
<sup>b</sup>  $\theta_{\text{sup}}$  is de ontwerpaanvoortemperatuur van het door het warmteopweksysteem ten behoeve van de ruimteverwarming verwarmde water.  
<sup>c</sup>  $\theta_{\text{ret}}$  is de ontwerpreturntemperatuur van het door het warmteopweksysteem ten behoeve van de ruimteverwarming verwarmde water.  
<sup>d</sup> Een retourbegrenzing in een verwarmingssysteem heeft tot doel om een maximale retourtemperatuur naar de opwekker te garanderen. Een retourbegrenzing kan bijvoorbeeld bestaan uit een thermostatisch bedienende klep. Deze moet dan zijn afgesteld op een maximale retourtemperatuur van 45 °C. Ook is het mogelijk om een hydraulisch menginjectiesysteem toe te passen waarbij de aanvoer van de opwekker wordt bepaald door het afgiftesysteem met de hoogste aanvoertemperatuur. Bij deze systemen is de inzet van een of meer aanvullende pompen vereist.  
<sup>e</sup> Een direct systeem is een systeem waarbij het water van de opwekker direct wordt toegevoerd aan het gehele warmteafgiftesysteem. Toepassing van dergelijke systemen vereist een uniforme ontwerptemperatuur voor het gehele afgiftesysteem.

**OPMERKING 2** Bij lokale verwarming is een rekenwaarde gehanteerd voor het opwekkingsrendement gelijk aan de laagste waarde voor centrale verwarming. Het werkelijke rendement kan, afhankelijk van het toestel, lager zijn, echter daar staat tegenover dat het gebruik van lokale verwarming, althans bij plaatsing van slechts één lokale verwarmingsbron, wezenlijk in gunstige zin afwijkt van het gebruik van centrale verwarming. Het zou dan ook niet redelijk zijn om een eventueel lager rendement af te straffen. Anderzijds is het niet redelijk om de gunstige invloed op het gebruik te belonen, omdat bij wijziging van de situatie (plaatsing meer toestellen, plaatsing centrale verwarming) een toestand zou ontstaan die in strijd is met de toestand op basis waarvan de bouwvergunning is verleend. Om deze laatste reden wordt ook bij meer toestellen voor lokale verwarming dezelfde rekenwaarde aangehouden.

**OPMERKING 3** Toestellen behoren ten minste te voldoen aan het *Besluit rendementseisen cv-ketels*, de Nederlandse implementatie van de *Europese Boiler Efficiency Directive*.

**OPMERKING 4** VR-luchtverwarmer: bedoeld is een met gas gestookte luchtverwarmer met een vollastrendement van ten minste 88,5 % op onderwaarde, gemeten volgens NEN-EN 778 resp. NEN-EN 1319 en/of die voldoet aan de criteria volgens de keuringseisen voor gastoestellen (Gaskeur LV-1).

**OPMERKING 5** HR-100-, HR-104-, HR-107-luchtverwarmer: bedoeld is een met gas gestookte luchtverwarmer met een deellastrendement van ten minste 101 %, 105 %, respectievelijk 108 % op onderwaarde, gemeten volgens NEN-EN 1196, en/of met een HR-100-, HR-104- respectievelijk HR-107- kwaliteitsaanduiding volgens de keuringseisen voor gastoestellen (Gaskeur LV-HR-1).

**OPMERKING 6** VR-ketel: bedoeld is een met gas gestookte ketel met een vollastrendement van ten minste 88,5 % op onderwaarde, gemeten volgens NEN-EN 297 en/of NEN-EN 483 en/of de NEN-EN 15502-reeks en/of die voldoet aan de criteria volgens de keuringseisen voor gastoestellen. Ketels met het Gaskeur, zoals door Kiwa afgegeven, voldoen aan de eis voor een VR-ketel.

**OPMERKING 7** HR-100-, HR-104-, HR-107-ketel: bedoeld is een met gas gestookte ketel met een deellastrendement van ten minste 100 %, 104 % resp. 107 % op onderwaarde, gemeten volgens NEN-EN 677 (alleen van toepassing voor bestaande bouw) en/of de NEN-EN 15502-reeks. Ketels met het Gaskeur/HR-label, zoals door Kiwa afgegeven vanaf 1 juli 2015, voldoen aan de eis voor een HR-107-ketel.  
Ketels met het Gaskeur HR-100-, HR-104- respectievelijk HR-107-label, zoals door Kiwa afgegeven vanaf 1997 tot 1 juli 2015, voldoen aan de eis voor een HR-100-, HR-104-, resp. HR-107-ketel.  
Ketels met het Gaskeur CV-HR- label, zoals door Kiwa afgegeven tot 1997, voldoen aan de eis voor een HR-100-ketel.

**OPMERKING 8** Het onderscheid naar ontwerpaanvoertemperatuur is gebaseerd op de invloed die het temperatuurniveau heeft op het opwekkingsrendement, rekening houdend met de gebruikelijke dimensionering van verwarmingssystemen.

**OPMERKING 9** Het in tabel 9.25 gegeven rendement voor HR-ketels bij een collectieve gebouwinstallatie is gebaseerd op bedrijfsvoering met een stooklijn en een opstelling in een ruimte buiten de begrenzing voor de energieprestatieberekening.

**OPMERKING 10** De omgevingsverliezen van het toestel worden als nuttig beschouwd bij binnenopstelling van individuele toestellen. In alle andere situaties worden omgevingsverliezen als verliezen beschouwd. Indien het toestel in een rekenzone staat opgesteld worden de verliezen bepaald naar een omgevingstemperatuur van 20 °C, anders naar een omgevingstemperatuur van 5 °C.

### 9.6.2.2 Methode 1: Berekening volgens NEN-EN 15316-4-1

De berekeningsmethode voor de:

- input energie voor de opwekker ( $E_{H;gen,gi;cr,j;mi;in}$ );
- terugwinbare verliezen ( $Q_{H;gen,gi;ls;rbl;zt,j;mi}$ );
- hulpenergie ( $W_{H;gen,gi;aux;mi}$ ),

wordt gegeven in bijlage M. Deze berekeningen worden uitgevoerd met als input productwaarden voor de benodigde rendementen en vermogens voor hulpenergie.

### 9.6.3 Warmtepompen en elektrische verwarming

Het tijdgemiddelde opwekkingsrendement van een warmtepomp kan op verschillende manieren worden bepaald:

- methode 1, indien meetwaarden conform NEN-EN 14511 of NEN-EN 14825 beschikbaar zijn, kan het tijdgemiddelde opwekkingsrendement bepaald worden volgens 9.6.3.2;
- methode 2, forfaitaire rekenwaarden voor het tijdgemiddelde opwekkingsrendement; voor woningen volgens 9.6.3.1.1 of utiliteit volgens 9.6.3.1.2.

Indien een warmtepomp voor zowel woningen als utiliteit wordt toegepast, dan wordt de waarde voor het opwekkingsrendement voor utiliteit toegepast.

In het opwekkingsrendement van een warmtepomp moet het verbruik van een bronpomp of bronventilator zijn verwerkt. Voor met gas gestookte warmtepompen moet het elektrisch verbruik hiertoe worden omgerekend naar primaire energie met de primaire energiefactor voor aangeleverde elektriciteit.

Een uitzondering geldt voor warmtepompen met ventilatielucht als opwekker. Hiervoor wordt de ventilatorenenergie bepaald in hoofdstuk 11.2.2.1.2, waarbij eventuele overventilatie in rekening moet worden gebracht.

Bij toepassing van forfaitaire waarden moet voor alle warmtepompen het nominale vermogen  $P_{H;gen;gpref}$  in kW worden opgegeven om volgens 9.6.1 de energiefractie te bepalen.

Voor (hybride) systemen met een hogere ontwerpaanvoertemperatuur dan 55 °C levert de warmtepomp in de regel geen warmte bij de hogere aanvoertemperatuur. Voor deze systemen moet de bepalingsmethode van bijlage Q worden gebruikt om zowel de energiefractie als het opwekkingsrendement van de warmtepomp te bepalen.

De terugwinbare verliezen voor warmtepomp  $gi$ ,  $Q_{H;gen;gi;ls;rbl;zi,mi}$  zijn gelijk aan 0.

#### 9.6.3.1 Methode 2: indien geen gegevens conform NEN-EN 14511 of NEN-EN 14825 beschikbaar zijn

De input energie per energiedrager en per energiefunctie voor opwekker  $gi$  in maand  $mi$  is:

$$E_{H;gen;gi;cr,j;mi,in} = \frac{Q_{H;gen;gi;mi,out}}{COP_{gi;mi} \cdot f_{prac}} \quad (9.62)$$

waarin:

$Q_{H;gen;gi;mi,out}$  is de thermische energie door de opwekker  $gi$  geleverd in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 9.2.2.1.3 (daar  $Q_{H;gen;i,out}$  genoemd);

$COP_{gi;mi}$  is de gemiddelde  $COP$  van opwekker  $gi$  in maand  $mi$ , bepaald volgens 9.6.3.1.1 of 9.6.3.1.2;

$f_{prac}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor, met de waarde 1.

Voor de gemiddelde prestatiecoëfficiënt,  $COP_{gi,mi}$ , van opwekker  $gi$  in maand  $mi$ , gelden de rekenwaarden zoals hierna gegeven voor verschillende typen warmtepompen en elektrische verwarming. Bij de berekening wordt voor elke maand  $mi$  dezelfde getalswaarde gebruikt.

Bepaal het totale gebruik van elektrische-hulpenergie voor verwarming voor warmtepomp  $gi$ ,  $W_{H;gen,gi;aux;mi}$ , volgens 9.6.8.1.

#### **9.6.3.1.1 Rekenwaarden $COP_{gi,mi}$ voor woningbouw**

Voor elektrische lucht-lucht-warmtepompen is de rekenwaarde voor de gemiddelde prestatiecoëfficiënt,  $COP_{gi,mi} = 2,8$ .

Voor andere typen warmtepompen worden de rekenwaarden voor de gemiddelde prestatiecoëfficiënt,  $COP_{gi,mi}$  gegeven in tabel 9.27.

**Tabel 9.27 — Gemiddelde prestatiecoëfficiënt,  $COP_{gi;mi}$ , voor verwarming door warmtepompen als de aanvoertemperatuur volgens een stooklijn wordt geregeld, of voor elektrische verwarming voor de categorie woningbouw met een maximaal thermisch vermogen van 25 kW in maand  $mi$**

<b>Opwekker <math>gi</math></b>	<b>Gemiddelde prestatiecoëfficiënt</b> $COP_{gi;mi}$									
	$\theta_{sup}$ $\leq 30^{\circ}\text{C}$ <sup>b</sup>	$30^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 35^{\circ}\text{C}$ <sup>b</sup>	$35^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 40^{\circ}\text{C}$	$40^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 45^{\circ}\text{C}$	$45^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 50^{\circ}\text{C}$	$50^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 55^{\circ}\text{C}$	$55^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 60^{\circ}\text{C}$	$60^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 65^{\circ}\text{C}$	$65^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 70^{\circ}\text{C}$	
Lokale en centrale elektrische verwarming	1,0									
Ontwerpaanvoertemperatuur $\theta_{sup}$	$\theta_{sup}$ $\leq 30^{\circ}\text{C}$ <sup>b</sup>	$30^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 35^{\circ}\text{C}$ <sup>b</sup>	$35^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 40^{\circ}\text{C}$	$40^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 45^{\circ}\text{C}$	$45^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 50^{\circ}\text{C}$	$50^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 55^{\circ}\text{C}$	$55^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 60^{\circ}\text{C}$	$60^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 65^{\circ}\text{C}$	$65^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 70^{\circ}\text{C}$	
Elektrische warmtepomp, met als bron:										
— bodem	4,0 $\times C_{source}^a$	3,8 $\times C_{source}^a$	3,6 $\times C_{source}^a$	3,4 $\times C_{source}^a$	3,2 $\times C_{source}^a$	3,0 $\times C_{source}^a$	2,4 $\times C_{source}^a$	2,3 $\times C_{source}^a$	2,1 $\times C_{source}^a$	
— grondwater ( $< 15^{\circ}\text{C}$ )	4,7 $\times C_{source}^a$	4,5 $\times C_{source}^a$	4,3 $\times C_{source}^a$	4,1 $\times C_{source}^a$	3,9 $\times C_{source}^a$	3,7 $\times C_{source}^a$	2,9 $\times C_{source}^a$	2,7 $\times C_{source}^a$	2,6 $\times C_{source}^a$	
— buitenlucht <sup>c</sup>	2,40	2,40	2,35	2,30	2,30	2,25	1,80	1,70	1,60	
— warmte uit retour-/afvoerlucht	3,90	3,65	3,55	3,45	3,35	3,25	2,60	2,40	2,30	
— brontemperatuur $\geq 15^{\circ}\text{C}$ en $< 20^{\circ}\text{C}$ <sup>d</sup>	5,10	4,80	4,50	4,30	4,10	3,80	3,00	2,80	2,60	
— brontemperatuur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ en $< 40^{\circ}\text{C}$ <sup>e</sup>	5,40	5,10	4,80	4,50	4,20	4,00	3,10	2,90	2,70	
— brontemperatuur $\geq 40^{\circ}\text{C}$ <sup>e</sup>				8,30	6,80	5,70	4,90	4,30	3,80	

Opwekker <i>gi</i>	Gemiddelde prestatiecoëfficiënt <i>COP<sub>gi:mi</sub></i>						
Elektrische warmtepomp, met een <i>COP</i> die voldoet aan de in tabel 9.28 gegeven eisen, met als bron:							
— bodem	4,55 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	4,4 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	4,25 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	4,1 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	3,9 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	3,7 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	
— grondwater	5,2 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	5,0 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	4,8 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	4,6 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	4,4 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	4,2 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	
— buitenlucht	3,50	3,35	3,15	3,00	2,80	2,60	
Door of met een gasmotor aangedreven warmtepomp of gasabsorptie-warmtepomp in een collectieve gebouwinstallatie niet behorend tot externe warmtelevering, met als bron:							
— bodem	1,35 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,3 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,25 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,2 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,15 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,1 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	
— grondwater	1,35 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,3 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,25 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,2 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,15 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	1,1 × <i>c<sub>source</sub></i> <sup>a</sup>	
— buitenlucht	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05	1,0	
waarin:							
θ <sub>sup</sub> is de getalswaarde van de ontwerpaanvoertemperatuur in °C.							
<sup>a</sup> Correctiefactor voor opwekker met regeneratie van de individuele of collectieve bron, volgens bijlage V. Indien dit niet van toepassing is, <i>c<sub>source</sub></i> = 1,0.							
b Het van toepassing zijn van θ <sub>sup</sub> ≤ 35 °C moet bijvoorbeeld met de ontwerpgegevens worden aangetoond.							
c Voor warmtepompen met 'zowel buitenlucht als retour-/afvoerlucht' als bron moeten de in deze tabel gegeven forfaitaire opwekkingsrendementen voor warmtepompen met als bron 'buitenlucht' worden gebruikt.							
d Bij een bron met een temperatuur van ≥ 15 °C en < 20 °C wordt ervan uitgegaan dat de ontrokken warmte volledig hernieuwbaar is.							
e Een bron met een temperatuur van ≥ 20 °C moet worden gewaardeerd als een systeem met externe warmtelevering volgens tabel 5.3 en 5.4 of bijlage P. Dit geldt ook indien deze warmte afkomstig is uit een of meer bronnen gelegen op het eigen perceel.							

**OPMERKING** De COP-waarden bij een bron temperatuur van  $\geq 15^{\circ}\text{C}$  alsmede de COP-waarden bij een ontwerptemperatuur van  $> 55^{\circ}\text{C}$  zijn bepaald op basis van een conservatieve theoretische benadering. Om die reden is er bij een grafische weergave een trendbreuk in de COP-waarden zichtbaar. Het uitgangspunt voor het medium voor bronnen met een temperatuur  $\geq 15^{\circ}\text{C}$  is een vloeistof.

Indien voor een bron met een temperatuurniveau van  $20^{\circ}\text{C}$  of hoger geen kwaliteitsverklaring van de bron beschikbaar is, dan moet grondwater ( $< 15^{\circ}\text{C}$ ) als bron worden aangehouden. Als het type bron onbekend is, moet bodem als bron worden aangehouden.

In tabel 9.28 zijn de minimale *COP*-waarden vastgelegd die een warmtepomp bij testen volgens deze norm moet behalen om het hoge opwekkingsrendement volgens tabel 9.27 te mogen toepassen.

**Tabel 9.28 — Minimale *COP*-waarden bepaald volgens NEN-EN 14511-2, onder de in deze normen vastgelegde testomstandigheden**

Warmtepomptype	Beproevingsconditie volgens hoofdstuk 4 van NEN-EN 14511-2:2022		Minimale <i>COP</i> <sup>b</sup> volgens NEN-EN 14511-2 <sup>a</sup>
Bodem/water (brine/water)	T1: (B0/W45) T2: (B0/W35)		3,00 3,50
Grondwater/water (water/water)	T1: (W10/W45) T2: (W10/W35)		3,75 4,40
Buitenklimaat/water (outside air/water)	T1: (A7(6)/W45) T2: (A7(6)/W35) T3: (A7(8)/W45)		2,75 2,85 1,90

waarin:

- A is lucht (air) als medium, met het temperatuurniveau van dit medium tijdens de test;
- (y) is lucht (air) als medium, met de natteboltemperatuur van dit medium tijdens de test;
- B is de bodem met brine als medium, met het temperatuurniveau van dit medium tijdens de test;
- W is water (grondwater) als medium, met het temperatuurniveau van dit medium tijdens de test;
- B0/W35 is brine als opwekker, waarbij de intredetemperatuur aan de warmtepomp  $0^{\circ}\text{C}$  bedraagt en water als afgiftemedium met een aanvoertemperatuur van  $35^{\circ}\text{C}$ .

<sup>a</sup> De volgens NEN-EN 14511-2 gemeten *COP* behoort boven de hier gegeven minimale *COP* te liggen. In de hier gegeven *COP*-waarden is een meetfout dan wel onnauwkeurigheid van 5 % reeds verdisconteerd.

<sup>b</sup> *COP* geeft de verhouding tussen aangeleverde warmte en aandrijfvermogen, inclusief een deel van de bijdrage van bronpomp of -ventilator, conform de aanwijzingen in de desbetreffende norm.

OPMERKING 1 Voor warmtepompen is in de rekenwaarden voor het opwekkingsrendement de hulpenergie nodig voor het onttrekken van de warmte aan de bron en de energie ten behoeve van ontstooicycli voor lucht-naar-waterwarmtepompen verdisconteerd. De rendementswaarden zijn gedifferentieerd naar het type bron, waaraan de warmte wordt onttrokken.

- a) Bodem: gebruik wordt gemaakt van een verticale of horizontale bodemwarmtewisselaar waardoor met behulp van een pomp een medium stroomt dat warmte aan de bodem onttrekt en vervolgens via een warmtewisselaar afstaat aan de warmtepomp.
- b) Grondwater: gebruik wordt gemaakt van grondwater dat met behulp van een pomp wordt opgepompt, warmte via een warmtewisselaar (verdamper) afstaat aan de warmtepomp en vervolgens weer wordt teruggevoerd. Er wordt hierbij geen gebruik gemaakt van een tussenmedium.
- c) Buitenlucht: gebruik wordt gemaakt van buitenlucht die met behulp van een ventilator over een warmtewisselaar wordt geleid, waardoor de buitenlucht warmte aan de warmtepomp afstaat.
- d) Er zijn geen waarden opgenomen voor een warmtepomp die ventilatieretourlucht gebruikt als bron.

OPMERKING 2 Voor de in tabel 9.27 gegeven rendementen is uitgegaan van een voldoende capaciteit van de warmtewisselaar aan de bronzijde en een adequaat ontwerp en adequate uitvoering van het systeem voor de warmtedistributie en -afgifte.

#### 9.6.3.1.2 Rekenwaarden $COP_{gi,mi}$ voor utiliteit

Voor elektrische lucht-lucht-warmtepompen is de rekenwaarde voor de gemiddelde prestatiecoëfficiënt,  $COP_{gi,mi} = 2,8$ .

Voor andere typen warmtepompen worden de rekenwaarden voor de gemiddelde prestatiecoëfficiënt,  $COP_{gi,mi}$  gegeven in tabel 9.29.

**Tabel 9.29 — Gemiddelde prestatiecoëfficiënt,  $COP_{gi; mi}$ , van warmtepompen als de aanvoertemperatuur volgens een stooklijn wordt geregeld, voor de categorie utiliteit en collectieve gebouwinstallaties en warmtepompen met een thermisch vermogen van meer dan 25 kW in maand  $mi$**

<b>Opwekker <math>gi</math></b>	<b>Gemiddelde prestatiecoëfficiënt</b> $COP_{gi, mi}$								
	$\theta_{sup}$ $\leq 30^{\circ}\text{C}$	$30^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 35^{\circ}\text{C}$	$35^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 40^{\circ}\text{C}$	$40^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 45^{\circ}\text{C}$	$45^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 50^{\circ}\text{C}$	$50^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 55^{\circ}\text{C}$	$55^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 60^{\circ}\text{C}$	$60^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 65^{\circ}\text{C}$	$65^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 70^{\circ}\text{C}$
Lokale en centrale elektrische verwarming	1,0								
<b>Temperatuurniveaus van het warmteafgiftesysteem</b>									
<b>EWP:</b>									
Bodem	3,55	3,4	3,25	3,1	2,95	2,8	2,2	2,1	2,0
Buitenlucht	3,40	3,25	3,15	3,05	2,90	2,80	2,2	2,1	2,0
Warmte uit retour-/afvoerlucht	4,65	4,50	4,35	4,20	4,05	3,90	3,1	2,9	2,7
Grondwater/aquifer ( $< 15^{\circ}\text{C}$ )	5,0	4,7	4,45	4,2	3,9	3,6	2,8	2,7	2,5
Oppervlaktewater	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	2,6	2,5	2,3
Brontemperatuur $\geq 15^{\circ}\text{C}$ en $< 20^{\circ}\text{C}$ <sup>a</sup>	5,4	5,0	4,7	4,4	4,1	3,7	2,9	2,7	2,6
Brontemperatuur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ en $< 40^{\circ}\text{C}$ <sup>b</sup>	5,8	5,3	4,9	4,6	4,2	3,9	3,2	2,9	2,7
Brontemperatuur $\geq 40^{\circ}\text{C}$ <sup>b</sup>				9,2	7,3	6,2	5,2	4,6	4,1

<b>Opwekker <math>gi</math></b>	<b>Gemiddelde prestatiecoëfficiënt</b> $COP_{gi, mi}$									
	1,0									
Lokale en centrale elektrische verwarming	<b>Temperatuurniveaus van het warmteafgiftesysteem</b>									
	$\theta_{sup}$ $\leq 30^{\circ}\text{C}$	$30^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 35^{\circ}\text{C}$	$35^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 40^{\circ}\text{C}$	$40^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 45^{\circ}\text{C}$	$45^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 50^{\circ}\text{C}$	$50^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 55^{\circ}\text{C}$	$55^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 60^{\circ}\text{C}$	$60^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 65^{\circ}\text{C}$	$65^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 70^{\circ}\text{C}$	
<b>GWP:</b>										
Bodem/buitenlucht	1,65	1,6	1,55	1,5	1,45	1,4				
Warmte uit retour-/afvoerlucht	2,7	2,6	2,4	2,2	2,1	2,0				
Grondwater/aquifer	2,2	2,1	2,0	1,9	1,85	1,8				
Oppervlaktewater	1,95	1,9	1,85	1,8	1,75	1,7				

waarin:

- EWP is een elektrische warmtepomp;
- GWP is een met een gasmotor aangedreven warmtepomp (GMWP) of een met gasabsorptie aangedreven warmtepomp (GAWP);
- $\theta_{sup}$  is de ontwerpaanvoertemperatuur van het door het warmteopweksysteem ten behoeve van de ruimteverwarming verwarmde water, in  $^{\circ}\text{C}$ .

a Bij een bron met een temperatuur van  $\geq 15^{\circ}\text{C}$  en  $< 20^{\circ}\text{C}$  wordt ervan uitgegaan dat de ontrokken warmte volledig hernieuwbaar is.

b Een bron met een temperatuur van  $\geq 20^{\circ}\text{C}$  moet worden gewaardeerd als een systeem met externe warmtelevering volgens tabel 5.3 en 5.4 of bijlage P. Dit geldt ook indien deze warmte afkomstig is uit een of meer bronnen gelegen op het eigen perceel.

**OPMERKING 1** Voor rechtstreeks doorstroomde<sup>2)</sup> in de vloer en/of wand geïntegreerde verwarming (zonder mengregeling) geldt een ontwerpaanvoertemperatuur van ten hoogste 55 °C.

**OPMERKING 2** Het rendement voor de warmtepompen met de bodem als bron geldt voor een parallelle bedrijfswijze. De overige rendementen gelden voor een alternatieve bedrijfswijze (brontemperatuur > 0 °C).

**OPMERKING 3** Een warmtepomp die gebruikmaakt van de warmte uit retour-/afvoerlucht van een gebouw zal in het algemeen niet in de volledige warmtevraag van het gebouw kunnen voorzien.

**OPMERKING 4** Het onderscheid naar ontwerpaanvoertemperatuur is gebaseerd op de invloed die het temperatuurniveau heeft op het opwekkingsrendement, rekening houdend met de gebruikelijke dimensionering van verwarmingssystemen.

Voorbeelden van ontwerpaanvoertemperatuur:

- a) vloer- of wandverwarming, rechtstreeks doorstroomd: ≤ 55 °C;
- b) vloerverwarmingssystemen, met mengregeling: > 55 °C;
- c) lagetemperatuurradiatoren of -convectoren: 55 °C;
- d) radiatoren/convectoren algemeen: 70 °C à 90 °C.

Een indicatie voor het temperatuurniveau van het warmteafgiftesysteem wordt verkregen door  $VO/H$ , de verhouding tussen:

- a)  $VO$ : de som van het warmteafgevend vermogen van de warmteafgevende elementen in de desbetreffende rekenzone bij een temperatuurverschil van 30 K tussen het warmteafgevende element en de omgeving, bepaald volgens hoofdstuk 6 van NEN-EN 442-2:2014, en
- b)  $H$ : de som van de specifieke warmteverliezen voor transmissie en ventilatie ( $H_{tr} + H_{ve}$ ).

Indien $VO/H$	Dan $\theta_{sup}$ °C
> 85	< 35
50 – 85	< 45
35 – 50	< 55
< 35	Overig

**OPMERKING 5** Onder 'bodem' wordt verstaan een bodemwarmtewisselaar die de warmtepomp via een overdrachtmedium van bronwarmte voorziet. Daaronder vallen ook doorstroomde heipalen of energiepalen.

**OPMERKING 6** De COP-waarden bij een bron temperatuur van ≥ 15 °C alsmede de COP-waarden bij een ontwerptemperatuur van > 55 °C zijn bepaald op basis van een conservatieve theoretische benadering. Om die reden is er bij een grafische weergave een trendbreuk in de COP-waarden zichtbaar. Het uitgangspunt voor het medium voor bronnen met een temperatuur ≥ 15 °C is een vloeistof.

2) Rechtstreeks doorstroomde in de vloer of wand geïntegreerde verwarming: bedoeld wordt een vloer- of wandverwarming waarvan de ingaande watertemperatuur (afgezien van eventuele leidingverliezen) gelijk is aan de uitgaande watertemperatuur van het opwekkingstoestel. De genoemde ontwerpstandigheden refereren aan het benodigde minimale ontwerpvermogen van het warmteafgiftesysteem.

**OPMERKING 7** Het opwekkingsrendement  $\eta_{\text{HD;gen}}$  van warmtepompen bij  $65^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{sup}} \leq 70^{\circ}\text{C}$  is ook van toepassing voor een collectieve gebouwinstallatie waarmee warmtapwaterbereiding binnen de aangesloten delen van een gebouw, woningen of appartementen plaatsvindt via een warmtewisselaar (aflevererset) of via een warmtewisselaar en een voorraadvat.

Bij een brontemperatuur van  $\geq 20^{\circ}\text{C}$  wordt de aan de warmtebron (externe warmtelevering) onttrokken energie door zowel warmtepompen voor de functie woningbouw (tabel 9.27) als voor utiliteit (9.29) berekend volgens:

$$Q_{\text{HD;hp;in;bron}} = \sum_{mi;gi} \left( Q_{\text{H;gen};gi;mi;\text{out}} \times \left( 1 - \frac{1}{COP_{gi;mi}} \right) \right)$$

waarin:

$Q_{\text{HD;hp;in;bron}}$  is de totale warmtelevering door het (bron)energiesysteem aan de warmtepompen op jaarbasis, in kWh;

$Q_{\text{H;gen};gi;mi;\text{out}}$  is de thermische energie door de warmtepomp  $gi$  geleverd in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 9.2.2.1.3 (daar  $Q_{\text{H;gen},i;\text{out}}$  genoemd);

$COP_{gi;mi}$  is de gemiddelde prestatiecoëfficiënt,  $COP_{gi;mi}$ , voor verwarming door warmtepomp  $gi$  in maand  $mi$ .

### 9.6.3.2 Methode 1: gegevens conform NEN-EN 14511 of NEN-EN 14825 zijn beschikbaar

De input energie per energiedrager en per energiefunctie voor opwekker  $gi$  in maand  $mi$  is:

$$E_{\text{H;gen};gi;\text{cr},j;mi;\text{in}} = \frac{Q_{\text{H;gen};gi;mi;\text{out}}}{COP_{gi;mi} \cdot f_{\text{prac}}} \quad (9.63)$$

waarin:

$Q_{\text{H;gen};gi;mi;\text{out}}$  is de thermische energie door de opwekker  $gi$  geleverd in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 9.2.2.1.3 (daar  $Q_{\text{H;gen},i;\text{out}}$  genoemd);

$COP_{gi;mi}$  is de gemiddelde  $COP$  van opwekker  $gi$  in maand  $mi$ , gelijk aan  $\eta_{\text{H;gen};\text{hp};si}$  volgens bijlage Q;

$f_{\text{prac}}$  is de praktijkprestatielijnsfactor, met de waarde 0,95.

Voor de coëfficiënt of performance,  $COP_{gi,mi}$ , van een warmtepomp  $gi$  in maand  $mi$ , gelden de rekenwaarden zoals bepaald in bijlage Q. Bij de berekening wordt voor elke maand  $mi$  dezelfde getalswaarde gebruikt. Hetzelfde geldt voor de energiefractie  $F_{\text{H;gen},gi;\text{gpref}}$ .

Bepaal het totale elektrische-hulpenergiegebruik voor verwarming voor warmtepomp  $gi$ , als:

$$W_{\text{H;gen},gi;\text{aux};mi} = W_{\text{H;aux};\text{hp};\text{an}} / (12 \times 3,6). \quad \text{Waarbij } W_{\text{H;aux};\text{hp};\text{an}} \text{ bepaald wordt in bijlage Q.}$$

### 9.6.4 Zonne-energiesystemen

De bijdrage van zonne-energiesystemen aan de energie voor ruimteverwarming wordt gegeven in 13.7.

## 9.6.5 Kachels en ketels met vaste biobrandstoffen

Bij op biomassa gestookte toestellen wordt een onderscheid gemaakt tussen kachels en ketels. Een kachel is een lokaal verbrandingstoestel, een ketel is een centraal opgesteld verwarmingstoestel.

De waardering van een met biobrandstof gestookte kachel is alleen van toepassing voor de ruimte waarin dit toestel is opgesteld en voor ruimten waaraan via een eventueel toegepast distributiesysteem warmte wordt geleverd, mits dit de enige vorm van verwarming in de desbetreffende ruimten is. Indien tevens andere verwarmingssystemen in deze ruimten aanwezig zijn, dan worden deze systemen als de enige leveranciers van warmte beschouwd.

**OPMERKING** Indien in een woning met een cv-systeem in de woonkamer tevens een kachel is geplaatst, dan wordt deze kachel niet in de energiegebruiksrekening voor verwarming meegenomen.

Voor biomassaketels en -kachels kunnen de

- input energie voor de opwekker ( $E_{H;gen,gi;cr,j;mi;in}$ );
- terugwinbare verliezen ( $Q_{H;gen,gi;ls;rbl;zt,j;mi}$ );
- hulpenergie ( $W_{H;gen,gi;aux,mi}$ ),

voor warmteopwekking op twee manieren bepaald worden:

- Methode 1: Volgens NEN-EN 15316-4-1 en NEN-EN 15316-4-8, indien de hiervoor benodigde meetgegevens bekend zijn (9.6.5.2).
- Methode 2: Forfataire rendementen (9.6.5.1), indien geen meetgegevens benodigd voor NEN-EN 15316-4-1 en NEN-EN 15316-4-8 bekend zijn.

### 9.6.5.1 Methode 2: Forfataire rendementen kachels en ketels met vaste biobrandstoffen

De input energie per energiedrager en per energiefunctie voor opwekker  $gi$  in maand  $mi$  is:

$$E_{H;gen,gi;cr,j;mi;in} = \frac{Q_{H;gen,gi;mi,out}}{\eta_{H;gen,gi,mi} \cdot f_{prac}} \quad (9.64)$$

waarin:

$Q_{H;gen,gi;mi,out}$  is de thermische energie door de opwekker  $gi$  geleverd in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 9.2.2.1.3 (daar  $Q_{H;gen,i,out}$  genoemd);

$\eta_{H;gen,gi,mi}$  is het rendement van opwekker  $gi$  in maand  $mi$ , bepaald volgens tabel 9.30;

$f_{prac}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor, met de waarde 1.0.

Bepaal het totale elektrische-hulpenergiegebruik voor verwarming voor opwekker  $gi$ ,  $W_{H;gen,gi;aux,mi}$ , volgens 9.6.8.2.

De terugwinbare verliezen voor kachels en ketels met vaste biobrandstoffen  $gi$ ,  $Q_{H;gen,gi;ls;rbl;zt,j;mi}$  zijn gelijk aan 0.

**Tabel 9.30 — Opwekkingsrendementen  $\eta_{H;gen,gi;mi}$  van kachels en ketels met vaste biobrandstof die voldoen aan de grenswaarden van bijlage R**

Toesteltype	Opwekkingsrendement $\eta_{H;gen,gi;mi}$	
	Binnen de thermische begrenzing van het gebouw	Buiten de thermische begrenzing van het gebouw
<b>Kachels</b>		
Vrijstaande houtkachel	0,600	
Inbouw-/inzetkachel	0,600	
Pelletkachel	0,725	
Accumulerende toestellen	0,600	
<b>Ketels</b>		
Met de hand gestookt	0,800	0,750
Automatisch gestookt	0,800	0,750

#### 9.6.5.2 Methode 1: Berekening volgens NEN-EN 15316-4-1

De berekeningsmethode voor:

- input energie voor de opwekker ( $E_{H;gen,gi;cr,j;mi;in}$ );
- terugwinbare verliezen ( $Q_{H;gen,gi;ls;rbl;zt,j;mi}$ );
- hulpenergie ( $W_{H;gen,gi;aux;mi}$ ),

voor op biomassa gestookte ketels wordt gegeven in bijlage M. De berekeningen op basis van productspecifieke waarden voor rendementen en vermogens voor hulpenergie (bijlage M) voor op biomassa gestookte ketels is gegeven in bijlage N.5.

#### 9.6.6 WKK

Voor gebouwgebonden warmtekrachtinstallaties, WKK, waarvan de bedrijfsvoering warmtevraagvolgend is, kunnen de

- input energie voor de opwekker ( $E_{H;gen,gi;cr,j;mi;in}$ );
- terugwinbare verliezen ( $Q_{H;gen,gi;ls;rbl;zt,j;mi}$ );
- hulpenergie ( $W_{H;gen,gi;aux;mi}$ ),

voor warmteopwekking op twee manieren worden bepaald:

- Methode 1: Berekening volgens NEN-EN 15316-4-4 (paragraaf 9.6.6.2).

- Methode 2: Berekening o.b.v. forfataire rendementen (paragraaf 9.6.6.1) voor WKK met gas als brandstof, indien geen meetgegevens conform NEN-EN 50465 bekend zijn.

#### **9.6.6.1 Methode 2: Berekening o.b.v. forfataire rendementen voor WKK met gas als brandstof**

De input per energiedrager en per energiefunctie voor opwekker  $gi$  in maand  $mi$  is:

$$E_{H;gen;gi;cr,j;mi;in} = \frac{Q_{H;gen;gi;mi;out}}{\eta_{H;gen;gi;mi} \cdot f_{prac}} \quad (9.65)$$

waarin:

$Q_{H;gen;gi;mi;out}$  is de thermische energie door de opwekker  $gi$  geleverd in maand  $mi$ , in kWh;

$\eta_{H;gen;gi;mi}$  is het rendement van opwekker  $gi$  in maand  $mi$ , gelijk aan  $\varepsilon_{chp;th}$  volgens tabel 9.31;

$f_{prac}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor, met de waarde 1.

$Q_{H;gen;gi;mi;out}$  wordt bepaald volgens 9.2.2.1.3 (daar  $Q_{H;gen;gi;mi;out}$  genoemd). Het opwekkingsrendement van gebouwgebonden WKK is gelijk aan het thermisch omzettingsgetal van de warmtekrachtinstallatie (rendement van warmteopwekking op bovenwaarde).

De verrekening van de opgewekte elektriciteit vindt plaats in hoofdstuk 16, waarbij het elektrisch omzettingsgetal wordt gebruikt. Hierbij wordt alleen de elektriciteit verrekend die wordt opgewekt bij een warmtevraagvolgende bedrijfsvoering van de WKK.

Voor het thermisch en elektrisch omzettingsgetal van gebouwgebonden WKK gelden de rekenwaarden volgens 9.31.

**Tabel 9.31 — Forfataire waarden voor het thermisch en elektrisch omzettingsgetal van WKK**

Bouwjaar WKK	t/m 2006		Na 2006		
Elektrisch vermogen $P_{el}$ van warmtekrachtinstallatie	$\varepsilon_{chp;th}$	$\varepsilon_{chp;el}$	$\varepsilon_{chp;th}$	$\varepsilon_{chp;th}$	$\varepsilon_{chp;el}$
	-	-	LT <sup>a</sup>	HT <sup>a</sup>	-
$P_{el} \leq 2 \text{ kW}$	n.v.t.	n.v.t.	0,86	0,86	0,05
$P_{el} \leq 2 \text{ kW}$ volgens HRe	n.v.t.	n.v.t.	0,83	0,83	0,10
$2 \text{ kW} < P_{el} \leq 20 \text{ kW}$	0,57	0,26	0,57	0,55	0,28
$20 \text{ kW} < P_{el} \leq 200 \text{ kW}$	0,54	0,27	0,51	0,49	0,30
$200 \text{ kW} < P_{el} \leq 500 \text{ kW}$	0,50	0,32	0,52	0,50	0,32
$500 \text{ kW} < P_{el} \leq 1\,000 \text{ kW}$	0,44	0,35	0,46	0,44	0,35
$1\,000 \text{ kW} < P_{el} \leq 25 \text{ MW}$	0,40	0,36	0,41	0,39	0,37

waarin:

- $\varepsilon_{\text{chp;th}}$  is het dimensiooze jaargemiddelde thermisch omzettingsgetal van de warmtekrachtinstallatie op bovenwaarde;
- $\varepsilon_{\text{chp;el}}$  is het dimensiooze jaargemiddelde elektrisch omzettingsgetal van de warmtekrachtinstallatie op bovenwaarde.

a Voor indeling LT en HT, zie tabel 9.26.

Het van toepassing zijn van LT moet bijvoorbeeld met de ontwerpgegevens worden aangetoond.

Bepaal het totale elektrische-hulpenergiegebruik voor verwarming voor opwekker  $gi$ ,  $W_{\text{H;gen},gi;\text{aux};mi}$ , volgens 9.6.8.2.

De terugwinbare verliezen voor WKK  $gi$ ,  $Q_{\text{H;gen},gi;\text{ls};\text{rbl};\text{zt},j;mi}$  zijn gelijk aan 0.

#### 9.6.6.2 Methode 1: Berekening volgens NEN-EN 15316-4-4

Berekeningen in 9.6.6.2, conform NEN-EN 15316-4-4, van de variabelen voor warmteopwekking:

- opwekking input energie ( $E_{\text{H;gen},gi;\text{cr},j;mi;\text{in}}$ ), 9.6.6.2.2.6;
- terugwinbaar verlies ( $Q_{\text{H;gen},gi;\text{ls};\text{rbl};\text{zt},j;mi}$ ), 9.6.6.2.2.5;
- hulpenergie ( $W_{\text{H;gen},gi;\text{aux};mi}$ ), 9.6.6.2.2.3,

vinden plaats o.b.v. gemeten waarden conform NEN-EN 50465 van de variabelen in tabel 9.33.

De prestatie van een micro-WKK-toepassing (thermisch rendement, elektrische output) varieert met de belasting en de bedrijfsomstandigheden, zoals verwarmingswater temperatuur.

Achtergrondinformatie wordt gegeven in het Technische Rapport CEN/TR 15316-6-7.

De micro-WKK-toepassing kan een aanvullende boiler en warmteopslag bevatten, gegeven dat het geheel is getest om de benodigde energieprestatie informatie te leveren.

De opgewekte warmte wordt gebruikt voor verwarming, warmtapwater en eventueel voor koeling, door gebruik te maken van een absorptiekroeler.

Elektrische verbindingscomponenten worden alleen meegenomen als ze deel zijn van het toestel en hier samen mee zijn getest. De systeemgrens bevat alle elektrische componenten tussen het handmatige afsluitapparaat (voor water en brandstof) en de rookuitlaat van het verbrandingscircuit. Er buiten vallen:

- de primaire warmte- en vermogenopwekker;
- de circulatiepomp(en) voor het centrale verwarmingscircuit.

Figuren die een beeld geven van typische opstellingen worden gegeven in het Technische Rapport CEN/TR 15316-6-7.

### 9.6.6.2.1 Invoergegevens

#### 9.6.6.2.1.1 Herkomst van gegevens

Gegevens die zijn aangeleverd door de fabrikant moeten worden vermeld volgens NEN-EN 50465 of NEN-ISO 3046-1.

Forfataire waarden worden gegeven in 9.6.6.2.3.

#### 9.6.6.2.1.2 Productgegevens

##### Productomschrijving (kwalitatief)

CEN/TR 15316-6-7 beschrijft veelvoorkomende micro-WKK-toepassingen. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen deze verschillende typen tijdens de rekenprocedure.

Benodigde omschrijvende productgegevens voor deze rekenprocedure worden gegeven in tabel 9.32.

**Tabel 9.32 — Product omschrijvende invoergegevens**

Omschrijving	Symbol	Eenheid
Type micro-WKK-toepassing	CGN_TYPE	Overzicht
Energiefunctie	CGN_USE	Overzicht
Type brandstof	CGN_FUEL	Overzicht

Het overzicht (codes) worden gegeven in tabel 9.36.

##### Technische productgegevens (kwantitatief)

De beoordeling van de energieprestatie van de micro-WKK-toepassing in deze norm, is gebaseerd op het testen van producten volgens NEN-EN 50465.

Er moet aandacht worden gegeven aan de toepassingen die een brandstofcel bevatten. Dit kan leiden tot speciale voorwaarden en beperkingen voor de bedrijfswijze.

Benodigde technische productgegevens voor deze rekenprocedure worden gegeven in tabel 9.33.

Tabel 9.33— Technische productinvoergegevens

Karakteristieken	Symbool	Eenheid catalogus	Berekende eenheid	Geldigheidsinterval	Wisselend
Output bruikbare warmte bij CHP100 %+Sup100 %	$P_{th;chp\_100+sup\_100}$	kW	kW	[0:70]	Nee
Output vermogen bij CHP100 %+Sup100 %	$P_{el;out;chp\_100+sup\_100}$	kW	kW	[0:50]	Nee
Hulpvermogen CHP100 %+Sup100 %	$P_{aux;chp\_100+sup\_100}$	kW	kW	[0:20]	Nee
Totaalrendement bij CHP100 %+Sup100 %	$\eta_{chp\_100+sup\_100}$	-	-	[0:1.2]	Nee
Thermisch rendement bij CHP100 %+Sup100 %	$\eta_{th;chp\_100+sup\_100}$	-	-	[0:1]	Nee
Elektrisch rendement bij CHP100 %+Sup100 %	$\eta_{el;chp\_100+sup\_100}$	-	-	[0:0.5]	Nee
Output bruikbare warmte bij CHP100 %+Sup0 %	$P_{th;chp\_100+sup\_0}$	kW	kW	[0:70]	Nee
Output nominaal vermogen bij CHP100 %+Sup0 %	$P_{el;out;chp\_100+sup\_0}$	kW	kW	[0:50]	Nee
Hulpvermogen bij CHP100 %+Sup0 %	$P_{aux;chp\_100+sup\_0}$	kW	kW	[0:20]	Nee
Totaalrendement bij CHP100 %+Sup0 %	$\eta_{chp\_100+sup\_0}$	-	-	[0:1.2]	Nee
Thermisch rendement bij CHP100 %+Sup0 %	$\eta_{th;chp\_100+sup\_0}$	-	-	[0:1]	Nee
Elektrisch rendement bij CHP100 %+Sup0 %	$\eta_{el;chp\_100+sup\_0}$	-	-	[0:0.5]	Nee
Constante minimaal gereguleerde warmteoutput	$P_{th;min}$	kW	kW	[0:50]	Nee
Warmteverlies stand-by-stand	$P_{ls;sb}$	kW	kW	[0:20]	Nee
Output vermogen in stand-by-stand	$P_{el;out;sb}$	kW	kW	[0:20]	Nee
Hulpvermogen in stand-by-stand	$P_{aux;sb}$	kW	kW	[0:20]	Nee
Permanente warmte input ontstekingsverbrander	$P_{pilot}$	kW	kW	[0:20]	Nee

Forfaitaire waarden voor de verschillende deelrendementen  $\eta$  en de verliezen  $P_{ls;sb}$  en  $P_{pilot}$  voor  $\eta_{CHP}$  worden gegeven in 9.6.6.2.3.2.

### 9.6.6.2.1.3 Configuratie en systeemontwerpgegevens

#### Ontwerpproces

Benodigde ontwerpgegevens voor deze rekenprocedure worden gegeven in tabel 9.34.

**Tabel 9.34 — invoergegevens ontwerpproces**

Omschrijving	Symbool	Eenheid
Locatie van micro-WKK-toepassing	CGN_LOC	Overzicht
Hydraulische verbinding	CGN_HCON	Overzicht

De overzichten (codes) worden gegeven in tabel 9.39.

#### Bedrijfswijze

Geen specifieke gegevens van de bedrijfswijze worden meegenomen.

**OPMERKING** Micro-WKK-toestellen met nominaal bereik werken bij een nominale warmte input tussen de maximum en minimum aanpasbare input.

Micro-WKK-toestellen met een modulerende regeling werken tussen de nominale en minimum gereguleerde warmte input.

### 9.6.6.2.1.4 Bedrijfsomstandigheden

Benodigde gegevens van bedrijfsomstandigheden voor deze rekenprocedure worden gegeven in tabel 9.35.

**Tabel 9.35 — Bedrijfsomstandigheden**

Naam	Symbool	Eenheid	Bereik	Herkomst
Warmteoutput <sup>a</sup>	$Q_{H;gen;out}$	kWh	0...∞	9.2.2
Tijdstap	$t$	h	0...744	$t = t_{H;op;si;mi}$ , bepaald volgens formule (9.32a)
Tijdsduur van de stand-by-stand	$t_{sb}$	h	0...744	$t_{sb} = t_{mi} - t_{H;op;si;mi}$

### 9.6.6.2.2 Rekenprocedure – methode capaciteitsprofiel

#### 9.6.6.2.2.1 Werkelijke output thermisch vermogen

De werkelijke output van het thermisch vermogen wordt bepaald door:

$$P_{th,gen,out} = \min (P_{th,chp\_100+sup\_100} ; (Q_{H;gen,out} / t)) [kW] \quad (9.66)$$

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie met een WKK voor het gebouw als geheel, wordt de thermische energie door de opwekker  $gi$  geleverd in maand  $mi$ , bepaald volgens:

$$Q_{H;gen;out} = Q_{H;gen;j,out} \cdot \frac{1}{f_{gebouw;si;H}}$$

waarin:

$Q_{H;gen;j,out}$  is de maandelijkse geleverde warmte van opwekker  $j$   $Q_{H;gen;j,out}$  in kWh, bepaald volgens formule (9.3);

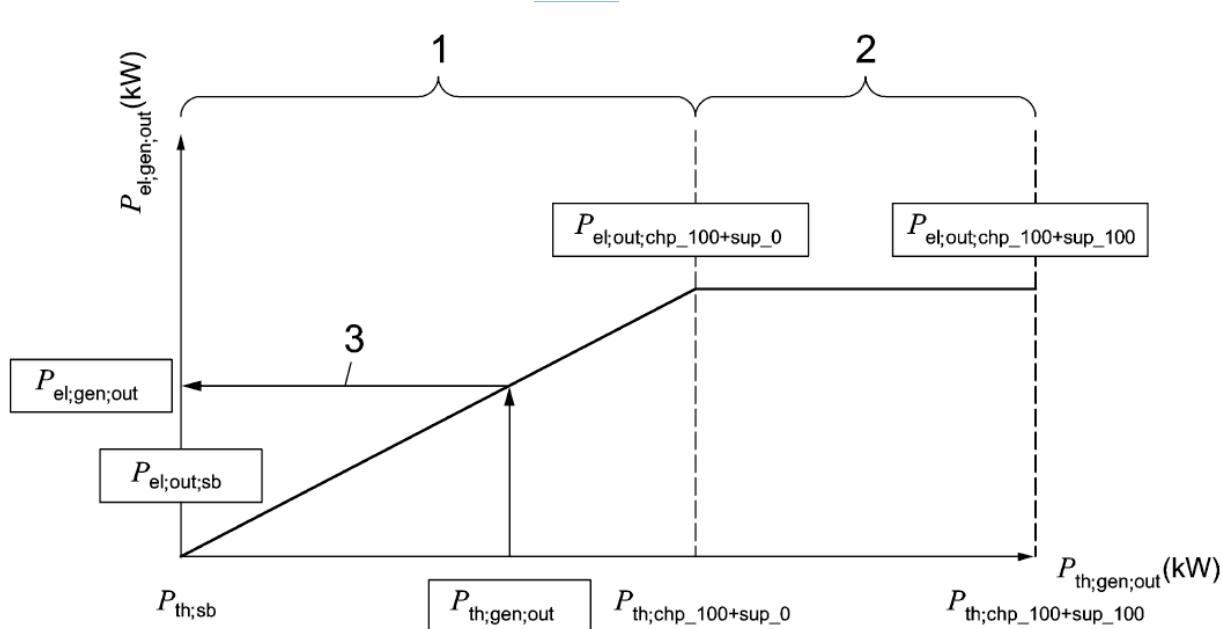
$f_{gebouw;si;H}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de gemeenschappelijke WKK-installatie  $si$ .

In alle andere gevallen wordt  $Q_{H;gen;out}$  bepaald volgens 9.2.2

#### 9.6.6.2.2.2 Output elektrisch vermogen

Bij elke rekenstap wordt de warmteoutput van de WKK bepaald.

Voor elke warmteoutput wordt de output van het elektrisch vermogen bepaald door lineaire interpolatie van productgegevens volgens NEN-EN 50465 (zie figuur 9.1):



#### Legenda

- 1 preferente warmte en stroom opwekker
- 2 aanvullende opwekker
- 3 voorbeeld

**Figuur 9.1— Berekening output van het elektrisch vermogen**

OPMERKING  $P_{th;sb}$  komt overeen met bedrijfspunt en voorwaarden in stand-by-stand. De elektrische output in deze bedrijfstoestand,  $P_{el;out;sb}$ , is gelijk aan 0, als  $P_{aux;sb}$  wordt meegenomen.

- Voor  $P_{\text{th;sb}} \leq P_{\text{th;gen;out}} \leq P_{\text{th;chp\_100+sup\_0}}$

$$P_{\text{el;gen;out}} = P_{\text{el;out;sb}} + (P_{\text{el;out;chp\_100+sup\_0}} - P_{\text{el;out;sb}}) \times ((P_{\text{th;gen;out}} - P_{\text{th;sb}}) / (P_{\text{th;chp\_100+sup\_0}} - P_{\text{th;sb}})) \quad (9.67)$$

- Voor  $P_{\text{th;chp\_100+sup\_0}} < P_{\text{th;gen;out}} < P_{\text{th;chp\_100+sup\_100}}$

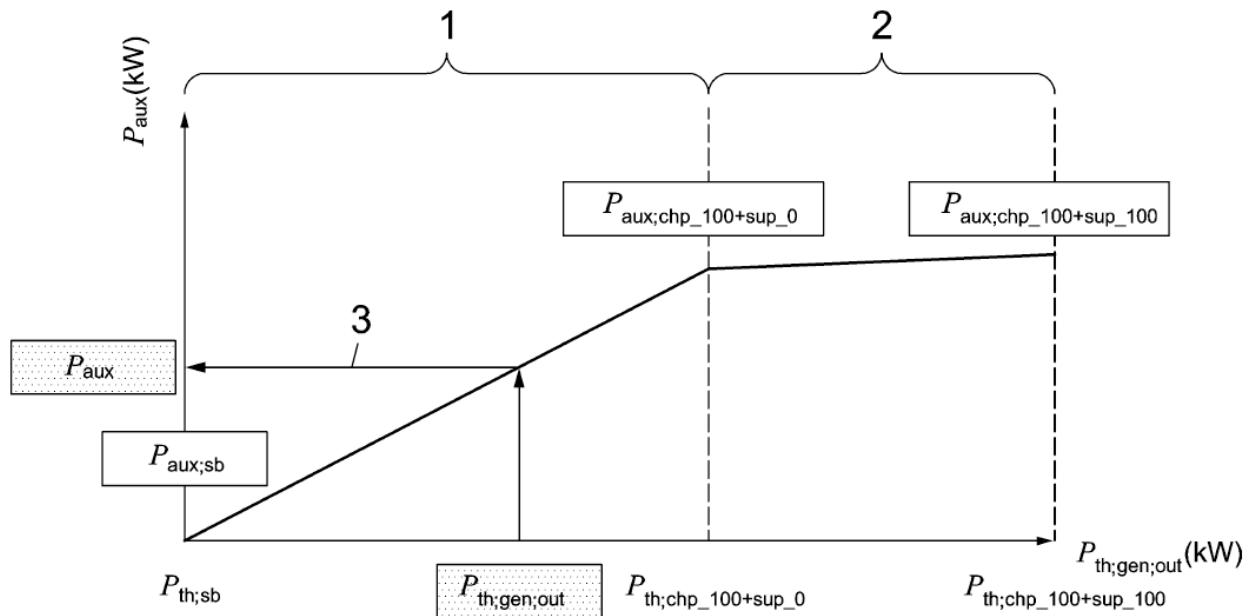
$$P_{\text{el;gen,out}} = P_{\text{el;out;chp\_100+sup\_0}} + (P_{\text{el;out;chp\_100+sup\_100}} - P_{\text{el;out;chp\_100+sup\_0}}) \times ((P_{\text{th;gen,out}} - P_{\text{th;chp\_100+sup\_0}}) / (P_{\text{th;chp\_100+sup\_100}} - P_{\text{th;chp\_100+sup\_0}})) \quad (9.68)$$

#### 9.6.6.2.2.3 Hulpvermogen

**OPMERKING** In NEN-EN 15316-4-4 werd het hulpvermogen op 0 gezet, omdat hierin alleen de netto stroom productie werd meegenomen (totale stroom productie min hulpenergiegebruik). In deze versie wordt expliciet het hulpvermogen bepaald bijvoorbeeld ook bij stand-by.

Bij elke rekenstap wordt de warmteoutput van de warmtekachteenheid bepaald.

Voor elke warmteoutput wordt het vermogen voor hulpenergie bepaald door lineaire interpolatie van productgegevens volgens NEN-EN 50465 (zie figuur 9.2):

**Legenda**

- 1 Preferente warmte en stroom opwekker
- 2 Aanvullende opwekker
- 3 voorbeeld

**Figuur 9.2 — Berekening van het hulpvermogen**

— Voor  $P_{th;sb} \leq P_{th;gen;out} \leq P_{th;chp\_100+sup\_0}$

$$P_{aux} = P_{aux;sb} + (P_{aux;chp\_100+sup\_0} - P_{aux;sb}) \times ((P_{th;gen;out} - P_{th;sb}) / (P_{th;chp\_100+sup\_0} - P_{th;sb})) \quad (9.69)$$

— Voor  $P_{th;chp\_100+sup\_0} < P_{th;gen;out} < P_{th;chp\_100+sup\_100}$

$$P_{aux} = P_{aux;chp\_100+sup\_0} + (P_{aux;chp\_100+sup\_100} - P_{aux;chp\_100+sup\_0}) \times ((P_{th;gen;out} - P_{th;chp\_100+sup\_0}) / (P_{th;chp\_100+sup\_100} - P_{th;chp\_100+sup\_0})) \quad (9.70)$$

Het hulpenergiegebruik per tijdstap wordt bepaald door:

$$W_{gen;aux} = P_{aux} \times t \times f_{gebouw;si;H} \quad (9.71)$$

Als alleen de nettoproductie van vermogen (totale productie van vermogen min gebruik door hulpvermogen) wordt gemeten en deze bekend is voor de testpunten, kan  $P_{aux}$  niet worden bepaald voor elke tijdstap. De te beschouwen hulpenergie komt overeen met die van de stand-by-stand en is gelimiteerd tot de duur van deze stand-by-stand:  $t_{sb}$

$$W_{gen;aux} = P_{aux;sb} \times t_{sb} \times f_{gebouw;si;H} \quad (9.72)$$

waarin:

$f_{gebouw;si;H}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming  $si$ .

Indien er geen gemeten waarden conform NEN-EN 50465 zijn voor het hulpenergievermogen, dan moet 9.6.8 worden gevuld voor de bepaling van het hulpenergiegebruik  $W_{\text{gen,aux}}$ .

#### 9.6.6.2.2.4 Warmteverliezen

Voor de lineaire interpolatie worden de absolute waarden van de warmteverliezen gebruikt.

De warmteverliezen van de opwekking,  $P_{\text{gen;ls;sb}}$ , bij  $P_{\text{th;sb}}$ , zijn de som van de warmteverliezen in stand-by-stand en de warmteverliezen van de permanente waakvlam.

$$P_{\text{gen;ls;sb}} = P_{\text{ls;sb}} + P_{\text{pilot}} \quad (9.73)$$

De opwekkingsverliezen bij de testpunten worden als volgt bepaald. Ten eerste wordt de opwekking input bepaald door thermische rendementen:

$$P_{\text{gen;in;chp\_100+sup\_0}} = P_{\text{th;chp\_100+sup\_0}} / (f_{\text{prac}} \times \eta_{\text{th;chp\_100+sup\_0}}) \quad (9.74)$$

$$P_{\text{gen;in;chp\_100+sup\_100}} = P_{\text{th;chp\_100+sup\_100}} / (f_{\text{prac}} \times \eta_{\text{th;chp\_100+sup\_100}}) \quad (9.75)$$

De warmteverliezen bij CHP\_100 %+Sup\_0 % en CHP\_100 %+Sup\_100 % worden bepaald met de thermische rendementen bij deze testpunten.

$$P_{\text{gen;ls;chp\_100+sup\_0}} = (1 - f_{\text{prac}} \times \eta_{\text{th;chp\_100+sup\_0}} - f_{\text{prac}} \eta_{\text{el;chp\_100+sup\_0}}) \times P_{\text{gen;in;chp\_100+sup\_0}} \quad (9.76)$$

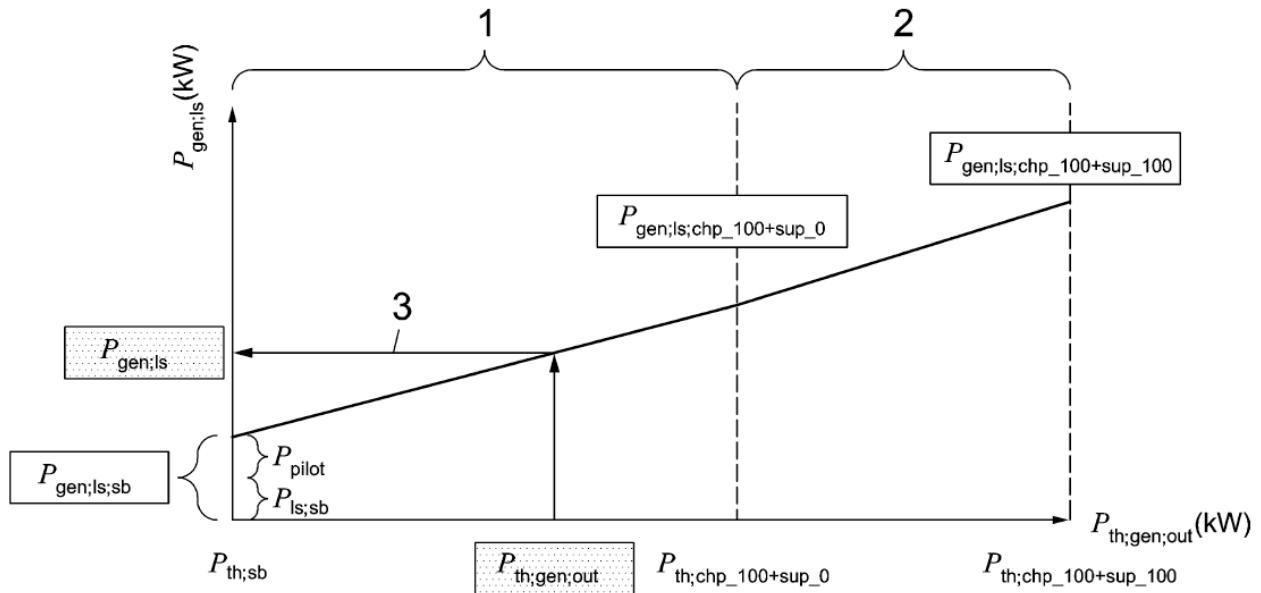
$$P_{\text{gen;ls;chp\_100+sup\_100}} = (1 - f_{\text{prac}} \times \eta_{\text{th;chp\_100+sup\_100}} - f_{\text{prac}} \times \eta_{\text{el;chp\_100+sup\_100}}) \times P_{\text{gen;in;chp\_100+sup\_100}} \quad (9.77)$$

waarin:

$f_{\text{prac}}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor, met de waarde 0,95.

Bij elke rekenstap wordt de warmteoutput van de warmtekrachteenheid bepaald.

Voor elke warmteoutput worden de warmteverliezen bepaald door lineaire interpolatie van productgegevens (zie figuur 9.3):

**Legenda**

- 1 preferente warmte en stroom opwekker
- 2 aanvullende opwekker
- 3 voorbeeld

**Figuur 9.3— Berekening van de warmteverliezen**

— Voor  $P_{th;sb} \leq P_{th;gen,out} \leq P_{th;chp\_100+sup\_0}$

$$P_{gen;ls} = P_{gen;ls;sb} + (P_{gen;ls;chp\_100+sup\_0} - P_{gen;ls;sb}) \times ((P_{th;gen,out} - P_{th;sb}) / (P_{th;chp\_100+sup\_0} - P_{th;sb})) \quad (9.78)$$

— Voor  $P_{th;chp\_100+sup\_0} < P_{th;gen,out} < P_{th;chp\_100+sup\_100}$

$$P_{gen;ls} = P_{gen;ls;chp\_100+sup\_0} + (P_{gen;ls;chp\_100+sup\_100} - P_{gen;ls;chp\_100+sup\_0}) \times [(P_{th;gen,out} - P_{th;chp\_100+sup\_0}) / (P_{th;chp\_100+sup\_100} - P_{th;chp\_100+sup\_0})] \quad (9.79)$$

**9.6.6.2.2.5 Terugwinbare thermische verliezen**

Van alle warmteverliezen kan alleen het stand-by-verlies, afhankelijk van de locatie van het micro-WKK-toestel, een terugwinbaar verlies zijn.

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie met een WKK voor het gebouw als geheel geldt:

$$Q_{gen;ls;rbl;CHW} = 0$$

In alle andere gevallen geldt:

Als het toestel zich bevindt in een verwarmde ruimte: CGN\_LOC=INT, dan:

$$Q_{gen;ls;rbl;CHW} = P_{ls;sb} \times t \quad (9.80)$$

Als het toestel zich niet bevindt in een verwarmde ruimte: CGN\_LOC<>INT, dan:

$$Q_{gen;ls;rbl;CHW} = 0 \quad (9.81)$$

**OPMERKING** De terugwinbare verliezen worden bepaald in deze paragraaf en niet in de gebouwwarmte- en koudebehoefteparagraaf.

#### 9.6.6.2.2.6 Opwekking input energie van het micro-WKK-toestel

De input van het opwekkingsvermogen van het micro-WKK-toestel wordt bepaald volgens:

$$P_{\text{gen;in}} = P_{\text{th;gen;out}} + P_{\text{el;gen;out}} + P_{\text{gen;ls}} \quad (9.82)$$

De input energie van het micro-WKK-toestel wordt bepaald volgens:

$$E_{\text{gen;in}} = P_{\text{gen;in}} \times t + P_{\text{gen;ls;sb}} \times t_{\text{sb}} \quad (9.83)$$

#### 9.6.6.2.2.7 Invloed van bedrijfswijze

Het micro-WKK-toestel is in NTA 8800 warmtevraagvolgend. Andere bedrijfswijze criteria kunnen van invloed zijn op de prestatie van het micro-WKK-toestel (bijvoorbeeld van specifieke kenmerken van de regeling van brandstofcellen).

#### 9.6.6.2.2.8 Invloed van systeemconfiguratie

De aan- of afwezigheid van een opslag wordt niet meegenomen in de testconfiguratie van de warmtekrachteenheid en daarom ook niet in de testresultaten (rendement).

Zowel NEN-EN 50465 als NEN-ISO 3046-1 geven geen extra informatie.

In het geval van een opslag moeten de verliezen van de opslag en het eventuele hulpenergiegebruik voor het thermisch laden afzonderlijk worden bepaald indien dit niet verdisconteerd is in de testresultaten.

#### 9.6.6.2.2.9 Invloed van watertemperatuur

De invloed van een watertemperatuur die afwijkt van de watertemperatuur bij de testcondities wordt niet bepaald met NEN-EN 50465.

De correctie van een afwijkende omgevingstemperatuur of waterdebiet temperatuur wordt verwaarloosd.

#### 9.6.6.2.3 Invoergegevens en productgegevens

##### 9.6.6.2.3.1 Product omschrijvende gegevens (kwantitatief)

De invoergegevens voor deze rekenprocedure die nodig zijn voor de omschrijving van het product gegeven in tabel 9.36.

**Tabel 9.36—Product omschrijvende invoergegevens**

Omschrijving	Symbol	Code	Betekenis
Type micro-WWK-toepassing	CGN_TYPE	SE	Stirlingmotor
		FCP	Brandstofcel met protodoorlatend membraan (PEM FC)
		FCS	Vasteoxide-brandstofcellen
		CEG	Gasverbrandingsmotor
		CED	Dieselverbrandingsmotor
		MT	Microturbine
		ORC	Organische rankinecyclus
Energiefunctie	CGN_USE	H	Verwarming
		W	Warm tapwater
		C	Koeling
		XY	Combinatie
Type brandstof	CGN_FUEL	NG	Gas
		Ol	Stookolie

#### 9.6.6.2.3.2 Technische productgegevens (forfaitaire waarden)

##### Rendementen micro-WKK-toestel

De rendementen van het micro-WKK-toestel moeten worden vastgelegd door de fabrikant volgens NEN-EN 50465.

Benodigde rendementen van micro-WKK-toestel voor deze rekenprocedure worden gegeven in tabel 9.37.

**Tabel 9.37— Rendementen micro-WKK-toestel**

Karakteristieken	Symbool	Eenheid	CEG	CED	MT	SE	FCP	FCS	ORC
Totaalrendement bij CHP_100+Sup_100	$\eta_{chp\_100+sup\_100}$	-	0,73	0,78	0,70	0,96	1,02	1,05	
Thermisch rendement bij CHP_100+Sup_100	$\eta_{th;chp\_100+sup\_100}$	-	0,45	0,50	0,52	0,92	0,98	0,98	
Elektrisch rendement bij CHP_100+Sup_100	$\eta_{el;chp\_100+sup\_100}$	-	0,21	0,30	0,13	0,04	0,04	0,07	
Totaalrendement bij CHP_100+Sup_0	$\eta_{chp\_100+sup\_0}$	-	0,90	0,95	0,95	0,92	0,90	0,95	
Thermisch rendement bij CHP_100+Sup_0	$\eta_{th;chp\_100+sup\_0}$	-	0,60	0,60	0,65	0,78	0,53	0,55	
Elektrisch rendement bij CHP_100+Sup_0	$\eta_{el;chp\_100+sup\_0}$	-	0,30	0,35	0,30	0,14	0,37	0,40	

### **Warmteverliezen tijdens stand-by en permanente warmte input ontstekingsverbrander**

De warmteverliezen van het micro-WKK-toestel in stand-by-stand en de warmteverliezen van de warmte input voor de permanente ontstekingsverbrander moet door de fabrikant worden vastgelegd volgens NEN-EN 50465.

Benodigde warmteverliezen in stand-by-stand en warmte input permanente ontstekingsverbrander voor deze rekenprocedure worden gegeven in tabel 9.38.

**Tabel 9.38 — Warmteverliezen stand-by-stand en warmte input permanente ontstekingsverbrander**

Karakteristieken	Symbool	Eenheid	CEG	CED	MT	SE	FCP	FCS	ORC
Warmteverliezen stand-by-stand	$P_{ls;sb}$	kW	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
Permanente waakvlam	$P_{pilot}$	kW	0	0	0	0	0	0	

### **9.6.6.2.3.3 Gegevens systeemontwerp**

Benodigde invoergegevens van het ontwerpproces voor deze rekenprocedure worden gegeven in tabel 9.39.

**Tabel 9.39— Invoergegevens ontwerpproces**

Omschrijving	Symbool	Code		Betekenis
Locatie van micro-WKK-toestel	CGN_LOC	INT		Verwarmde ruimte
		UNH		Onverwarmde ruimte
		CGN		Installatieruimte van micro-WKK-toestel
		EXT		Uitwendig (buiten)
Hydraulische verbinding	CGN_HCON	DIR		Directe verbinding
		DEC		Hydraulische ontkoppeling
		NCP		Pomp ter voorkomen van condensatie
		HEX		Warmtewisselaar

## 9.6.7 Externe warmtelevering

### 9.6.7.1 Principe

Externe warmtelevering betreft

levering van warmte van buiten het eigen perceel, voortkomend uit (een combinatie van) bijvoorbeeld:

- a) een productieproces van elektriciteit;
- b) een industrieel productieproces;
- c) afvalverbranding;
- d) collectief warmtepompsysteem;
- e) collectieve levering van zonnewarmte.

Waarbij de warmte extern wordt aangeleverd en niet is beperkt tot gebouwen op het eigen perceel.

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een bestaand gebouw waarbij sprake is van een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming moet op basis van facturen/contracten van een warmteleverancier of op andere wijze worden nagegaan of er sprake is van externe warmtelevering. Indien er geen facturen/contracten van een warmteleverancier kunnen worden overlegd of op andere wijze kan worden aangetoond dat er sprake is van externe warmtelevering, moet worden uitgegaan van een collectieve gebouwinstallatie, zie tabel 9.25.

**OPMERKING** In het kader van de bepaling van de energieprestatie worden systemen met een elektrisch vermogen groter dan of gelijk aan 10 MW in het algemeen gerekend tot de categorie van externe warmtelevering.

### 9.6.7.2 Methode

De opwekking input per energiedrager en per energietoepassing voor opwekker ‘warmtelevering’  $gi$  in maand  $mi$  is:

$$E_{H;gen;gi;cr;j;mi;in} = \frac{Q_{H;gen;gi;mi;out}}{\eta_{H;gen;gi;mi} \cdot f_{prac}} + \frac{Q_{HD;hp;in;bron}}{\eta_{H;gen;bron;mi}} \quad (9.84)$$

waarin:

- $Q_{H;gen;gi;mi;out}$  is de thermische energie door de opwekker  $gi$  geleverd in maand  $mi$ , in kWh, volgens 9.2.2 (daar  $Q_{H;gen;gi;out}$  genoemd);
- $Q_{HD;hp;in;bron}$  is de maandelijks geleverde energie door het hogetemperatuur-(bron)energiesysteem aan de warmtepomp, volgens 9.6.3.1.2, in kWh;
- $\eta_{H;gen;gi;mi}$  is het rendement van opwekker ‘warmtelevering’  $gi$  in maand  $mi$ , gelijk aan  $\eta_{H;gen;equiv;dh}$  zoals hieronder bepaald;
- $\eta_{H;gen;bron;mi}$  is het rendement van externe warmtelevering door de hogetemperatuur-warmtebron ( $\geq 20^\circ\text{C}$ ) volgens tabel 5.2 of bijlage P in maand  $mi$ . Dit geldt ook indien deze warmte afkomstig is uit een of meer bronnen gelegen op het eigen perceel;
- $f_{prac}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor, zoals hieronder bepaald.

Het opwekkingsrendement van externe warmtelevering  $\eta_{H;gen;equiv;dh}$  heeft de vaste waarde 1,0:

waarin:

- $\eta_{H;gen;equiv;dh}$  is het opwekkingsrendement voor verwarming bij externe warmtelevering.

**OPMERKING 1** Bij externe warmtelevering is warmte de energiedrager. Met de waarde van 1,0 wordt dit expliciet gemaakt op de grens van het gebouw of perceel. Voor de bepaling van de energieprestatie wordt tevens de beleidmatige waarde voor de primaire energiefactor voor aangeleverde warmte in rekening gebracht in hoofdstuk 5. Indien de energieprestatie wordt bepaald inclusief het effect van een energie-infrastructuur op gebiedsniveau, dan wordt volgens bijlage P o.a. een nieuwe waarde voor de primaire energiefactor van externe warmtelevering bepaald, zie tabel 5.2.

**OPMERKING 2** Niet-gebouwgebonden is de toelevering van externe warmte waarbij bij de bouwaanvraag geen zicht is op, noch invloed kan worden aangewend tot sturing van de mate waarin de warmte nuttig wordt toegeleverd en de toedeling van de warmtelevering over meer dan één afnemer. Het gaat hierbij om (veelal grootschalige) toepassingen waarvan de externe warmtelevering voor meer gebouwen dan die gelegen op het eigen perceel plaatsvindt.

Als de primaire energiefactor van externe warmtelevering de vaste waarde van 0,9 heeft of conform bijlage P gebaseerd is op uitsluitend gemeten waarden, dan is  $f_{prac} = 1$ . Als de primaire energiefactor van externe warmtelevering conform bijlage P gebaseerd is op berekende en eventueel gemeten waarden, dan is  $f_{prac} = 0,95$ .

Het hulpenergie gebruik voor opwekking,  $W_{H;gen;gi;aux;mi}$ , wordt bepaald in 9.6.8. Deze hulpenergie wordt alleen bepaald voor zover deze niet reeds in het opwekkingsrendement is besloten. In het laatste geval moet rekening worden gehouden met de conversiefactor naar primaire energie.

Het terugwinbare verlies,  $Q_{H;gen;gi;ls;rbl;zt;j;mi}$  is gelijk aan 0.

## 9.6.8 Elektrische hulpenergie voor warmteopwekking

In 9.6.8 wordt aangegeven hoe de hulpenergie van opwekkingstoestellen bepaald moet worden indien deze volgens de forfaitaire methode (methode 2) beschouwd worden.

In 9.6.8.1 is aangegeven op welke wijze de hulpenergie van met gas gestookte ketels en elektrische warmtepompen moet worden bepaald.

In 9.6.8.2 is aangegeven op welke wijze de hulpenergie van overige opwekkers moet worden bepaald.

### 9.6.8.1 Elektrische hulpenergie voor warmteopwekking door met gas gestookte ketels, elektrische warmtepompen

In 9.6.8.1.1 is aangegeven op welke wijze de hulpenergie van toestellen in individuele installaties moet worden bepaald. Deze methode omvat tevens het hulpenergiegebruik van de hoofdcirculatiepomp.

#### 9.6.8.1.1 Bepaling elektrische-hulpenergiegebruik voor toestellen in individuele installaties voor de functie verwarming

##### 9.6.8.1.1.1 Inleiding

###### 9.6.8.1.1.1.1 Toepassingsgebied

9.6.8.1.1 beschrijft de bepalingswijze van het elektrische-hulpenergiegebruik voor centrale verwarming,  $W_{H,aux}$ , voor de volgende toestellen in individuele installaties voor de functie verwarming:

- met gas gestookte ketels;
- met gas gestookte micro-WKK-toestellen;
- elektrische warmtepompen.

De bepalingswijze is geschikt voor toestellen met de volgende varianten in elektriciteit gebruikende componenten:

- a) elektronicatoestel:
  - 1) stand-by-gebruik;
  - 2) voor gastoestellen het extra gebruik tijdens branderbedrijf t.g.v. de gasklep;
- b) circulatiepomp van het afgiftesysteem met pompregeling met als regelvarianten: aan/uit (één stand), meer standen of modulerend;
- c) ventilator voor gastoestellen: continu aan of modulerend.

Het hulpenergiegebruik van de bronpomp of bronventilator van een warmtepomp is geen onderdeel van deze bepalingswijze. Het gebruik van de bronpomp of bronventilator is deels opgenomen in de COP van de warmtepomp.

Deze bepalingswijze omvat zowel een beschrijving van de vereiste meetgegevens als van de verdere berekeningswijze om het hulpenergiegebruik te bepalen.

### 9.6.8.1.1.2 Principe

Het elektrische-hulpenergiegebruik voor ruimteverwarming met toestellen in individuele installaties omvat de volgende posten.

a) Elektronica van het toestel

Dit omvat het stand-by-gebruik en het extra gebruik tijdens branderbedrijf voor gastoestellen.

1) Het continue gebruik tijdens stand-by

Dit wordt bepaald door het vermogen tijdens stand-by en het aantal uren per jaar (8 760).

2) Het extra gebruik van de gasklep bij ingeschakelde brander (voor gastoestellen)

Dit wordt bepaald door het vermogen en de totale aan-tijd tijdens branderbedrijf.

b) Circulatiepomp in woonfunctie

De pomp verzorgt de circulatie van het cv-water over het toestel en het distributie- en afgiftesysteem. Het energiegebruik wordt bepaald door de volgende factoren.

1) Pompvermogen

De volgende typen pompregeling zijn mogelijk: aan/uit (één stand), meer standen of modulerend.

Per stand of modulatie is het pompvermogen afhankelijk van het te leveren debiet of de opvoerhoogte.

2) Totale tijd dat de pomp is ingeschakeld

Dit is de som van de totale aan-tijd tijdens branderbedrijf of compressorbedrijf en de totale voor- en nadraaitijd van de pomp.

c) Ventilator gastoestellen

De ventilator verzorgt de toevoer van verbrandingslucht aan de brander. Het energiegebruik wordt bepaald door de volgende factoren.

1) Ventilatorvermogen

De volgende typen pompregeling zijn mogelijk: aan/uit (één stand), modulerend. Bij modulerende ventilatoren zijn het elektriciteitsgebruik en het toerental van de ventilator gekoppeld aan de deellast van de brander.

2) Totale aan-tijd ventilator

Dit is de som van de totale aan-tijd tijdens branderbedrijf en de totale voor- en nadraaitijd van de ventilator.

De totale aan-tijd tijdens branderbedrijf of compressorbedrijf wordt bepaald door twee posten:

a) de brutowarmtevraag;

b) het gemiddelde verwarmingsvermogen van het toestel.

Voor toestellen met een aan-/uitschakelende brander of compressor is dit het nominale vermogen. Voor modulerende toestellen wordt het gemiddelde verwarmingsvermogen bepaald door de bedrijfswijze van de brander of compressor, waarvan het vermogen voor verwarming wellicht wordt begrensd en in deellast wordt geregeld.

De totale nadraaitijd van de pomp of ventilator wordt bepaald door het aantal brander-/compressor-schakelingen (verder aangeduid als toestelschakelingen) per jaar maal de nadraaitijd. Het aantal toestelschakelingen wordt bepaald door de totale aan-tijd tijdens brander-/compressorbedrijf (verder aangeduid als toestelbedrijf) en de gemiddelde aan-tijd per toestelschakeling.

Voor combitoestellen die zowel in ruimteverwarming als warm tapwater voorzien wordt het volledige stand-by-gebruik toegerekend aan de functie ruimteverwarming. Het gebruik van de gasklep, pomp en ventilator wordt per functie apart bepaald.

#### 9.6.8.1.1.2 Berekeningswijze

##### 9.6.8.1.1.2.1 Formule voor berekening hulpenergie per toestel

Bepaal het totale elektrische-hulpenergiegebruik voor verwarming voor opwekker  $gi$ ,  $W_{H;gen,gi; aux;mi}$ , volgens:

$$W_{H;gen,gi;aux,mi} = 1,0 \times \left\{ A \times N / 12 + \frac{B \times E_{H;ci}}{C \times B_{nom}} \right\} \quad (9.85)$$

waarin:

$W_{H;gen,gi;aux}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie verwarming voor opwekker  $gi$ , in kWh;

$A, B, C$  zijn de toestelafhankelijke constanten ( $A$  in kWh,  $B$  in kW,  $C$  in kWh);

$N$  heeft de waarde 1;

$E_{H;ci}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci$  ten behoeve van de energiefunctie verwarming,  $E_{H;gen,gi;cr,j;mi;in}$ , bepaald volgens 9.6 voor de desbetreffende opwekker  $gi$ ;

$B_{nom}$  is de nominale belasting van het toestel, in kW.

Wordt bij de berekening in geval van een woongebouw met meerdere woningen met een identieke opwekker(s) het woongebouw versimpeld tot een gebouw met één installatie overeenkomend met de opwekker(s) van een afzonderlijke woning dan wordt de hulpenergie van één woning bepaald door de berekende hulpenergie (op basis van het gehele woongebouw) te delen door het aantal woningen met een identieke opwekker(s) in het woongebouw.

De variabelen  $A$ ,  $B$ , en  $C$  moeten bepaald worden volgens 9.6.8.1.1.2.2 hieronder. Indien er geen gemeten invoergegevens beschikbaar zijn voor de berekening van  $A$ ,  $B$  en  $C$  volgens 9.6.8.1.1.2.2, dan worden de volgende forfaitaire waarden gebruikt:

Voor met gas gestookte toestellen zoals cv-ketels geldt:

$A = 87,6$  kWh voor toestellen met bouwjaar voor 2015 of onbekend;

$A = 43,8$  kWh voor toestellen met bouwjaar 2015 of later;

$B = 0,132$  kW;

$C = 0,4$ ;

$B_{nom} = 24$  kW.

Voor elektrische warmtepompen geldt:

$A = 43,8$  kWh;

$B = 0,132$  kWh;

$C = 0,7;$

$B_{\text{nom}} = 3 \text{ kW}.$

**OPMERKING** In formule (9.85) wordt de hulpenergie per toestel bepaald. Voor gastoestellen, zoals cv-ketels, betreft dit de hoeveelheid energie  $E_{H,ci}$  en de nominale belasting  $B_{\text{nom}}$  van dat specifieke toestel. Voor elektrische warmtepompen betreft dit de hoeveelheid elektrische energie  $E_{H,ci}$  en het nominale elektrische aandrijfvermogen  $B_{\text{nom}}$  van de warmtepomp.

#### 9.6.8.1.1.2.2 Formule voor de berekening van de constanten A, B en C

De constanten A, B en C worden als volgt bepaald:

$$A = q_{\text{el},e0} \times \frac{8760}{1000} \quad (9.86)$$

$$\begin{aligned} B = & \{ q_{\text{el},gk} + (1 - f_{\text{nuttig},p} / f_{\text{P,del,el}}) \times (q_{\text{el},p,b} + q_{\text{el},p,n} \times (t_{p,vd} + t_{p,nd}) / t_{a,gem}) \\ & + q_{\text{el},v,b} \times (1 + (t_{v,vd} + t_{v,nd}) / t_{a,gem}) \} / 1000 \end{aligned} \quad (9.87)$$

$$C = 1,0 \times m_b \quad (9.88)$$

waarin:

$q_{\text{el},e0}$  is het opgenomen elektrisch vermogen voor elektronica stand-by, in W;

$q_{\text{el},gk}$  is het opgenomen elektrisch vermogen door de gasklep, in W;

$f_{\text{P,del,el}}$  is de dimensiooze primaire energiefactor voor afgenoemde energie, voor de energiedrager elektriciteit, bepaald volgens tabel 5.2;

$f_{\text{nuttig},p}$  is de dimensiooze reductiefactor voor de nuttig gebruikte opgenomen elektrische energie door de pomp, waarde 0,5;

$q_{\text{el},p,b}$  is het opgenomen elektrisch vermogen door de pomp tijdens toestelbedrijf, in W;

$q_{\text{el},p,n}$  is het opgenomen elektrisch vermogen door de pomp tijdens voor- en nadraaitijd, in W;

$t_{p,vd}$  is de voordraaitijd van de pomp, in s;

$t_{p,nd}$  is de nadraaitijd van de pomp, in s;

$t_{a,gem}$  is de gemiddelde aan-tijd van het toestel per toestelschakeling, bepaald volgens 0.2.3.4, in s;

$q_{\text{el},v,b}$  is het opgenomen elektrisch vermogen door de ventilator, in W;

$t_{v,vd}$  is de voordraaitijd van de ventilator, in s;

$t_{v,nd}$  is de nadraaitijd van de ventilator, in s;

$m_b$  is de dimensiooze gemiddelde modulatie van de brander/ventilator of compressor voor verwarming ( $0 \leq m_b \leq 1$ ).

Het opgenomen elektrisch vermogen door de pomp is afhankelijk van het type pomp en de bedrijfswijze.

a) Pomp met standenregeling of één stand

Het door de pomp opgenomen elektrisch vermogen tijdens toestelbedrijf,  $q_{el;p;b}$ , is het vermogen zoals bepaald voor de stand van de pomp in toestelbedrijf.

Het door de pomp opgenomen elektrisch vermogen tijdens voor- en nadraaitijd,  $q_{el;p;n}$ , is het vermogen zoals bepaald voor de stand van de pomp in voor- en nadraaitijd.

b) Modulerende pomp

Het door de pomp opgenomen elektrisch vermogen wordt benaderd door een lineaire formule:

$$q_{el;p}(m_p) = c + d \times m_p \quad (9.89)$$

waarin:

$q_{el;p}(m_p)$  is het door de pomp opgenomen elektrisch vermogen tijdens toestelbedrijf, als functie van de pommodulatie,  $m_p$ , in W;

$m_p$  is de dimensieloze gemiddelde modulatie van de pomp voor verwarming bij de gemiddelde aan-tijd van het toestel per toestelschakeling,  $t_{a;gem}$ , bepaald volgens O.2.3.4;

c, d zijn de coëfficiënten in de formule voor de berekening van het hulpenergiegebruik voor de pomp.

— Het door de pomp opgenomen elektrisch vermogen tijdens toestelbedrijf,  $q_{el;p;b}$ , is het vermogen volgens deze formule, voor de gemiddelde pommodulatie,  $m_p$ , bij de gemiddelde aan-tijd van het toestel per toestelschakeling,  $t_{a;gem}$ , zoals bepaald volgens O.2.3.4.

Het door de pomp opgenomen elektrisch vermogen tijdens voor- en nadraaitijd,  $q_{el;p;n}$ , is het vermogen volgens deze formule, voor de gemiddelde pommodulatie,  $m_p$ , zoals bepaald in voor-en nadraaitijd.

Het opgenomen elektrisch vermogen door de ventilator is afhankelijk van het type ventilator en de bedrijfswijze.

a) Ventilator met één stand

Het door de ventilator opgenomen elektrisch vermogen tijdens branderbedrijf,  $q_{el;p;b}$ , en tijdens voor- en nadraaitijd,  $q_{el;p;n}$ , is het gemeten ventilatorvermogen.

b) Modulerende ventilator

Hiervoor wordt het opgenomen elektrisch vermogen voor de ventilator benaderd door een lineaire formule:

$$q_{el;v}(m_b) = a + b \times m_b \quad (9.90)$$

waarin:

$q_{el;v}(m_b)$  is het door de ventilator opgenomen elektrisch vermogen tijdens toestelbedrijf, als functie van de brandermodulatie,  $m_b$ , in W;

$m_b$  is de dimensieloze gemiddelde modulatie van de brander/ventilator voor verwarming;

a, b zijn de coëfficiënten in de formule voor de berekening van het hulpenergiegebruik voor de ventilator.

Het opgenomen elektrisch vermogen door de ventilator tijdens branderbedrijf en de voor- en nadraaitijd,  $q_{el,v,b}$ , is het vermogen volgens deze formule, voor de gemiddelde brandermodulatie  $m_b$  bij de gemiddelde aan-tijd van de brander per branderschakeling,  $t_{a;gem}$ .

De in 9.6.8.1 genoemde variabelen worden bepaald conform bijlage O.

#### **9.6.8.1.1.2.3 Hulpenergie voor warmtepompsystemen met grondwater/aquifer en een brontemperatuur $\geq 15^\circ\text{C}$ en $< 20^\circ\text{C}$**

De (elektrische) hulpenergie voor het bronsysteem van deze warmtepompsystemen wordt bepaald volgens:

$$Q_{H;gen;gi;aux;bron;mi} = \frac{Q_{HD;hp;in;out}}{EER_{bron;si;mi}}$$

waarin:

$Q_{H;gen;gi;aux;bron;mi}$  is de (elektrische) hulpenergie van het bronsysteem in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{HD;hp;in;bron;mi}$  is de warmtelevering door het (bron)energiesysteem aan de afnemers in maand  $mi$ , in kWh;

$EER_{bron;si;mi}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor de bron, in systeem  $si$ , in maand  $mi$ . Voor een bron (WKO) die gerealiseerd is of waarvoor een vergunning is verstrekt vanaf 2013, geldt:  $EER_{bron;si;mi} = 23$ ; in alle andere gevallen of indien dit onbekend is, geldt:  $EER_{bron;si;mi} = 16$ .

Bepaal het totale elektrische-hulpenergiegebruik van het bronsysteem voor verwarming voor opwekker  $gi$ ,  $W_{H;gen,gi; aux;mi}$ , volgens:

$$W_{H;gen;gi;aux} = Q_{H;gen;gi;aux;bron;mi}$$

waarin:

$W_{H;gen;gi;aux}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van het bronsysteem ten behoeve van de energiefunctie verwarming voor opwekker  $gi$ , in kWh.

#### **9.6.8.2 Elektrische hulpenergie warmteopwekking overige opwekkers**

##### **9.6.8.2.1 Principe**

Het elektrische-hulpenergiegebruik van een opwekkingstoestel,  $W_{H;aux;gen;si,gi,mi}$ , wordt bepaald per systeem  $si$ , per opwekkingstoestel  $gi$ , per maand  $mi$ . Dit elektrische-hulpenergiegebruik kan bestaan uit het gebruik van:

- a) elektronica van het opwekkingstoestel;  
uitgangspunt is het continu stand-by-modus van het toestel. Bij combitoestellen wordt dit verbruik uitsluitend toegerekend aan de verwarmingsfunctie;
- b) ventilator en gasklep van het opwekkingstoestel (alleen voor (bio)gas- of met olie gestookte verbrandingstoestellen);

- c) elektrische ontsteking, brandstofvijzel of andere voorzieningen voor geautomatiseerde brandstoftoevoer, ventilatoren (bij branderbedrijf), voorzieningen voor geautomatiseerde ontassing en voorzieningen voor geautomatiseerde reiniging van de warmtewisselaar (alleen voor verbrandingstoestellen met vaste biobrandstoffen);
- d) bronpomp of -ventilator voor een warmtepomp;  
het verbruik van een bronpomp of bronventilator van een elektrische warmtepomp moet zijn opgenomen in het opwekkingsrendement van het toestel; voor met gas gestookte warmtepompen moet het elektrisch verbruik hiertoe worden omgerekend naar primaire energie met de primaire energiefactor voor aangeleverde elektriciteit;  
een uitzondering geldt voor warmtepompen met ventilatielucht als opwekker; hiervoor wordt de ventilatorenergie bepaald in hoofdstuk 11, waarbij eventuele overventilatie in rekening moet worden gebracht;
- e) oplossingspomp in een sorptiewarmtepomp;  
het verbruik van een oplossingspomp maakt geen onderdeel uit van het opwekkingsrendement van het toestel en moet afzonderlijk worden bepaald.

Uitgangspunt voor de posten b), c), d) en e) is het gemiddeld gebruik tijdens de bedrijfstijd en een eventuele voor- en nadraaitijd.

Deze hulpenergie wordt alleen bepaald voor zover deze niet reeds in het opwekkingsrendement is besloten. In het laatste geval moet rekening worden gehouden met de conversiefactor naar primaire energie.

Het hulpenergiegebruik voor circulatiepompen wordt bij het (distributie)systeem in rekening gebracht; ook indien de pomp een integraal onderdeel vormt van het toestel.

**OPMERKING** Indien een afwijkende bepalingswijze wordt gevuld, behoren alle relevante uitgangspunten uit de norm en in het bijzonder bijlage O te worden gevuld.

#### 9.6.8.2.2 Rekenregels

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming met een onbekende opwekker (tabel 9.25), geldt:

$$W_{H;aux;gen;mi} = 0$$

In alle andere gevallen geldt:

Bepaal per systeem  $si$ , per opwekkingstoestel  $gi$ , per maand  $mi$  het hulpenergiegebruik,  $W_{H;aux;gen;si,gi,mi}$ , onder weglating van de indexen voor systeem  $si$  en opwekkingstoestel  $gi$ , volgens:

$$W_{H;aux;gen;mi} = (P_{H;aux;gen;e} \times t_{mi} + (P_{H;aux;gen;v;spec} + P_{H;aux;gen;sp;spec}) \times P_{H;gen;gi} \times t_{on;gi,mi}) \cdot f_{gebouw;si;H} / 1000 \quad (9.91)$$

waarin:

(9.92)

$$t_{on;gi,mi} = \frac{Q_{H;gen,gi,out} \times 1,1}{(P_{H;gen,gi} \times f_{H;gen,gi,spec,gi})} \quad \text{met de eis: } t_{on;gi,mi} \leq t_{mi}$$

waarin:

- $W_{H;aux;gen;mi}$  is de hoeveelheid gebruikte elektrische hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie verwarming, in maand  $mi$ , voor systeem  $si$ , en van dit systeem de opwekker  $gi$  (opwekkingsdeel), in kWh;
- $P_{H;aux;gen;e}$  is het hulpenergiegebruik voor elektronica tijdens stand-by van opwekkingstoestel  $gi$ , zoals bepaald voor het toestel of bepaald volgens 9.6.8.2.3, in W;
- $t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;
- $P_{H;aux;gen;v;spec}$  is het specifieke elektrische-hulpenergiegebruik tijdens branderbedrijf, zoals bepaald voor het toestel in nominaal bedrijf of bepaald volgens 9.6.8.2.3, in W/kW;
- $P_{H;aux;gen;sp;spec}$  is het specifieke elektrische-hulpenergiegebruik voor de oplossingspomp in een sorptiewarmtepomp, bepaald volgens 9.6.8.2.3, in W/kW;
- $P_{H;gen;gi}$  is het totale nominale vermogen van het opwekkingstoestel  $gi$ , in kW;
- $t_{on;gi, mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de gemiddelde bedrijfstijd van het toestel per maand  $mi$ , in hr.;
- $Q_{H;gen;gi;out}$  is de benodigde output van opwekker  $gi$  ten behoeve van de energiefunctie verwarming, in maand  $mi$ , geleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , in kWh;
- $f_{H;gen;ctr;gi}$  is de dimensiooze gemiddelde modulatie van de brander voor verwarming, bepaald volgens 9.6.8.2.3.

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming van het gebouw als geheel, wordt de thermische energie door de opwekker  $gi$  geleverd in maand  $mi$ , bepaald volgens:

$$Q_{H;gen;gi;out} = Q_{H;gen;j;out} \cdot \frac{1}{f_{gebouw;si;H}} \text{ waarin:}$$

$Q_{H;gen;j;out}$  is de maandelijks geleverde warmte van opwekker  $j$   $Q_{H;gen;j;out}$ , in kWh, bepaald volgens formule (9.3);

$f_{gebouw;si;H}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming  $si$ .

In alle andere gevallen wordt  $Q_{H;gen;gi;mi;out}$  bepaald volgens 9.2.2.1.3 (daar  $Q_{H;gen;gi;out}$  genoemd).

**OPMERKING** Bij collectieve gebouwinstallaties betreft  $P_{H;gen;gi}$  het het totale nominale vermogen van het collectieve opwekkingstoestel  $gi$ , in kW.

$Q_{H;nd;zi,mi}$  is de maandelijkse energiebehoefte voor verwarming van rekenzone  $zi$ , zie 7.2.1.

### 9.6.8.2.3 Rekenwaarden

Ontleen de rekenwaarden voor het hulpenergiegebruik per opwekkingstoestel,  $W_{H;aux;gen;mi}$ , ongeacht het toepassingsgebied, aan het onderstaande overzicht:

$P_{H;aux;gen;e} = 10 \text{ W}$	Stand-by-elektronica per toestel, ongeacht het soort toestel.
	OPMERKING 1 Bij toepassing van elektrische verwarming, waaronder infraroodverwarming, betreft dit het verbruik per toestel of paneel.
	OPMERKING 2 Voor toestellen zonder elektriciteitsaansluiting geldt: $P_{H;aux;gen;e} = 0$
$P_{H;aux;gen;v;spec} = 1 \text{ W / kW}$	Specifiek elektrische-hulpenergiegebruik tijdens branderbedrijf – ventilator en gasklep, alleen voor (bio)gas- of met olie gestookte verbrandingstoestellen.
$P_{H;aux;gen;v;spec} = 10 \text{ W / kW}$	Specifiek elektrische-hulpenergiegebruik tijdens branderbedrijf – elektrische ontsteking, brandstofvijzel of andere voorzieningen voor geautomatiseerde brandstoftoevoer, ventilatoren, voorzieningen voor geautomatiseerde ontassing en voorzieningen voor geautomatiseerde reiniging van de warmtewisselaar, alleen voor verbrandingstoestellen met vaste biobrandstoffen.
$P_{H;aux;gen;v;spec} = 0 \text{ W / kW}$	Specifiek elektrische-hulpenergiegebruik tijdens branderbedrijf – indien het een toestel is zonder geautomatiseerde brandstoftoevoer, ventilatoren, voorzieningen voor geautomatiseerde ontassing of voorzieningen voor geautomatiseerde reiniging van de warmtewisselaar
	OPMERKING 3 Dit betreft bijvoorbeeld conventionele gasketels of met de hand gestookte kachels voor biobrandstoffen.
$P_{H;aux;gen;sp;spec} = 10 \text{ W / kW}$	Oplossingspomp, indien dit verbruik niet is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel, alleen voor sorptiewarmtepomp.
$P_{H;aux;gen;sp;spec} = 0 \text{ W / kW}$	Oplossingspomp, bij gebruik van de forfaitaire waarden voor het opwekkingsrendement of indien dit verbruik is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel, alleen voor sorptiewarmtepomp.
$f_{H;gen;ctr;gi} = 1$	Voor opwekkingstoestellen met aan-/uitvermogensregeling; voor opwekkingstoestellen met modulerende vermogensregeling waarvan de ondergrens van de modulatie $m_{min}$ groter is dan of gelijk is aan 0,4; voor opwekkingstoestellen met modulerende vermogensregeling waarvan de ondergrens van de modulatie $m_{min}$ kleiner is dan 0,4

waarin:

$m_{min}$  is de ondergrens van de modulatie van een opwekkingstoestel; deze waarde is het quotiënt van de minimum- en de nominale belasting van het opwekkingstoestel.

## 10 Koeling

### 10.1 Principe

Bij het toepassen van een kwaliteitsverklaring moet, tenzij anders aangegeven, de gegeven waarde uit de kwaliteitsverklaring naar beneden worden afgerond op maximaal het aantal decimalen waarmee het getal van de te vervangen forfaitaire waarde in NTA 8800 maximaal is weergegeven.

Indien op een van de tabellen 10.29 en 10.30 een afwijkende waarde wordt toegepast, moet de energie-efficiëntie van een koudeopwekker naar beneden zijn afgerond naar een veelvoud van 0,025 voor met gas gestookte opwekkers of 0,05 voor elektrische opwekkers.

Indien een bouwwerk niet is voorzien van een koelsysteem, worden alle energiestromen betreffende koeling o.a.  $Q_{C;ahu;in;j;mi}$ ,  $W_{C;em;aux;si,mi}$ ,  $W_{C;dis;si,mi}$ ,  $Q_{C;dis;rb;mi}$ ,  $E_{C;gen;el;in;mi}$ ,  $Q_{H;C;gen;abs;in;mi}$ ,  $W_{aux;gen;el;in;si,mi}$  en  $Q_{C;gen;ext;zi,mi}$  op 0 gesteld.

Een thermische zone kan uit verschillende rekenzones bestaan. In een rekenzone is maar één koudedistributiesysteem aanwezig, eventueel in combinatie met een lokaal toestel zoals een airco-unit. In een thermische zone kunnen dus meerdere koudeafgiftesystemen, koudedistributiesystemen en koudeopweksystemen aanwezig zijn.

Het koelsysteem is in staat om de gevraagde hoeveelheid energie te leveren voor koeling. Het koelsysteem kan ook het benodigde vermogen leveren om aan de koelvraag te voldoen.

Indien in een rekenzone een koelsysteem aanwezig is, dan betreft dit of een koudeafgiftesysteem gebaseerd op een waterachtig medium (indirecte expansie, figuur 10.5, principe 7) en/of een koudeafgiftesysteem gebaseerd op directe expansie (figuur 10.5, principe 2).

In een rekenzone is maximaal één luchtbehandelingssysteem aanwezig.

Het koelsysteem bestaat uit het koudeafgiftesysteem, het koudedistributiesysteem en het koudeopweksysteem. Voor ieder van deze onderdelen worden maandelijkse waarden voor het energiegebruik, de terugwinbare verliezen en de elektrische hulpenergie berekend.

Het koudedistributiesysteem kan meerdere koudeafgiftesystemen voeden. De laagst benodigde temperatuur van het koudeafgiftesysteem is bepalend voor de temperatuur in het koudedistributiesysteem en de koudeopwekker.

Het koudedistributiesysteem kan door meer opwekkers worden gevoed. Elke opwekker wordt door één soort energiedrager  $ci$  gevoed en levert koude aan één koudedistributiesysteem.

De terugwinbare verliezen van een koudedistributiesysteem worden naar rato van de gebruiksoppervlakte  $A_g$  verdeeld over alle rekenzones binnen de thermische zone.

In gebouwen met een totale gebruiksoppervlakte ( $A_{g;gebouw}$ ) van meer dan 500 m<sup>2</sup> wordt verondersteld dat de opwekkers inclusief opslag opgesteld staan in een technische ruimte die wordt gezien als een aangrenzende ruimte.

Het koelsysteem kan worden opgezet als één groot systeem met meerdere identieke fysieke koudeopweksystemen met dezelfde koudeopwekkers van hetzelfde merk, type en vermogen en dezelfde energiedragers, bijvoorbeeld bij een woongebouw met een individueel opweksysteem per woning. In dat geval moet bij de bepaling van het opwekkingsrendement het vermogen van een toestel of pomp en het hulpenergiegebruik rekening worden gehouden met de energievraag per (individueel) fysiek koudeopweksysteem en het werkelijke aantal identieke systemen.

Hierbij mag het totale oppervlak van het gemodelleerd systeem worden gedeeld door het aantal fysieke identieke systemen om vast te stellen of het een systeem met een gebruiksoppervlak van meer dan 500 m<sup>2</sup> betreft.

Verliezen van de opwekkers inclusief een eventueel voorraadvat zijn niet terugwinbaar.

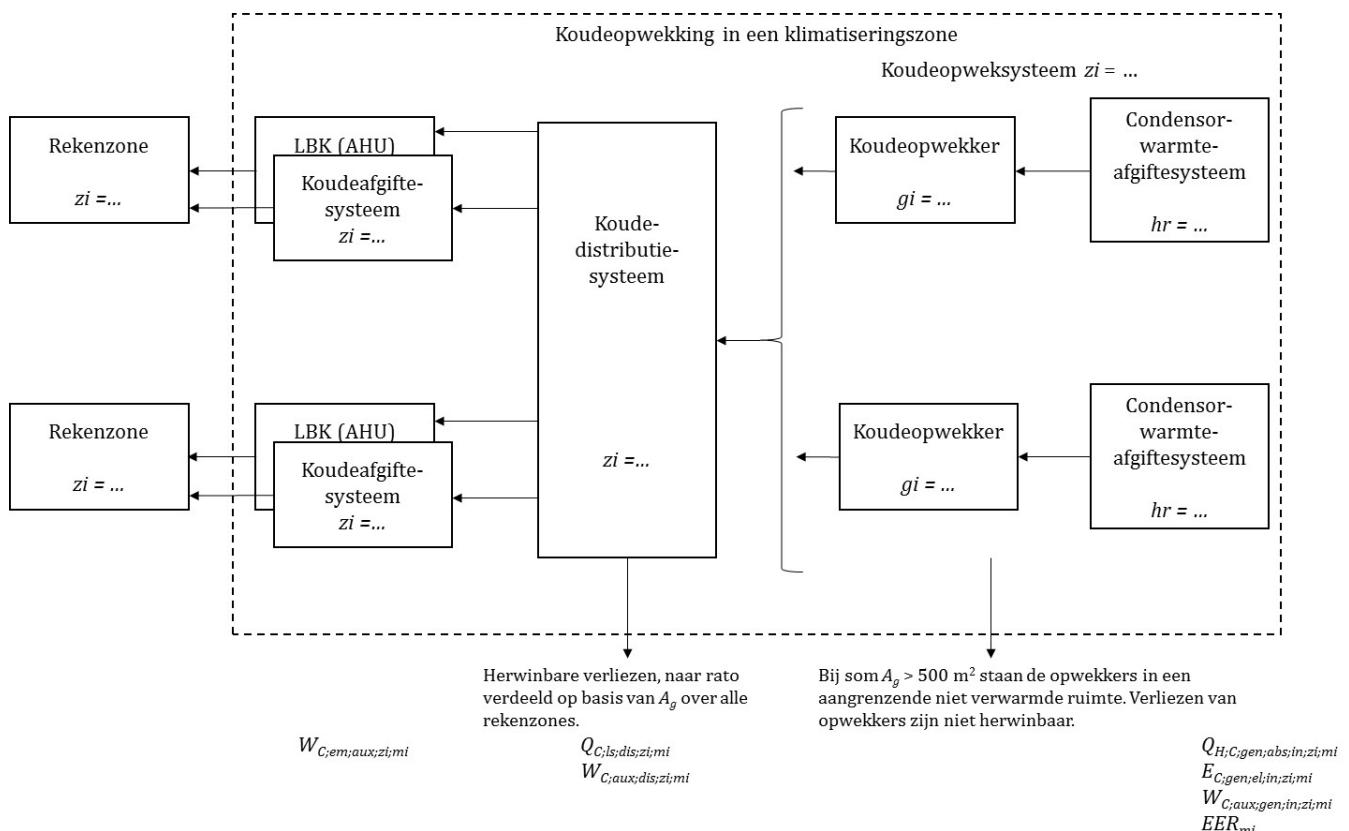
Het maandelijkse energiegebruik voor koeling wordt voor elke rekenzone bepaald uit de koudebehoefte voor koeling van de desbetreffende rekenzone en de verliezen van het koelsysteem.

Het energiegebruik door centrale voorbehandeling van ventilatielucht (voelbare koude en eventuele ontvochtiging) wordt toegevoegd aan het energiegebruik voor de koudedistributie.

De bijbehorende (elektrische) hulpenergie voor de afgiftedelen en de koudeopweksystemen wordt naar rato van de gebruiksoppervlakte  $A_{use}$  over de rekenzones binnen de thermische zone verdeeld.

Indien in één rekenzone verschillende koudedistributiesystemen aanwezig zijn, moet voor de bepaling van het energiegebruik van het koelsysteem het systeem met de laagste systeemtemperatuur worden beschouwd als de enige leverancier van koude. Indien een roomairconditioningsysteem is toegepast, wordt dit toestel gezien als het systeem met de laagste systeemtemperatuur.

**OPMERKING** Deze aanpak is conform NEN-EN 15316-2, NEN-EN 15316-3, NEN-EN 16798-9 en NEN-EN 16798-13.



**Figuur 10.1 — Koudeopwekking in een klimatiseringszone**

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie koeling *si* van het gebouw als geheel, geldt:

$$f_{\text{gebouw};si;C} = \frac{A_{g;si;C}}{A_{g;\text{gebouw};C}}$$

In alle andere gevallen geldt:

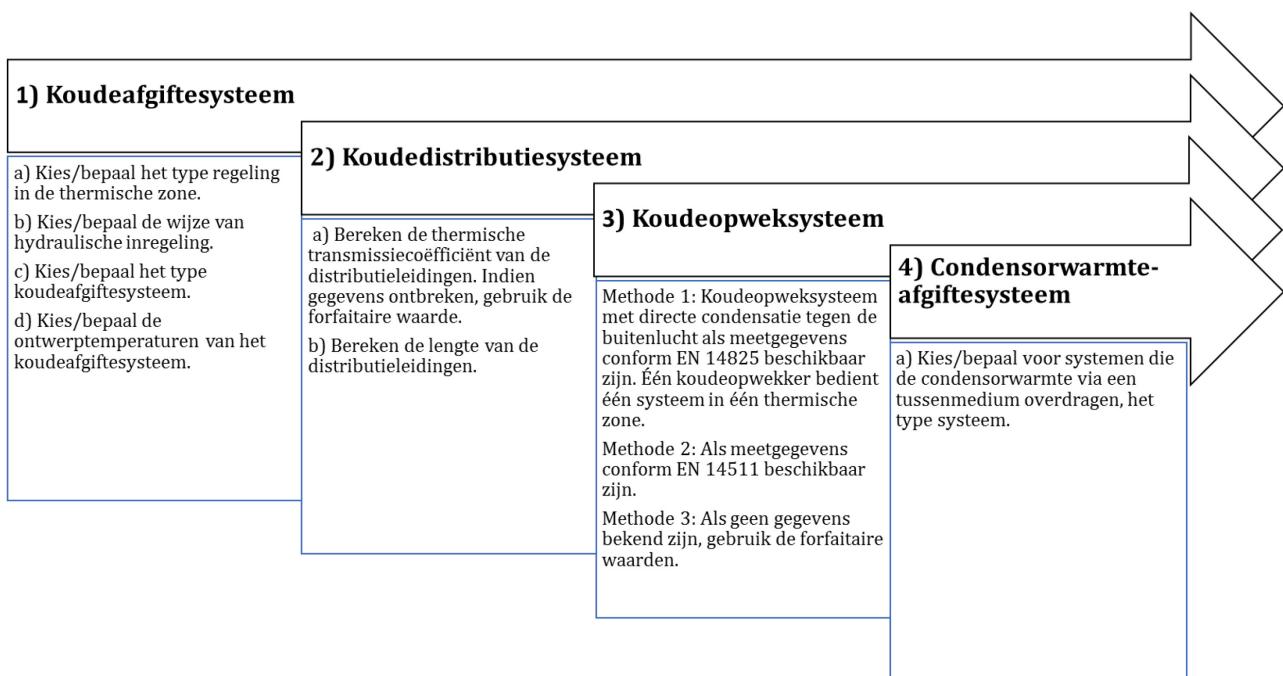
$$f_{\text{gebouw};si;C} = 1$$

waarin:

$f_{\text{gebouw};si;C}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie koeling wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie *si* voor de functie koeling;

$A_{g;si;C}$  is de gebruiksoppervlakte van het bouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald, en dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie *si* voor de functie koeling, in  $\text{m}^2$ ;

$A_{g;\text{gebouw};C}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie *si* voor de functie koeling, bepaald volgens 6.6.7, in  $\text{m}^2$ .



**Figuur 10.2 — Schematische voorstelling rekenschema**

## 10.2 Energiegebruik van koelsysteem *si* in maand *mi*

Het energiegebruik van het koelsysteem moet per energiedrager *ci* worden bepaald.

**OPMERKING 1** De hulpenergie van een koelsysteem betreft over het algemeen uitsluitend elektriciteit. De aandrijfenergie van een koudeopwekker betreft over het algemeen elektriciteit, maar kan ook bestaan uit warmte in geval van absorptiekoelsystemen of gas in geval van door gas(motor) aangedreven systemen.

Het energiegebruik van de koelsystemen voor rekenzone  $zi$  bedraagt in maand  $mi$ :

$$W_{C;\text{aux};zi;mi} = f_{w;el} \times (W_{C;\text{aux};gen;zi;mi} + W_{C;\text{aux};dis;zi;mi} + W_{C;\text{aux};em;zi;mi}) \quad (10.1)$$

$$E_{C;el;zi;mi} = f_{w;el} \times E_{C;gen;el;in;zi;mi} \quad (10.2)$$

$$E_{C;dh;zi;mi} = f_{w;th} \times Q_{H;C;gen;abs;in;zi;mi} \quad (10.3)$$

$$E_{C;ci;zi;mi} = E_{C;el;z;mi} + E_{C;dh;zi;mi} \times Q_{H;C;gen;ext;in;zi;mi} \quad (10.3a)$$

$$E_{C;ci;zi;mi} = E_{C;el;zi;mi} + E_{C;dh;zi;mi} \times Q_{H;C;gen;ext;in;zi;mi} \quad (10.3b)$$

waarin:

$E_{C;gen;el;in;zi;mi}$  is de elektrische input van het systeem in rekenzone  $zi$  voor de koudeopwekking in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{H;C;gen;abs;in;zi;mi}$  is de thermische input van het systeem in rekenzone  $zi$  voor de koudeopwekking in maand  $mi$ , in kWh;

$E_{C;el;zi;mi}$  is de elektrische input van het systeem voor de koudeopwekking in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$E_{C;dh;zi;mi}$  is de thermische input van het systeem voor de koudeopwekking in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{C;\text{aux};gen;zi;mi}$  is de elektrische hulpenergie van de koudeopwekking van het systeem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{C;\text{aux};dis;zi;mi}$  is de elektrische hulpenergie van het systeem in rekenzone  $zi$  voor het distributiesysteem in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{C;\text{aux};em;zi;mi}$  is de elektrische hulpenergie van het systeem in rekenzone  $zi$  voor het koudeafgiftesysteem in maand  $mi$ , in kWh;

$f_{w;th}$  is de gewogen factor voor thermische energie;

$f_{w;el}$  is de gewogen factor voor elektrische energie.

**Tabel 10.1 — Forfataire gewogen factoren**

Gewogen factor	Waarde
$f_{w;th}$	1,0
$f_{w;el}$	1,0
$f_{w;cd}$	1,0

De distributieverliezen van circulatiesystemen die toebehoren aan externe koudelevering die optreden vóór het overdrachtspunt (meestal de afleverset of koudwatermeter) worden niet meegenomen als recoverable losses.

**OPMERKING 2** De leidinglengte van circulatiesystemen die toebehoren aan externe warmte- of koudelevering worden bij de berekening van het energiegebruik op gebouwniveau niet meegenomen. De verliezen worden op basis van generieke gegevens meegenomen bij de bepaling van het energieverlies binnen systemen voor externe warmte- of koudelevering. Deze aanpak is gevuld om onnodige opname van leidingen op gebouwniveau te voorkomen.

De som van de terugwinbare verliezen bedraagt in maand  $mi$ :

$$Q_{C;ls;rbl;zi;mi} = Q_{C;em;rbl;zi;mi} + Q_{C;dis;rbl;zi;mi} + Q_{C;dis;aux;rbl;zi;mi} + Q_{C;gen;out;rbl;zi;mi} \quad (10.4)$$

waarin:

$Q_{C;ls;rbl;zi,mi}$  is het totaal van de terugwinbare verliezen in rekenzone  $zi$  voor de koudeopwekking in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{C;em;rbl;zi,mi}$  is het terugwinbare verlies van het afgiftesysteem voor de koudelevering in rekenzone  $zi$  voor de koudeopwekking in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 10.3.3. Hiervoor geldt  $Q_{C;em;rbl;zi,mi} = 0$ ;

$Q_{C;dis;rbl;zi,mi}$  is het terugwinbare verlies van het koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  voor de koudeopwekking in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 10.4.3;

$Q_{C;dis;aux;rbl;zi,mi}$  is het terugwinbare verlies van de hulpenergie t.b.v. het koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  voor de koudeopwekking in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 10.4.3. Hiervoor geldt  $Q_{C;dis;aux;rbl;zi,mi} = 0$ ;

$Q_{C;gen;out;rbl;zi,mi}$  is het terugwinbare verlies van de koudeopwekking in rekenzone  $zi$  voor de koudeopwekking in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 10.5.7.3.1 en 10.5.7.3.1.1. Hiervoor geldt  $Q_{C;gen;out;rbl;zi,mi} = 0$ .

### 10.3 Koudeafgiftesysteem

Voor de categorie woningbouw wordt de bepaling van het type afgiftesysteem in een rekenzone uitsluitend gebaseerd op het type afgiftesysteem in de ruimte die voor deze berekening wordt aangemerkt als woonkamer of – indien de rekenzone geen woonkamer omvat – het type afgiftesysteem in de ruimte met de grootste gebruiksoppervlakte binnen de rekenzone  $zi$ .

**OPMERKING** In gebouwen die behoren tot de categorie woningbouw, vindt een groot deel van de koudeafgifte plaats in de woonkamer. Daarom wordt dit vertrek als uitgangspunt genomen voor het type afgiftesysteem.

#### 10.3.1 Energievraag koudeopweksysteem bij directe expansiesystemen

De benodigde energie die door het koudeopweksysteem aan rekenzone  $zi$  moet worden ontrokken in maand  $mi$  is:

$$Q_{C;gen;in;req;zi,mi} = Q_{C;nd;zi,mi} + Q_{C;em;ls;zi,mi} + Q_{C;ahu;in;req;zi,mi} + Q_{C;dhum;zi,mi} \quad (10.5)$$

waarin:

$Q_{C;gen;in;zi,mi}$  is de koudebehoefte aan het koudeopweksysteem vanuit rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{C;nd;zi,mi}$  is de koudebehoefte in rekenzone  $zi$  aan systeem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh, zoals bepaald in 8.2.2;

$Q_{C;em;ls;zi,mi}$  is het verlies van het koudeafgiftesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{C;ahu;in;req;zi,mi}$  is de koudebehoefte van het luchtbehandelingssysteem in rekenzone  $zi$  aan systeem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{C;dhum;zi,mi}$  is de koudebehoefte voor de ontvochtiging van rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 12.3.

Als het afgiftesysteem uitsluitend of een combinatie van vloerkoeeling, wandkoeling of plafondkoeling is, geldt:

$$Q_{C;dhum;zi,mi} = 0$$

OPMERKING 1 Bij directe expansie (figuur 10.5, principe 6) wordt ervan uitgegaan dat er geen hulpenergie nodig is om de koude tussen de koudeopwekker en het koudeafgiftesysteem te transporteren.

OPMERKING 2 Bij directe expansie (figuur 10.5, principe 6) wordt ervan uitgegaan dat er voor de koelfunctie ook wordt ontvochtigd, zie 12.3.

### 10.3.2 Energiebehoefte koudeopweksysteem bij op water gebaseerde systemen

De benodigde energie die door het koudeopweksysteem voor rekenzone  $zi$  moet worden onttrokken in maand  $mi$  is:

$$Q_{C;HP;si,mi} = \sum_{gi} \left( \frac{Q_{W;HP;gi,mi} + Q_{W;HP;ls;gi,mi}}{3,6} \right) \quad (10.6)$$

$$Q_{C;HP;zi,mi} = Q_{C;HP;si,mi} \cdot \frac{A_{g;zi}}{\sum_{zi} A_{g;zi}}$$

Als:

$$Q_{C;HP;zi,mi} \leq \sum_{zi} (Q_{C;nd;zi,mi} + Q_{C;em;ls;zi,mi} + Q_{C;ahu;in;req;zi,mi} + Q_{C;dis;ls;zi,mi} + Q_{C;dis;rvd;zi,mi} + Q_{C;dhum;zi,mi}) \quad (10.7)$$

dan:

$$Q_{C;gen;in;zi,mi} = Q_{C;nd;zi,mi} + Q_{C;em;ls;zi,mi} + Q_{C;ahu;in;req;zi,mi} + Q_{C;dis;ls;zi,mi} + Q_{C;dis;rvd;zi,mi} + Q_{C;dhum;zi,mi} \cdot Q_{C;HP;zi,mi}$$

$$Q_{C;gen;in;si,mi} = \sum_{zi} (Q_{C;nd;zi,mi} + Q_{C;em;ls;zi,mi} + Q_{C;ahu;in;req;zi,mi} + Q_{C;dis;ls;zi,mi} + Q_{C;dis;rvd;zi,mi} + Q_{C;dhum;zi,mi}) \cdot Q_{C;HP;si,mi}$$

$$(10.8)$$

anders:

$$Q_{C;gen;in;zi,mi} = 0$$

$$Q_{C;HP;si,mi} = \sum_{zi} (Q_{C;em;ls;zi,mi} + Q_{C;ahu;in;req;zi,mi} + Q_{C;dis;ls;zi,mi} + Q_{C;dis;rvd;zi,mi} + Q_{C;dhum;zi,mi} + Q_{C;nd;zi,mi}) \quad (10.9)$$

waarin:

- $Q_{C;gen;in;zi,mi}$  is de koudebehoefte aan het koudeopweksysteem vanuit rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{C;nd;zi,mi}$  is de koudebehoefte in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{C;em;ls;zi,mi}$  is het verlies van het koudeafgiftesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{C;ahu;in;req;zi,mi}$  is de koudebehoefte van het luchtbehandelingssysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{C;dis;ls;zi,mi}$  is het verlies van distributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{C;dis;rvd;zi,mi}$  is de teruggevonden energie van de distributiepomp in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{C;dhum;zi,mi}$  is de koudebehoefte voor de ontvochtiging van rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh, in kWh, bepaald volgens 12.3;
- $Q_{W;HP;mi}$  is de door de boosterwarmtepomp aan het koudedistributiesysteem onttrokken energie in maand  $mi$ , in MJ, bepaald volgens bijlage W;
- $Q_{W;HP;ls;mi}$  is de door de verdamper opgenomen warmte ter compensatie van warmteverlies van de boosterwarmtepomp in maand  $mi$ , in MJ, volgens bijlage W;
- $Q_{C;HP;zi,mi}$  is de door de boosterwarmtepomp aan het koudedistributiesysteem t.b.v. rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  onttrokken energie, in kWh;
- 3,6 is de omrekeningsfactor van MJ naar kWh.

De hoeveelheid energie die de boosterwarmtepomp uit het koudedistributiesysteem kan onttrekken is gelimiteerd tot de koudebehoefte van de rekenzone. Is de hoeveelheid energie die door de boosterwarmtepomp moet worden onttrokken groter dan de koudebehoefte, dan wordt de warmteproductie van de boosterwarmtepomp vanuit deze bron gelimiteerd. De door de boosterwarmtepomp geleverde energie uit deze bron moet dan opnieuw worden bepaald volgens hoofdstuk 13.

Als het afgiftesysteem uitsluitend of een combinatie van vloerkoeling, wandkoeling of plafondkoeling is, dan geldt:

$$Q_{C;dhum;zi,mi} = 0$$

Als er geen boosterwarmtepomp aanwezig is die warmte aan het koudedistributiesysteem onttrekt, geldt:

$$Q_{W;HP;zi,mi} = 0$$

**OPMERKING 1** Bij koudeafgiftesystemen die op water zijn gebaseerd, zoals ventilatorconvectorssystemen en centrale luchtbehandeling, wordt ervan uitgegaan dat er voor de koelfunctie ook wordt ontvochtigd. Voor systemen zoals plafondkoeling, vloerkoeling en wandkoeling is ontvochtiging niet wenselijk en wordt ervan uitgegaan dat bij deze systemen geen ontvochtiging optreedt.

**OPMERKING 2** Een boosterwarmtepomp kan alleen worden toegepast indien is aangetoond dat deze bij de ontwerptemperatuur van het toegepaste koelsysteem kan functioneren, zie tabel 10.8.

### 10.3.3 Energieverlies van het koudeafgiftesysteem

Deze paragraaf geeft de methode voor het berekenen van de verliezen van het koudeafgiftesysteem. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een equivalente interne temperatuur van de rekenzone  $zi$ .

Voor koeling wordt een verlies weergegeven als positieve waarde.

De interne temperatuur van rekenzone  $zi$  wordt beïnvloed door:

- de ruimtelijke temperatuurvariatie veroorzaakt door temperatuurstratificatie afhankelijk van het type afgiftesysteem;
- de temperatuurvariatie afhankelijk van de mate waarin de regeling een homogene en constante temperatuur creëert;
- de temperatuurvariatie gebaseerd op een additionele koudebehoefte, veroorzaakt doordat het koudeafgiftesysteem in de schil van het gebouw is geïntegreerd;
- de temperatuurvariatie gebaseerd op de straling van het koudeafgiftesysteem;
- de temperatuurvariatie gebaseerd op de mate van hydraulische balans zijn van het systeem;
- de temperatuurvariatie gebaseerd op het soort regeling;
- de temperatuurvariatie gebaseerd op individuele ruimtetemperatuurregeling of een op een netwerk gebaseerd systeem;
- de temperatuurvariatie gebaseerd op het type koudeafgiftesysteem.

Koeling kan worden opgesplitst in rekenzones  $zi$ . Voor ieder van deze zones wordt het verlies van het koelsysteem bepaald.

De equivalente interne temperatuur  $\vartheta_{C,int;inc;zi}$  van rekenzone  $zi$ , inclusief de effecten van het koudeafgiftesysteem, wordt berekend met:

$$\vartheta_{C,int;inc;zi} = \vartheta_{C,int;ini;zi} + \Delta\vartheta_{int;inc;zi} \quad (10.10)$$

waarin:

- $\vartheta_{C,int;ini;zi}$  is de initiële interne temperatuur van rekenzone  $zi$  voor koeling ( $24^{\circ}\text{C}$ ), in  $^{\circ}\text{C}$ , die is bepaald in 8.9.4.1;
- $\Delta\vartheta_{int;inc;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door alle verliezen van het koudeafgiftesysteem in rekenzone  $zi$ , in K.

De totale temperatuurcorrectie moet per rekenzone  $zi$  worden berekend met:

$$\Delta\vartheta_{int;inc;zi} = \Delta\vartheta_{str;zi} + \Delta\vartheta_{ctr;zi} + \Delta\vartheta_{emb;zi} + \Delta\vartheta_{rad;zi} + \Delta\vartheta_{im,emt;zi} + \Delta\vartheta_{hydr;zi} + \Delta\vartheta_{roomaut;zi} \quad (10.11)$$

waarin:

- $\Delta\vartheta_{str;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door stratificatie, in K (volgens tabel 10.2);
- $\Delta\vartheta_{ctr;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door het type regelsysteem, in K (volgens tabel B.11). De temperatuurvariatie van het regelsysteem wordt verdeeld in  $\Delta\vartheta_{ctr,1}$  en

$\Delta\theta_{ctr,2}$ .  $\Delta\theta_{ctr,1}$  moet worden gebruikt bij berekeningen waarbij geen aanvullende informatie over de toegepaste producten bekend is.  $\Delta\theta_{ctr,2}$  moet worden gebruikt als gecertificeerde producten worden/zijn toegepast. Als alternatief kunnen ook de productspecifieke waarden uit de certificaten worden gebruikt;

- $\Delta\vartheta_{emb;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door verliezen van het in de constructie geïntegreerde afgiftesysteem of door vlakke stralingspanelen boven in de ruimte, in K (volgens tabel 10.2);
- $\Delta\vartheta_{rad;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door straling, in K. Indien deze waarde onbekend is, geldt:  $\Delta\vartheta_{rad;zi} = 0$ ;
- $\Delta\vartheta_{hydr;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door het waterzijdig inregelen van het systeem, in K (volgens tabel 10.4);
- $\Delta\vartheta_{roomaut;zi}$  is de temperatuurvariatie gebaseerd op een standaloneregeling of een regeling vanuit een netwerk, in K (volgens tabel 10.5);
- $\Delta\vartheta_{im,emt;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door in bouwconstructies geïntegreerd systeem met een intermitterende bedrijfsvoering, in K (volgens tabel 10.3).

Als door een onafhankelijke organisatie geverifieerde productgegevens van de regelaar volgens NEN-EN 15500-1 of NEN-EN 215, en productgegevens van het afgiftesysteem volgens NEN-EN 16430-3 en de NEN-EN 1264-reeks worden gebruikt, dan wordt de equivalente interne temperatuurvariatie  $\Delta\vartheta_{int,inc;zi}$  in rekenzone  $zi$ , inclusief de effecten van het koudeafgiftesysteem  $si$ , bepaald volgens:

$$\Delta\vartheta_{int,inc;zi} = \Delta\vartheta_{hyd;zi} + \Delta\vartheta_{emt,syst;zi} + \Delta\vartheta_{ctr,syst;zi} \quad (10.12)$$

waarin:

op basis van productgegevens van het koudeafgiftesysteem  $si$ :

$$\Delta\vartheta_{emt,syst;zi} = \Delta\vartheta_{str;zi} + \Delta\vartheta_{emb;zi} + \Delta\vartheta_{rad;zi} + \Delta\vartheta_{im,emt;zi} \quad (10.13)$$

waarin:

- $\Delta\vartheta_{rad;zi} = 0$ ;
- $\Delta\vartheta_{im,emt;zi}$  wordt bepaald voor geïntegreerde systemen in rekenzone  $zi$  volgens de NEN-EN 1264-reeks. Bij toepassing van radiatoren is deze waarde 0;
- $\Delta\vartheta_{str;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door stratificatie (volgens tabel 10.2);
- $\Delta\vartheta_{emb;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door verliezen van het in de constructie geïntegreerde afgiftesysteem of door vlakke stralingspanelen boven in de ruimte (volgens tabel 10.2).

En met een temperatuurcorrectie gebaseerd op het regelsysteem van koudeafgiftesysteem in rekenzone  $zi$ :

$$\Delta\vartheta_{ctr,syst;zi} = \Delta\vartheta_{ctr;zi} + \Delta\vartheta_{im,ctr;zi} + \Delta\vartheta_{roomout;zi} \quad [K] \quad (10.14)$$

waarin:

- $\Delta\vartheta_{ctr;zi}$  is de CA-waarde (Temperature Control Accuracy), in K:  
 — bij elektronische regelaars: CA volgens NEN-EN 15500;  
 — bij thermostatische regelaars (TRV): CA volgens NEN-EN 215;
- $\Delta\vartheta_{roomaut;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door in bouwconstructies geïntegreerde systemen met een intermitterende bedrijfsvoering, in K (volgens tabel 10.3);
- $\Delta\vartheta_{im,ctr;zi}$  is de temperatuurvariatie veroorzaakt door intermitterende bedrijfsvoering van de regeling, in K (volgens tabel 10.3).

**Tabel 10.2 — Forfataire waarde temperatuurvariatie voor koelsystemen**

Parameter	Variatie			
	$\Delta\vartheta_{str}$	$\Delta\vartheta_{ctr,1}^a$	$\Delta\vartheta_{ctr,2}^b$	$\Delta\vartheta_{emb}$
Regeling van de ruimte-temperatuur	Centrale aanvoertemperatuurregeling/sturing zonder (na)regeling in de ruimten	-2,5 -1,5 -2,5 -1,5	-2,5	
	P-regeling (van voor 1988)		-1,5	
	Regeling in hoofdvertrek of eenpippssysteem			
	Ruimtetemperatuurregeling (elektromechanisch/elektronisch)			
	P-regeling			
Koude-afgiftesysteem	PI-regeling			
	PI-regeling (met optimalisatie functie zoals aanwezigheidsregeling, adaptive controller)			
	Vloerkoelingssysteem	-0,7		-0,7
	Wandkoeling	-0,4		-0,7
	Plafondkoeling	0		-0,2
	Ventilatorconvector/roomairconditioner			
	— bevestigd aan het plafond	0		0
	— bevestigd op de buitenmuur of onbekend afgiftesysteem	-0,4		0

<sup>a</sup> Gebruik  $\Delta\vartheta_{ctr,1}$  voor niet-gecertificeerde producten.

<sup>b</sup> Gebruik  $\Delta\vartheta_{ctr,2}$  voor gecertificeerde (door een onafhankelijke organisatie geverifieerde) producten.

**OPMERKING 1** Gecertificeerde producten, zoals elektronisch gestuurde radiatorventielen, programmeerbare ruimteregelaars en individuele zoneregelaars zijn o.a. te vinden op <http://www.eubaccert.eu/>. Gecertificeerde thermostatische radiatorafsluiters zijn o.a. te vinden op <http://cert-trv.cen.eu/>.

**Tabel 10.3 — Forfataire waarden temperatuurcorrectie  $\Delta\vartheta_{im,emt;zi}$  bij intermitterend bedrijf**

Omschrijving	Variabele	Waarde
Regelingen	$\Delta\vartheta_{im,ctr}$	-0,3 K
Koudeafgiftesystemen	$\Delta\vartheta_{im,emt}$	0 K
Stralingseffect	$\Delta\vartheta_{rad}$	0 K

Alternatieve productspecifieke waarden voor  $\Delta\vartheta_{rad}$ , volgens de productnorm NEN-EN 16430, kunnen worden gebruikt.

**OPMERKING 2** Onder intermitterend bedrijf wordt nacht- en weekendverlaging verstaan hetgeen wordt gezien als vorm van bedrijfsbeperking. De forfataire waarden voor  $\theta_{im,ctr}$ ,  $\theta_{im,emt}$  en  $\theta_{rad}$  zijn voor alle typen regelingen van toepassing.

**Tabel 10.4 — Forfataire waarden voor de temperatuurcorrectie voor waterzijdig inregelen, in K**

<b>Uitgevoerde hydraulische balansering met rapportage conform formulier G1 uit bijlage G.6 van NEN-EN 14336:2004, opgesteld door een onafhankelijke partij. Bij afwezigheid van deze rapportage wordt de waarde voor 'Geen waterzijdig inregelen' aangehouden.</b>	
Systeem	$\Delta\vartheta_{hydr}$
Geen/onbekend waterzijdig inregelen/eenpijpssysteem	-0,6
Statisch gebalanceerd per koudeafgiftesysteem zonder balansering van de groepen	-0,4
Statisch gebalanceerd per koudeafgiftesysteem met balansering van de groepen	-0,3
Statisch gebalanceerd per koudeafgiftesysteem met dynamische balansering van de groepen (bijv. met een drukverschilregeling)	-0,2
Dynamisch gebalanceerd per koudeafgiftesysteem met dynamische balansering van de groepen (bijv. met automatische doorstroombegrenzers/drukverschilregeling) of een systeem dat warmte direct uit de geconditioneerde rekenzone $zi$ onttrekt door directe expansie	0,0

**Tabel 10.5 — Forfaitaire waarden voor temperatuurvariatie gebaseerd op het type ruimteteperaturenregeling**

Omschrijving	Variabele	Waarde
Onbekende regeling	$\Delta \vartheta_{roomaut}$	0,0 K
Standalone (per ruimte)	$\Delta \vartheta_{roomaut}$	0,5 K
Standalone met handmatig overrulen (start/stop)	$\Delta \vartheta_{roomaut}$	1,0 K
Netwerk met handmatig overrulen en adaptieve regeling <sup>a</sup>	$\Delta \vartheta_{roomaut}$	1,2 K

<sup>a</sup> Interactie van individuele ruimteregelingen betreft de koppeling van individuele ruimteteperaturenregeling met aanvullende regelcircuits of koudebronnen, bijv. aanvoertemperatuurregelingen.

De door het koudeafgiftesysteem in rekenzone  $zi$  over te dragen koude in maand  $mi$  wordt bepaald volgens:

$$Q_{C;em,out;zi,mi} = Q_{C;nd;zi,mi}$$

Het energieverlies van het koudeafgiftesysteem in rekenzone  $zi$ , in kWh, wordt voor maand  $mi$  berekend door:

als:

$$\vartheta_{int,inc;zi} - \vartheta_{e,comb;zi,mi} < 0$$

$$Q_{C;em,ls;zi,mi} = Q_{C;em,out;zi,mi} \cdot MAX\left(\frac{\Delta \vartheta_{int,inc;zi}}{\vartheta_{int,inc;zi} - \vartheta_{e,comb;zi,mi}}; 0,15\right) [\text{kWh}] \quad (10.15)$$

als:

$$Q_{C;em,ls;zi,mi} = 0$$

waarin:

$$\vartheta_{e,comb;zi,mi} = \vartheta_{e;avg;mi} + \Delta \vartheta_{e,sol;zi} [\text{°C}] \quad (10.16)$$

$\vartheta_{e,comb;zi,mi}$  is een hulpvariabele

**Tabel 10.5a — Temperatuurcorrectie  $\Delta \vartheta_{e,sol;zi}$  voor zonstraling en interne warmtelast (NEN-EN 15316-2)**

Temperatuurcorrectie	
Gemiddelde bijdrage van ramen en interne warmtelast in rekenzone $zi$ (woningbouw)	8 K
Hoge bijdrage van ramen en interne warmtelast in rekenzone $zi$ (utiliteitsbouw)	12 K

$$Q_{C;em,rbl;zi,mi} = 0$$

OPMERKING 3 De verliezen van een afgiftesysteem zijn niet terugwinbaar.

### 10.3.4 Hulpenergie van het koudeafgiftesysteem

Voor de koudeafgifte van het koudeafgiftesysteem in de rekenzone is hulpenergie noodzakelijk. Een voorbeeld is de ventilator van een afgiftesysteem zoals een ventilatorconvector. De energie die nodig is voor de distributie van koude naar het koudeafgiftesysteem wordt verrekend met de hulpenergie voor distributie.

De hulpenergie die wordt gebruikt voor de koudeafgifte wordt berekend met formule (10.17).

$$\begin{aligned} W_{C;em;aux;zi;mi} &= W_{fan;zi;mi} \\ W_{C;em;aux;mi} &= \sum_{zi} W_{C;em;aux;zi;mi} \quad [\text{kWh}] \end{aligned} \quad (10.17)$$

waarin:

$W_{C;em;aux;zi;mi}$  is de hulpenergie van alle koudeafgiftesystemen in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{fan;zi,mi}$  is de hulpenergie van de ventilatoren van het koudeafgiftesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh.

Het energiegebruik van de ventilatoren  $W_{em;fan;mi}$  van het koudeafgiftesysteem  $si$  wordt berekend met formule (10.18).

$$W_{em;fan;zi;mi} = \sum \frac{P_{fan;zi} \times n_{fan;zi} \times t_{C;mi;zi}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (10.18)$$

waarin:

$n_{fan;zi}$  is het aantal ventilatoren in het koudeafgiftesysteem in rekenzone  $zi$ ;

$t_{C;mi,zi}$  is de bedrijfstijd van de ventilatoren in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , volgens tabel 10.6;

$P_{fan;zi}$  is het elektrisch opgenomen vermogen van de ventilatoren van het koudeafgiftesysteem in rekenzone  $zi$ , in  $W$ , volgens tabel 10.7.

De bedrijfstijd van het koelsysteem (koudeafgiftesysteem, koudedistributiesysteem en koudeopweksysteem) in maand  $mi$  is in tabel 10.6 gegeven. De forfaitaire waarden voor het opgenomen elektrische vermogen van de ventilatoren van het koudeafgiftesysteem zijn in tabel 10.7 gegeven.

Bepaal de koelgrens van een bouwwerk op de volgende wijze:

Stap 1: Bepaal voor alle maanden  $mi$  de koudebehoeftes van alle rekenzones (dus de thermische zone) t.b.v.  $\vartheta_{koelgrens}$  volgens:

$$Q_{C;nd;ztj;\vartheta_{koelgrens};mi} = Q_{C;nd;ztj,mi} \quad (10.19)$$

waarbij:

$Q_{C;nd;ztj,mi}$  wordt bepaald zoals in 8.2.2, met de volgende aanpassingen:

$$— Q_{H;ls;rbl;zi,mi} = 0;$$

- $Q_{C;ls;rbl;zi,mi} = 0;$
- $Q_{C;ve;zi,mi} = Q_{C;ve;zi,mi} + Q_{C;\theta\text{koelgrens;in;air};zi,mi};$

waarbij  $Q_{C;\theta\text{koelgrens;in;air};zi,mi}$  wordt bepaald met:

$$Q_{C;\theta\text{koelgrens;in;air};zi,mi} = q_{V;\text{SUP;dis;out};zi,mi} \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot ( (\theta_{\text{SUP;dis;out};zi,mi} - \Delta\theta_{hr;zi,mi} - \Delta\theta_{rca;zi,mi} + \Delta\theta_{fan;zi,mi}) - \theta_{e,\text{avg},mi} ) * t_{mi} / 3\ 600\ 000 \quad (10.20)$$

waarin:

$Q_{C;ve;zi,mi}$	is de warmteoverdracht door ventilatie voor koeling, zoals bepaald in sectie 8.4.2, in kWh;
$\vartheta_{\text{koelgrens}}$	is de koelgrens van de rekenzone $zi$ , in °C. Bij een buitentemperatuur boven deze ontstaat een koudebehoefte;
$q_{V;\text{SUP;dis;out};zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die mechanisch wordt toegevoerd naar de rekenzone, in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.3.1;
$\rho_a$	is de soortelijke massa van de lucht, met waarde $1,205 \text{ kg/m}^3$ ;
$c_a$	is de soortelijke warmte van de lucht, met waarde $1\ 005 \text{ J/kg} \times \text{K}$ ;
$\theta_{e,\text{avg},mi}$	is de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur in maand $mi$ , in °C, volgens tabel 17.1;
$\theta_{\text{SUP;dis;out};zi,mi}$	is de temperatuur van de lucht die de rekenzone wordt ingeblazen in geval van mechanische toevoer van ventilatielucht in maand $mi$ , in °C, volgens 11.3.2;
$\Delta\theta_{hr;zi,mi}$	is de temperatuurverlaging van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone $zi$ in kalendermaand $mi$ , in °C, volgens 11.3.2.2; in °C;
$\Delta\theta_{rca;zi,mi}$	is de temperatuurverlaging van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone $zi$ in kalendermaand $mi$ , volgens 11.3.2.3;
$\Delta\theta_{fan;zi,mi}$	is de temperatuurverhoging van de lucht als gevolg van dissipatie van ventilatoren in rekenzone $zi$ in kalendermaand $mi$ , in °C, volgens 11.3.2.7;
$t_{mi}$	is de tijdsduur van maand $mi$ , in h;
$3\ 600\ 000$	is de omrekeningsfactor van J naar kWh.

OPMERKING 1 Bij het toepassen van ventilatiesysteem E is er sprake van twee verschillende ventilatiesystemen binnen de rekenzone. Bij meerdere systemen met een mechanisch ventilatiedebiet (toevoer) bepaald volgens 11.3.1 wordt per ventilatiesysteem  $Q_{C;\theta\text{koelgrens;in;air};zi,mi}$  bepaald (formule (9.20)) en worden deze voor de rekenzones gesommeerd tot  $Q_{C;\theta\text{koelgrens;in;air};zi,mi}$ .

Stap 2: Bepaal de maximale maandbehoefte t.b.v.  $\vartheta_{\text{koelgrens}} (Q_{C;nd;zt,j};\theta_{\text{koelgrens};mi})$  van het gebouw.

Stap 3: Laat alle waarden kleiner dan 10 % van de maximale maandbehoefte buiten beschouwing.

Stap 4: Bepaal met de kleinste kwadratenmethode de lineaire functie tussen koudebehoefte  $Q_{C;nd;zt,j};\theta_{\text{koelgrens};mi}$  en maandgemiddelde buitentemperatuur.

Stap 5: Bepaal het snijpunt van deze functie met de temperatuuras. Stel de koelgrens gelijk aan de op een geheel getal afgeronde waarde hiervan.

Stap 6: Als de in stap 5 bepaalde koelgrens  $\vartheta_{koelgrens}$  kleiner is dan 14 °C, dan wordt deze gelijkgesteld aan 14 °C. Als de in stap 5 bepaalde koelgrens  $\vartheta_{koelgrens}$  groter is dan 25 °C, dan wordt deze gelijkgesteld aan 25 °C.

De bedrijfstijd van systeem  $si$  wordt bepaald op basis van de maximale bedrijfstijd van de op het systeem  $si$  aangesloten rekenzones  $zi$  volgens:

$$t_{c,mi} = \max (t_{c,zi,mi})$$

**Tabel 10.6 — Aantal bedrijfsuren  $t_{c,zi,mi}$  van het koelsysteem per maand  $mi$ , gelijkgesteld aan het aantal uren dat de temperatuur boven de koelgrens ligt in maand  $mi$**

$\vartheta_{koelgrens}$	<b>mi</b>	<b>Aantal uren per maand <math>mi</math> dat <math>\vartheta_e</math> hoger of gelijk is aan <math>\vartheta_{koelgrens}</math></b>											
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
≥25	0	0	0	0	61	34	71	74	17	0	0	0	0
24	0	0	0	0	88	40	91	87	29	0	0	0	0
23	0	0	0	0	104	50	111	109	40	0	0	0	0
22	0	0	0	0	116	67	143	149	63	3	0	0	0
21	0	0	0	0	126	86	183	199	77	9	0	0	0
20	0	0	0	12	140	119	229	269	97	14	0	0	0
19	0	0	0	22	155	159	295	353	134	28	0	0	0
18	0	0	4	33	183	216	376	450	198	51	0	0	0
17	0	0	11	54	214	306	449	514	276	74	0	0	0
16	0	11	19	66	253	394	525	572	369	126	0	0	0
15	0	20	28	83	301	475	603	625	462	156	1	0	0
≤14	0	35	35	102	367	546	666	658	535	178	19	0	0

OPMERKING 2 Er is in de tabel geen onderscheid gemaakt naar de momenten wanneer deze temperaturen optreden (uur van de dag, dag van de week).

**Tabel 10.7 — Forfaitaire waarden voor het elektrisch opgenomen vermogen van de ventilatoren voor het koudeafgiftesysteem**

<b>Type koudeafgiftesysteem</b>			<b>Vermogen W</b>
Ventilator/ fan $P_{fan}$	Ventilatorconvectoren		10

Als warmte direct uit de geconditioneerde rekenzone  $zi$  wordt onttrokken door directe expansie (verdampend medium in het koudeafgiftesysteem, figuur 10.5, principe 6), dan is het benodigde temperatuurniveau voor het koudeopweksysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  gelijk aan het setpoint van de luchttemperatuur in deze zone:

$$\vartheta_{C,\text{gen};\text{req};\text{out};zi,mi} = \vartheta_{C,\text{int};\text{inc};zi,mi}$$

Als warmte direct uit de luchtstroom van het ventilatiesysteem wordt onttrokken door directe expansie (verdampend medium in een warmtewisselaar in deze luchtstroom, figuur 10.5, principe 6) in een luchtbehandelingskast ( $a_{hu}$ ), dan is het benodigde temperatuurniveau voor het koudeopweksysteem in maand  $mi$  gelijk aan het setpoint van de luchtovertemperatuur in deze zone:

$$\vartheta_{C,\text{gen};\text{req};\text{out};zi,mi} = \vartheta_{SUP;\text{dis};\text{out};zi,mi}$$

$\vartheta_{SUP;\text{dis};\text{out};zi,mi}$  is de luchtovertemperatuur in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ .

Als warmte uit de geconditioneerde rekenzone  $zi$  wordt onttrokken door een niet-verdampend medium gevoed koudeafgiftesysteem, dan is de benodigde intredetemperatuur  $\vartheta_{C;\text{dis};\text{in};\text{flw};\text{req};zi}$  van distributiesysteem  $si$  in maand  $mi$  bij een systeem met constante temperatuurregeling gelijk aan:

$$\vartheta_{C;\text{dis};\text{in};\text{flw};\text{req};zi,mi} = \vartheta_{C;\text{dis};\text{flw};\text{set};zi,mi}$$

waarin:

$\vartheta_{C;\text{dis};\text{flw};\text{set};zi,mi}$  is het setpoint van de intredetemperatuur van het distributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in °C.

De temperatuur van het door het koudeopweksysteem in rekenzone  $zi$  geleverde medium in maand  $mi$  is dan:

$$\vartheta_{C,\text{gen};\text{req};\text{out};zi,mi} = \vartheta_{C;\text{gen};\text{out};\text{set};zi,mi}$$

$$\vartheta_{C;\text{gen};\text{out};\text{set};zi,mi} = \vartheta_{C;\text{dis};\text{flw};\text{set};zi,mi}$$

waarin:

$\vartheta_{C;\text{gen};\text{out};\text{set};zi,mi}$  is het setpoint van de uittredetemperatuur van het koudeopweksysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in °C.

**Tabel 10.8 — Gemiddelde temperatuur van een watergevoerd koudeafgiftesysteem op basis van ontwerptemperaturen in maand  $mi$**

<b>Maand <math>mi</math></b>	<b>Variabele</b> °C	<b>Ontwerptemperatuur koudeafgiftesysteem (<math>\vartheta_{in}/\vartheta_{out}</math>)</b> °C			
		6/12 of onbekend systeem	12/16	12/18	17/21
1-12	$\vartheta_{C;dis;flw;set;zi,mi}$	$6 - \Delta\vartheta_{int;inc;zi}$	$12 - \Delta\vartheta_{int;inc;zi}$	$12 - \Delta\vartheta_{int;inc;zi}$	$17 - \Delta\vartheta_{int;inc;zi}$
	$\vartheta_{in;zi,mi}$				
waarin:					
$\Delta\vartheta_{int;inc;zi}$ is de temperatuurvariatie veroorzaakt door alle temperatuurcorrecties van het koudeafgiftesysteem in rekenzone $zi$ , in K.					

**OPMERKING 3** De waarden in de tabel zijn ook van toepassing voor het conditioneren van lucht in een luchtbehandelingskast ( $a_{hu}$ ) bij watergevoerde systemen (warmtewisselaars).

Indien het afgiftesysteem voor de koelfunctie volledig uit vloerkoeling en/of wandkoeling en/of plafondkoeling bestaat, moet een ontwerptemperatuur van (17 - 21) °C worden aangehouden. Bij een aanvoertemperatuur lager dan 18 °C kan ongewenste condensatie optreden.

Indien de ontwerptemperatuur van het koudeafgiftesysteem niet bekend is, moet een ontwerptemperatuur van (6 - 12) °C worden aangehouden.

## 10.4 Energiegebruik voor het koudedistributiesysteem

### 10.4.1 Principe

Een koudedistributiesysteem kan meerdere typen afgiftesystemen  $si$  hebben.

Het temperatuurniveau van het koudedistributiesysteem is afgestemd op de laagste ontwerptemperatuur van de aangesloten koudeafgiftesystemen  $si$ .

De verliezen van het koudedistributiesysteem worden toegekend aan alle rekenzones naar rato van de oppervlakte  $A_g$  van de rekenzone of de koelvraag van de rekenzones.

Eenpijpssystemen worden benaderd als tweepijpssystemen, omdat deze systemen voor koeling vrijwel niet voorkomen.

### 10.4.2 Berekening van de thermische verliezen van een koudedistributiesysteem

De verliezen van een distributiesysteem zijn gebaseerd op:

- de gemiddelde mediumtemperatuur;
- de omgevingstemperatuur van het distributiesysteem;
- de warmteverstand (isolatie) van de leidingen;

- de lengte van de leidingen, en
- de bedrijfstijd van het distributiesysteem.

Als warmte uit de geconditioneerde rekenzone  $j$  wordt onttrokken door een niet-verdampend medium gevoed koudeafgiftesysteem, dan moet het thermische verlies  $Q_{X,dis,ls}$  van het koudedistributiesysteem worden bepaald volgens 10.5.3 of 10.5.4. Als warmte direct uit de ruimte of direct uit de luchtstroom van het ventilatiesysteem wordt onttrokken door directe expansie (verdampend medium in het koudeafgiftesysteem, figuur 10.5, principe 6), dan worden de verliezen van dit distributiesysteem verwaarloosd.

Indien er een koudebehoefte is in maand  $mi$ , dan wordt het thermische verlies  $Q_{C,dis,ls}$  van de koudedistributiesystemen  $si$  in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  gegeven door:

als:

$$Q_{C;nd;zi,mi} > 0, \text{ dan:}$$

$$Q_{C;dis;ls;zi,mi} = -1 \times \left( \frac{1}{1000} \times \Psi_{zi} \times (\vartheta_{C,mean;zi,mi} - \vartheta_{C,amb;zi,mi}) \times L_{C;zi} \times t_{C;mi} + \frac{1}{1000} \times \Psi_j \times (\vartheta_{C,mean;zi,mi} - \vartheta_{C,amb;j,mi}) \times L_{C;j} \times t_{C;mi} \times \frac{A_{g;zi}}{\sum_{zi} A_{g;zi}} \right) \times f_{gebouw;C} [\text{kWh}] \quad (10.21)$$

anders:

$$Q_{C;dis;ls;zi,mi} = 0$$

De leidinglengte, bepaald volgens de forfataire methode in 10.4.2.3, wordt verdeeld over de rekenzones  $zi$  volgens (10.22). Indien gebruik wordt gemaakt van de werkelijke leidinglengte, moet deze worden gebruikt voor de verdeling over de rekenzones.

$$\begin{aligned} L_{C;zi} &= (L_{C;si;zi\_tot} + L_{C;equi;si;zi}) \times \frac{A_{g;zi}}{\sum_{zi} A_{g;zi}} \\ L_{C;j} &= (L_{C;si;j} + L_{C;equi;si;j}) \\ L_{C;si;zi\_tot} &= \sum_{zi} L_{C;si;zi} = L_{C;si} - L_{C;si;j} \end{aligned} \quad (10.22)$$

waarin:

$zi$  is de index voor de zone;

$\Psi_{zi,j}$  is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$  niet gekoelde ruimte  $j$ , in  $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ;

$\vartheta_{C,amb,zi,mi}$  is de omgevingstemperatuur in rekenzone  $zi$ /niet gekoelde ruimte  $j$  waar het distributiesysteem doorheen loopt in maand  $mi$ , in  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\vartheta_{C,mean;zi,mi}$  is de gemiddelde temperatuur van het koudedistributiesysteem in maand  $mi$ , in  $^{\circ}\text{C}$ ;

$L_{C;si,zi/j}$  is de lengte van de leiding van koudedistributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ /niet gekoelde ruimte  $j$ , in m. Indien niet bekend is welke leidinglengte zich in niet gekoelde

ruimten bevindt, kan hiervoor forfaitair 15 % van de totale leidinglengte  $L_{si}$  worden aangehouden. Leidingen die lopen door een AOR, AOS, kruipruimte, buitenlucht of water moeten alle beschouwd worden als leidingen die lopen door een niet gekoelde ruimte  $j$ ;

$L_{C;equi;si,zi/j}$  is de equivalente lengte van de leiding in de zone voor kleppen, beugels, enz., in m.  $L_{C;equi;si,zi/j}$  wordt bepaald volgens (10.22a) en (10.22b);

$t_{C;mi}$  is de bedrijfstijd voor koeling in maand  $mi$ , in h, volgens tabel 10.6;

$f_{gebouw;C}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie koeling wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie koeling.

$$\text{Voor ongeïsoleerde kleppen, beugels, enz. geldt: } L_{C;equi;si,zi/j} = \frac{0,15}{\Psi_{zi/j}} \cdot L_{C;si,zi/j} \quad (10.22a)$$

$$\text{Voor geïsoleerde kleppen, beugels, enz. geldt: } L_{C;equi;si,zi/j} = \frac{0,03}{\Psi_{zi/j}} \cdot L_{C;si,zi/j} \quad (10.22b)$$

waarin:

$\Psi_{zi/j}$  is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de distributieleiding bepaald volgens 10.4.2.1 of indien gegevens hiervoor ontbreken volgens 10.4.2.2.

**OPMERKING 1** De waarden 0,15 en 0,03 zijn bepaald op basis van NEN-EN 15316-3:2017 en betreffen de forfaitaire waarde van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $\Psi_{zi/j}$  voor de leiding. Hierdoor is het verlies van de kleppen, beugels, enz. een vast aandeel van de leidinglengte.

Voor een geconditioneerde rekenzone geldt:

$$\vartheta_{C,amb,zi,mi} = \vartheta_{C,int,ini,zi} \quad (10.23a)$$

waarin:

$\vartheta_{C,amb,zi,mi}$  is de omgevingstemperatuur van zone  $zi$  in maand  $mi$  waar het betreffende deel van het koudedistributiesysteem doorheen gaat;

$\vartheta_{C,int,ini,zi}$  is de initiële interne temperatuur van rekenzone  $zi$  voor koeling ( $24^{\circ}\text{C}$ ), die is bepaald in 8.9.4.1.

**OPMERKING 2** Om cirkelverwijzingen te voorkomen, betreft  $Q_{C;nd;si;max}$  bij de bepaling van  $\vartheta_{int,op;C,zi,mi}$  de maximale koudebehoefte van systeem  $si$  van alle maanden  $mi$  zonder de terugwinbare verliezen van het desbetreffende distributiesysteem.

Voor een niet-gekoelde aangrenzende ruimte geldt:

$$\vartheta_{C,amb,zi,mi} = \vartheta_{ztu,zi,C,mi} \quad (10.23b)$$

Indien de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimten  $\vartheta_{ztu,gi,zi,H,mi}$  (bepaald volgens formule (7.82)) bekend is (er is een aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR) ingevoerd), dan moet deze worden gebruikt voor het bepalen van het leidingverlies in aangrenzende onverwarmde ruimten (AOR). Indien de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR) niet bekend is (er is

geen aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR) ingevoerd), dan geldt voor de bepaling van het leidingverlies in de aangrenzende onverwarmde ruimte voor de functie koeling een temperatuur  $\vartheta_{ztu;gi,zi;H,mi}$  van 19 °C.

waarin:

$\vartheta_{C,amb,zi,mi}$  is de omgevingstemperatuur van zone  $zi$  in maand  $mi$  aangrenzend aan de verwarmde of gekoelde zone  $zi$  waar het betreffende deel van het koudedistributiesysteem doorheen gaat;

$\vartheta_{e,mi}$  is de maandgemiddelde buitentemperatuur in maand  $mi$ ;

$\vartheta_{ztu,zi,C,mi}$  is de maandgemiddelde temperatuur in maand  $mi$  van de niet gekoelde aan zone  $zi$  grenzende ruimte in maand  $mi$ , bepaald volgens 7.9.7.

Indien niet bekend is welke leidinglengte zich in niet-gekoelde ruimten bevindt, kan hiervoor forfaitair 15 % van de totale leidinglengte worden aangehouden.

De gemiddelde mediumtemperatuur  $\vartheta_{C,mean,zi,mi}$  in het koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  wordt bij een systeem met constante temperatuurregeling bepaald uit tabel 10.8.

De gemiddelde mediumtemperatuur  $\vartheta_{C,mean,si,mi}$  in het koudedistributiesysteem  $si$  in maand  $mi$  wordt bepaald door:

$$\vartheta_{C,mean,zi,mi} = \frac{\vartheta_{C,in,zi,mi} + \vartheta_{C,out,zi,mi}}{2} \quad [^\circ\text{C}] \quad (10.23c)$$

$$\vartheta_{C,in,zi,mi} = \vartheta_{C,dis,in,flw,req,si,mi}$$

$$\vartheta_{C,out,zi,mi} = \vartheta_{C,dis,in,flw,req,si,mi}$$

waarin:

$\vartheta_{C,mean,zi,mi}$  is de gemiddelde temperatuur in koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in °C;

$\vartheta_{C,in,zi,mi}$  is de gemiddelde intredetemperatuur van het medium in het koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in °C;

$\vartheta_{C,out,zi,mi}$  is de gemiddelde uitredetemperatuur van het medium van het koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in °C.

#### 10.4.2.1 Berekening van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt $\Psi$ van distributieleidingen

De lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $\Psi$  van distributieleidingen, inclusief de convectie en straling aan de buitenzijde, moet, als de benodigde gegevens bekend zijn, worden bepaald met formule (10.24), 10.25 of 10.26, afhankelijk van de constructie. Indien de benodigde gegevens niet bekend zijn, wordt de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $\Psi$  van distributieleidingen bepaald volgens 10.4.2.2.

Voor geïsoleerde leidingen, omringd met lucht, inclusief de convectie en straling, wordt de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $\Psi$  aan de buitenzijde van de isolatie van het systeem in rekenzone  $zi$  bepaald met:

$$\Psi_{zi} = \frac{\pi}{\left( \frac{1}{2 \cdot \lambda_{D,zi}} \cdot \ln \frac{d_{a,zi}}{d_{i,zi}} + \frac{1}{h_{a,zi} \cdot d_{a,zi}} \right)} \quad [W/m \cdot K] \quad (10.24)$$

waarin:

- $d_{i,zi}, d_{a,zi}$  is de binnendiameter zonder isolatie en buitendiameter inclusief isolatie van de leidingen van het distributiesysteem in rekenzone  $zi$ , in m;
- $h_{a,zi}$  is de totale warmtetransmissiecoëfficiënt aan het buitenoppervlak (convectief en straling) van het distributiesysteem in rekenzone  $zi$ , in  $W/(m^2K)$ ;
- $\lambda_{D,zi}$  is de thermische geleiding van het isolatiemateriaal van het distributiesysteem in rekenzone  $zi$ , in  $W/m \cdot K$ .

Bij berekening van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt wordt voor de transmissiecoëfficiënt (convectie en straling)  $h_{a,zi}$  van het distributiesysteem een waarde van  $h_{a,zi} = 8 [W/(m^2K)]$  gebruikt, tenzij aantoonbaar een andere waarde van toepassing is.

Voor geïsoleerde leidingen ingebed in de bouwconstructie wordt de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $\Psi$  aan de buitenzijde van de isolatie per rekenzone  $zi$  bepaald met:

$$\Psi_{zi} = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \left[ \frac{1}{\lambda_{D,zi}} \times \ln \frac{d_{a,zi}}{d_{i,zi}} + \frac{1}{\lambda_{em,zi}} \times \ln \frac{4 \times z_{zi}}{d_{a,zi}} \right]} \quad [W/m \cdot K] \quad (10.25)$$

waarin:

- $d_{i,zi}, d_{a,zi}$  is de binnendiameter zonder isolatie en buitendiameter inclusief isolatie van de leidingen van het distributiesysteem in rekenzone  $zi$ , in m;
- $h_{a,zi}$  is de totale warmtetransmissiecoëfficiënt aan het buitenoppervlak (convectief en straling) van het distributiesysteem, in  $W/(m^2K)$ ;
- $\lambda_{D,zi}$  is de thermische geleiding van het isolatiemateriaal van het distributiesysteem in rekenzone  $zi$ , in  $W/(m \cdot K)$ ;
- $z_{zi}$  is de diepte van de leiding van het distributiesysteem in de vloer, de wand of het plafond gemeten vanaf de oppervlakte hiervan in rekenzone  $zi$ , in m;
- $\lambda_{em,zi}$  is de thermische geleiding van het materiaal waarin de leidingen van het distributiesysteem zijn ingebed in rekenzone  $zi$ , in  $W/(m \cdot K)$ .

Voor niet-geïsoleerde leidingen wordt de warmtedoorgangscōefficiēnt  $\Psi$  gegeven door:

$$\Psi_{zi} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \times \lambda_{p;zi}} \times \ln \frac{d_{p,a;zi}}{d_{p,i;zi}} + \frac{1}{h_{a;zi} \times d_{p,a;zi}}} \quad [W/m \cdot K] \quad (10.26)$$

waarin:

- $d_{p,l;zi}, d_{p,a;zi}$  is de binnen- en buitendiameter van de leiding van het distributiesysteem in rekenzone  $zi$ , in m;
- $\lambda_{p;zi}$  is de thermische geleiding van het leidingmateriaal van het distributiesysteem in rekenzone  $zi$ , in  $W/m \cdot K$ ;
- $h_{a;zi}$  is de totale warmtetransmissiecoëfficiēnt aan het buitenoppervlak (convectief en straling) van het distributiesysteem, in  $W/(m^2K)$ .

#### 10.4.2.2 Forfataire waarden voor de lineaire warmtedoorgangscōefficiēnt $\Psi$ van de leidingen van het distributiesysteem

Indien geen gegevens beschikbaar zijn voor de bepaling van de lineaire warmtedoorgangscōefficiēnt  $\Psi$  volgens 10.3.3.1, mogen forfataire waarden worden gebruikt. Voor iedere sectie van het distributiesysteem zijn de forfataire waarden voor de lineaire warmtedoorgangscōefficiēnt  $\Psi$  van een distributiesysteem in relatie tot de classificatie van het gebouw, gegeven in tabel 10.9.

**Tabel 10.9 — Forfataire waarden voor de lineaire warmtedoorgangscōefficiēnt  $\Psi$  van de leidingen van het distributiesysteem in nieuwe en bestaande gebouwen**

	$\Psi$ [W/m · K]
	Sectie $L_s, L_v$ en $L_A$ (verticale en horizontale distributie)
<b>Geïsoleerde leidingen</b>	
1995 tot heden – aangenomen dat de isolatiedikte ongeveer overeenkomt met de externe diameter van de leiding	0,3
1980 tot 1995 – aangenomen dat de isolatiedikte ongeveer overeenkomt met de helft van de buitenste leidingdiameter	0,4
Voor 1980 – aangenomen dat de leiding niet is geïsoleerd. Deze waarde geldt ook als de leeftijdsklasse onbekend is, maar de leidingen wel zijn geïsoleerd	0,4
<b>Niet-geïsoleerde leidingen</b> ( $A_g$ is de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op de collectieve gebouw-installatie $si$ voor de functie koeling, bepaald volgens 6.6.7)	
$A_g \leq 200 \text{ m}^2$	1,0
$200 \text{ m}^2 < A_g \leq 500 \text{ m}^2$	2,0
$A_g > 500 \text{ m}^2$	3,0

**OPMERKING** Wanneer het gebouw individuele installaties bevat, is  $A_g$  de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op de individuele verwarmingsinstallatie  $si$ .

### 10.4.2.3 Bepaling leidinglengte koudedistributiesysteem

De leidinglengte  $L_{si}$  is nodig om de verliezen van het koudedistributiesysteem in formules te bepalen. Er mag gebruik worden gemaakt van onderstaande forfaitaire bepalingsmethoden voor de bepaling van de leidinglengte.

Voor zowel de categorie utiliteitsbouw als de categorie woningbouw mag voor de lengte van de leidingdelen gebruik worden gemaakt van de werkelijk leidinglengte. Daarnaast mag er forfaitair gebruik worden gemaakt van de onderstaande bepalingsmethode voor de bepaling van de (totale) leidinglengte en maximale leidinglengte van het systeem.

$$L_{si} = 0.64 \cdot A_g$$

$$L_{\max;si} = 35 + 6 \cdot n_{si} + 0,13 \cdot A_g / n_{si} \quad (10.27)$$

waarin:

$L_{si}$  is de leidinglengte;

$L_{\max;si}$  is de maximale leidinglengte van het koudeopweksysteem tot de verst gelegen koudeafgifte-unit;

$A_g$  is de gebruiksoppervlakte;

$n_{si}$  is het aantal bouwlagen dat is aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie koeling van het gebouw als geheel waarbij  $n$  een minimale waarde heeft van 1.

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie koeling van het gebouw als geheel, geldt in bovenstaande formule:

$$A_g = A_{g;\text{gebouw};C}$$

waarin:

$A_{g;\text{gebouw};C}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie koeling.

### 10.4.2.4 Berekening van de hulpenergie van het koudedistributiesysteem

De berekening van het hulpenergiegebruik van het distributiesysteem is gebaseerd op:

- het ontwerpvermogen van de circulatiepompen;
- het drukverschil in het koudedistributiesysteem bij het ontwerppunt;
- de volumestroom;
- de energiefactor van de circulatiepomp in het werk punt, en
- de bedrijfstijd.

Hierbij wordt uitgegaan van modulerende pompen die continu in bedrijf zijn bij een koudebehoefte (10.4.2.4.1).

Indien de hulpenergie van de circulatiepomp geen integraal onderdeel is van de in 10.5.2 bepaalde hulpenergie of indien er naast de hoofdcirculatiepomp nog additionele pompen worden toegepast, moet de hulpenergie voor de pomp van het distributiesysteem worden bepaald volgens 10.4.2.4. In alle andere gevallen geldt  $W_{C;\text{aux};\text{dis};\text{si},\text{mi}} = 0$ .

Voor beide bedrijfswijzen geldt dat de hoeveelheid hulpenergie in een maand zonder koudebehoefte ( $Q_{C;\text{gen};\text{in};\text{si},\text{mi}} = 0$ ) op 0 wordt gesteld.

**OPMERKING** Om cirkelverwijzingen te voorkomen is  $Q_{C;\text{gen};\text{in};\text{si},\text{mi}}$  hier de koudebehoefte van systeem  $si$  van maand  $mi$  zonder de terugwinbare verliezen van het desbetreffende distributiesysteem.

De hydraulisch benodigde hoeveelheid energie  $W_{C,\text{dis},\text{hydr};\text{dis};\text{si},\text{mi}}$  van distributiesysteem  $si$  wordt berekend door:

$$W_{C,\text{dis},\text{hydr};\text{dis};\text{si},\text{mi}} = P_{C,\text{hydr},\text{dis};\text{si}} \cdot \beta_{C,\text{dis};\text{si}} \cdot t_{C;\text{mi}} \cdot f_{C,\text{corr};\text{si}} \quad [\text{kWh}] \quad (10.28)$$

$$\beta_{C,\text{dis};\text{si}} = 1$$

waarin:

$P_{C,\text{hydr},\text{dis};\text{si}}$  is het hydraulisch vermogen distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , in kW;

$\beta_{C,\text{dis};\text{si}}$  is de deellast van het distributiesysteem;

$t_{C;\text{mi}}$  is de bedrijfstijd van het systeem in maand  $mi$ , in h;

$f_{C,\text{corr};\text{si}}$  is de correctiefactor voor de ontwerpomstandigheden van distributiesysteem  $si$ .

$$f_{C,\text{corr};\text{si}} = f_{HB;\text{si}} \cdot f_{\text{special};\text{si}} \cdot f_{C;\text{red};\text{pmpop};\text{zi}} \quad (10.29)$$

$$f_{\text{special}} = 1$$

waarin:

$f_{HB;\text{si}}$  is de correctiefactor voor waterzijdig inregelen van distributiesysteem  $si$ ;

$f_{\text{special};\text{si}}$  is een speciale factor voor het systeemontwerp;

$f_{C;\text{red};\text{pmpop};\text{zi}}$  is het relatieve deel dat de circulatiepomp in bedrijf is, volgens tabel 10.10.

**Tabel 10.10 — Relatieve deel dat de circulatiepomp in bedrijf is**

Situatie/omstandigheid	$f_{C;\text{red};\text{pmpop};\text{zi}}$
Woonfunctie met een individuele installatie	0,10
In alle andere gevallen	1,0

**OPMERKING 1** Bij meerdere in serie geplaatste pompen worden deze met deze methodiek als 1 pomp beschouwd uitgaande van het drukverschil van de totale installatie en de maximale volumestroom.

**OPMERKING 2** Bij toepassing van een additionele circulatiepomp wordt ervan uitgegaan dat dit een pomp met pompregeling betreft.

**Tabel 10.11 — Factor voor waterzijdig inregelen**

Correctiefactor voor waterzijdig inregelen	$f_{HB;si}$
Hydraulisch gebalanceerd koudedistributiesysteem <sup>a</sup>	1,00
Geen of onbekende waterzijdige inregeling van het koudedistributiesysteem	1,15
<sup>a</sup> Uitgevoerde waterzijdige inregeling met een verklaring voor waterzijdig inregelen volgens NEN-EN 14336. Bij afwezigheid van een verklaring wordt de waarde voor 'Geen waterzijdig inregelen' aangehouden.	

Het hydraulische ontwerpvermogen van de circulatiepomp  $P_{C,hydr,dis}$  in kW wordt bepaald met een minimale waarde van 0,01:

$$P_{C,hydr,dis;si} = \text{MAX} \left[ \frac{\Delta p_{C,dis;si} \times \dot{V}_{C,dis;si}}{3600}; 0,01 \right] \quad (10.30)$$

waarin:

$\Delta p_{C,dis;si}$  is het drukverschil in distributiesysteem  $si$  bij het ontwerppunt, in kPa;

$\dot{V}_{C,dis;si}$  is de volumestroom van distributiesysteem  $si$  bij het ontwerppunt, in m<sup>3</sup>/h.

Het drukverschil in een leidingsysteem  $si$   $\Delta p_{C,dis;si}$  in kPa wordt bepaald door:

$$\Delta p_{C,dis;si} = (1 + f_{comp;si}) \times R_{C,max;si} \times L_{max;si} + \Delta p_{C,add;si} \quad (10.31)$$

waarin:

$f_{comp;si}$  is de weerstandsverhouding van componenten in distributiesysteem  $si$ ;

$R_{W,max;si}$  is het drukverlies per meter lengte van distributiesysteem  $si$ , in kPa/m;

$L_{max;si}$  is de maximale lengte van distributiesysteem  $si$ , in m, volgens 10.4.2;

$\Delta p_{C,add;si}$  is de som van de aanwezige additionele weerstanden  $\Delta p_{C,add;j}$  volgens tabel 10.12, van het koudeafgifte- en/of opweksysteem, in kPa.

De weerstandsverhouding tussen de verschillende componenten van het distributiesysteem (o.a. kleppen, overgangen, fittingen) wordt uitgedrukt in de factor  $f_{comp;si}$ . Voor  $f_{comp;si}$  wordt de volgende waarde aangehouden:

$$f_{comp;si} = 0,4$$

$R_{C,max;si} = 0,1$  kPa/m is geldig voor een standaard distributiesysteem voor koudetransport.

Om de hydraulische weerstand van de koudeopwekker, warmtemeters en het koudeafgitesysteem in de berekening van distributiesysteem  $si$  te betrekken, wordt variabele  $\Delta p_{C,add;si}$  gebruikt, die gelijk is aan de som van de aanwezige typen van additionele weerstanden,  $\Delta p_{H,add;j}$ , zoals gegeven in tabel 10.12.

**OPMERKING** Voor de vereenvoudiging is ervan uitgegaan dat bij een tweepijpssysteem de weerstand van de parallel geschakelde groepen identiek is (uit dezelfde componenten bestaat). De in de tabel 9.21 gegeven drukverschillen zijn de drukverschillen van de componenten bij de toegepaste volumestroom.

**Tabel 10.12 — Additionele weerstanden**

Soort additionele weerstand	$\Delta p_{C;add;si}$ kPa
<b>Koudeafgiftesysteem</b>	
Ventilatorconvector	2
Vloer-, wand- en/of plafondkoeling	4,5
<b>Warmtemeter</b>	10
<b>Opwekker</b>	$\Delta p = 360 * (1 / (\vartheta_{out} - \vartheta_{in}))^2$

waarin:

$\vartheta_{out}$  is de ontwerpuitredetemperatuur van het koudeafgiftesysteem uit tabel 10.8;  
 $\vartheta_{in}$  is de ontwerpintredetemperatuur van het koudeafgiftesysteem uit tabel 10.8.

De volumestroom wordt indien niet bekend uit het ontwerp en de situatie bepaald door:

$$\dot{V}_{C,dis;si} = \frac{Q_{C,nd;si;\max}}{t_{C,mi} \times c_p \times \Delta \vartheta_{C,min;zi} \times \rho_{si} \times f_{gebouw;C}} \times 3600 \quad (10.32)$$

$$\Delta \vartheta_{C,min;zi} = \text{Min}(\vartheta_{C,out;zi;si} - \vartheta_{C,in;zi;si}) \quad (10.32b)$$

waarin:

$\dot{V}_{C,dis;si}$  is de volumestroom van distributiesysteem  $si$  bij het ontwerp punt, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$Q_{C,nd;si;\max}$  is de maximale koudebehoefte van de som van de rekenzones  $zi$  die op systeem  $si$  zijn aangesloten van alle maanden  $mi$ , in  $\text{kWh}$ ;

$t_{C,mi}$  is de langste bedrijfstijd van de rekenzones  $zi$  die op het koelsysteem zijn aangesloten in de maand  $mi$  met de hoogste koudebehoefte, volgens tabel 10.6), in  $\text{h}$ ;

$c_p$  is de specifieke warmte van het medium in het koudedistributiesysteem, voor water  $4,2 \text{ kJ/kg}$ ;

$\Delta \vartheta_{H,min;zi}$  is het kleinste temperatuurverschil van de rekenzones  $zi$  bediend door systeem  $si$ ;

$\vartheta_{C,out;zi;si}$  is de ontwerpuitredetemperatuur van het koudeafgiftesysteem van de rekenzones  $zi$  bediend door systeem  $si$ , volgens tabel 10.8, in  $^\circ\text{C}$ ;

$\vartheta_{C,in;zi;si}$  is de ontwerpintredetemperatuur van het koudeafgiftesysteem van de rekenzones  $zi$  bediend door systeem  $si$ , volgens tabel 10.8, in  $^\circ\text{C}$ ;

- $\rho_{si}$  is de soortelijke massa van het medium dat door systeem  $si$  stroomt, voor water 1 000 kg/m<sup>3</sup> bij 4 °C, in kg/m<sup>3</sup>;
- 3 600 is het aantal seconden per uur voor de omrekening van m<sup>3</sup>/s naar m<sup>3</sup>/h;
- $f_{gebouw;C}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie koeling wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwindstallatie  $si$  voor de functie koeling.

**OPMERKING** Om cirkelverwijzingen te voorkomen, betreft  $Q_{C,nd;si,max}$  hier de maximale koudebehoefte van systeem  $si$  van alle maanden  $mi$  zonder de terugwinbare verliezen van het desbetreffende distributiesysteem.

Indien geldt  $t_{C,mi} = 0$  voor de maand met de hoogste koudebehoefte  $Q_{C,nd;si,max}$ , moet het aantal bedrijfsuren  $t_{C,mi}$  van de opvolgende maand respectievelijk de vorige maand waarvoor geldt  $t_{C,mi} > 0$  worden aangehouden.

Indien het werkelijke vermogen bekend is van de distributiepomp die niet is voorzien van een energielabel, moeten deze waarden worden gebruikt. Voor bestaande distributiesystemen  $si$ , voorzien van pompen met een energielabel, moet het op het energielabel gegeven vermogen van de pomp  $P_{el,pmp;si}$  worden gebruikt. De energiefactor wordt dan:

$$f_{C,e;si} = \frac{P_{el,pmp;si}}{P_{C,hydr,dis;si}} \quad [ - ] \quad (10.33)$$

waarin:

- $P_{el,pmp;si}$  is het vermogen gegeven op het energielabel van een geïnstalleerde of volgens ontwerpspecificaties te installeren distributiepomp van distributiesysteem  $si$  (bij het toerental waarop de pomp is ingesteld), in kW;
- $P_{C,hydr,dis;si}$  is het hydraulisch vermogen distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , in kW.

Als het werkelijke vermogen van de distributiepomp in de verschillende bedrijfstoestanden niet bekend is, wordt voor pompen met een  $P_{C,hydr} < 2,5$  kW de energiefactor voor de distributiepomp  $f_{C,e;si}$  bepaald door:

$$f_{C,e;si} = \frac{P_{C,ref;si}}{P_{C,hydr,dis;si}} \quad [ - ] \quad (10.34)$$

waarin:

- $P_{C,ref;si}$  is het referentievermogen van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , in kW;
- $P_{C,hydr,dis;si}$  is het hydraulisch vermogen distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , in kW.

Voor (natte) distributiepompen met een hydraulisch vermogen  $0,001 < P_{C,hydr,dis} < 2,5$  kW is het referentievermogen  $P_{C,ref;si}$  in kW:

$$P_{C,ref;si} = 1,7 \times P_{C,hydr,dis;si} + 17 \times \frac{\left(1 - e^{-0,3 \cdot P_{C,hydr,dis;si} \times 1000}\right)}{1000} \quad (10.35)$$

waarin:

$P_{C,hydr,dis;si}$  is het hydraulisch vermogen distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , in kW.

Voor pompen met een  $P_{C,hydr} \geq 2,5$  kW wordt de energiefactor voor de distributiepomp  $f_{C,e;si}$  bepaald volgens:

$$f_{C,e;si} = \left( 1,25 + \left( \frac{0,2}{P_{C,hydr,dis;si}} \right)^{0,5} \right) \times b \quad [ \cdot ] \quad (10.36)$$

waarin:

$P_{C,hydr,dis;si}$  is het hydraulisch vermogen distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , in kW;

$b$  is de factor voor het pomponentwerp,  $b = 2$ .

#### 10.4.2.4.1 Hulpenergie van het distributiesysteem

De hoeveelheid hulpenergie  $W_{C,dis;zi}$  in kWh van distributiesysteem in rekenzone  $zi$  wordt bepaald door:

$$W_{C,aux,dis;zi,mi} = W_{C,dis,hydr,si,mi} \times \varepsilon_{C,dis,si} \times \frac{A_{g,zi}}{\sum_{zi} A_{g,zi}} \times f_{gebouw,C} \quad (10.37)$$

$$W_{C,aux,dis,mi} = \sum_{zi} W_{C,aux,dis,zi,mi}$$

waarin:

$\varepsilon_{C,dis,si}$  is de energiefactor van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ ;

$W_{C,aux,dis,zi,mi}$  is de hoeveelheid benodigde hulpenergie van koudedistributiesysteem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh;

$f_{gebouw,C}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie koeling wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie koeling.

$W_{C,dis,hydr,si,mi}$  is de hoeveelheid benodigde hulpenergie op basis van de hydraulische weerstand van koudedistributiesysteem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 10.4.2.4.

De energiefactor voor de distributiepomp  $\varepsilon_{C,dis}$  van distributiesysteem  $si$  wordt gegeven door:

$$\varepsilon_{C,dis,si} = f_{C,e,si} \cdot (C_{P1,si} + C_{P2,si} \cdot \beta_{C,dis,si}^{-1}) \cdot \frac{EEI_{si}}{0,25} \quad (10.38)$$

$\beta_{C,dis,si} = 1$

waarin:

$f_{C,e,si}$  is de efficiëntiefactor van distributiesysteem  $si$ ;

- $C_{P1;si}$  is constant, afhankelijk van het regelsysteem van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , volgens tabel 10.13;
- $C_{P2;si}$  is constant, afhankelijk van het regelsysteem van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ , volgens tabel 10.13;
- $\beta_{C,dis;si}$  is de deellast van het distributiesysteem;
- $EEI_{si}$  is de energie-efficiëntie-index van de pomp van distributiesysteem  $si$ .

Als de  $EEI_{si}$  bepaald volgens EU-regeling nr. 622/2012 bekend is, moet deze waarde worden gebruikt. Indien het distributiesysteem  $si$  van meerdere pompen met een bekende  $EEI_{si}$  is voorzien, moet de  $EEI_{si}$  worden bepaald door het gewogen rekenkundig gemiddelde van  $EEI$  op basis van het maximale vermogen ( $P_{el,pmp}$ ) van deze pompen. In andere gevallen geldt voor pompen met  $P_{C,hydr;dis} < 2,5 \text{ kW}$ :  $EEI_{si} = 0,23$ . Voor alle andere distributiepompen met  $P_{C,hydr;dis} \geq 2,5 \text{ kW}$  moet voor de  $EEI_{si}$  de waarde  $EEI_{si} = 0,25$  worden aangehouden.

**Tabel 10.13 — Constanten  $C_{P1;si}$  en  $C_{P2;si}$  voor de distributiepompen van het distributiesysteem**

<b>Pompregeling HEAT_DISTR_CTRL_PMP</b>	$C_{P1;si}$	$C_{P2;si}$
Voor alle type regelingen (distributiepomp niet geregeld, distributiepomp frequentie geregeld op basis van een constant drukverschil of onbekende regeling)	0,25	0,75

#### 10.4.3 Terugwinbare energie van het koudedistributiesysteem

De terugwinbare thermische verliezen van het koudedistributiesysteem  $Q_{C,dis,rbl;zi}$  zijn gelijk aan de verliezen van het koudedistributiesysteem.

Het terugwinbare verlies van het distributiesysteem in rekenzone  $zi$  in kWh is:

$$Q_{C,dis,rbl;zi,mi} = MAX \left[ f_{C,dis,rbl} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \Psi_{zi} \cdot (\vartheta_{C,amb,zi,mi} - \vartheta_{C,mean,zi,mi}) \cdot L_{C,zi} \cdot t_{C,mi} \cdot f_{gebouw,C}; 0 \right] \quad (10.43)$$

waarin:

- $Q_{C,dis,rbl;zi,mi}$  zijn de terugwinbare verliezen van het koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $\Psi_{zi}$  is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van distributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ ,  $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ;
- $\vartheta_{C,amb,zi,mi}$  is de omgevingstemperatuur in rekenzone  $zi$  waar het distributiesysteem doorheen loopt in maand  $mi$ , in  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\vartheta_{C,mean,zi,mi}$  is de gemiddelde temperatuur van het koudedistributiesysteem in maand  $mi$ , in  $^{\circ}\text{C}$ ;

- $L_{C,zi}$  is de lengte van de leiding van koudedistributiesysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in m;
- $t_{C,mi}$  is de bedrijfstijd voor koeling in maand  $mi$ , in h, volgens tabel 10.6;
- $f_{gebouw;C}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie koeling wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie koeling.

$$Q_{C,dis;aux;rb;zi,mi} = f_{C,dis;aux;rb} \times W_{C,aux;dis;zi,mi} \quad (10.44)$$

waarin:

- $Q_{C,dis;aux;rb;zi,mi}$  zijn de terugwinbare verliezen van de hulpenergie van het koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $f_{C,dis;aux;rb}$  is de factor voor de terugwinbare hulpenergie van het koudedistributiesysteem in maand  $mi$ ;
- $W_{C,aux;dis;si,mi}$  is de hulpenergie van het koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $f_{gebouw;C}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie koeling wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie koeling.

**OPMERKING** Uitgangspunt is dat de thermische energie die door de distributiepomp aan de ruimte wordt afgegeven, bij grotere systemen,  $A_g > 500 \text{ m}^2$ , in een aangrenzende ruimte (technische ruimte) is opgesteld en bij kleinere koelsystemen wordt verwaarloosd. De koudeopwekkers worden veelal buiten opgesteld en de thermisch overgedragen energie door de distributiepomp betreft een geringe energiestroom.

In formule (10.43) is  $f_{C,dis;rb} = 0,5$  voor niet-geïsoleerde leidingen in een niet geïsoleerde externe muur of in een niet-geïsoleerde vloer (die onderdeel is van de thermische schil). In alle andere gevallen geldt:

$$f_{C,dis;rb;mi} = 1$$

**OPMERKING 1** Thermische verliezen in niet-gekoelde ruimten zijn niet terugwinbaar.

**OPMERKING 2**  $f_{C,dis;rb;mi} = 1$  houdt in dat alle thermische verliezen van het distributiesysteem terugwinbaar zijn.

**Tabel 10.14 — Factor voor de terugwinbare hulpenergie in formule (10.45)**

Factor voor de terugwinbare hulpenergie	$f_{C,dis;aux;rb}$
Vaste waarde onafhankelijk van het type pomp	0,10

De teruggewonnen fractie van de hulpenergie van de pompen van het koudedistributiesysteem in kWh die in het systeem komt, verhoogt de koudebehoefte voor de koudeopwekker met:

$$Q_{C,dis;rvd;zi,mi} = (1 - f_{C,dis;aux;rb}) \cdot W_{C,dis;aux;zi,mi} \quad (10.45)$$

waarin:

$f_{C,dis;aux;rl}$  is de factor voor de terugwinbare hulpenergie van het koudedistributiesysteem in maand  $mi$ ;

$W_{C,dis;aux;zi,mi}$  is de hulpenergie van het koudedistributiesysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh.

## 10.5 Energiegebruik voor de opwekking van koude

### 10.5.1 Principe

Voor gebouwen of gebouwdelen zonder koelsysteem wordt een koelbehoefte bepaald. Daarna wordt het energiegebruik voor koeling in de zomerperiode bepaald met een forfaitaire waarde voor het opwekkingsrendement. Dat is afgeleid van het opwekkingsrendement van een mechanisch koelsysteem met elektrische aandrijving.

Het maandelijkse energiegebruik voor koeling wordt voor elk systeem bepaald uit de koudebehoefte voor koeling in de desbetreffende rekenzone(s) exclusief de voor ontvochtiging benodigde energie en de verliezen van het koudeopweksysteem.

Het energiegebruik door centrale voorbehandeling van ventilatielucht in bijv. een luchtbehandelingssysteem (voelbare koude en eventuele ontvochtiging) wordt toegevoegd aan het energiegebruik voor de koudedistributie.

Elke koudeopwekker wordt door één soort energiedrager gevoed.

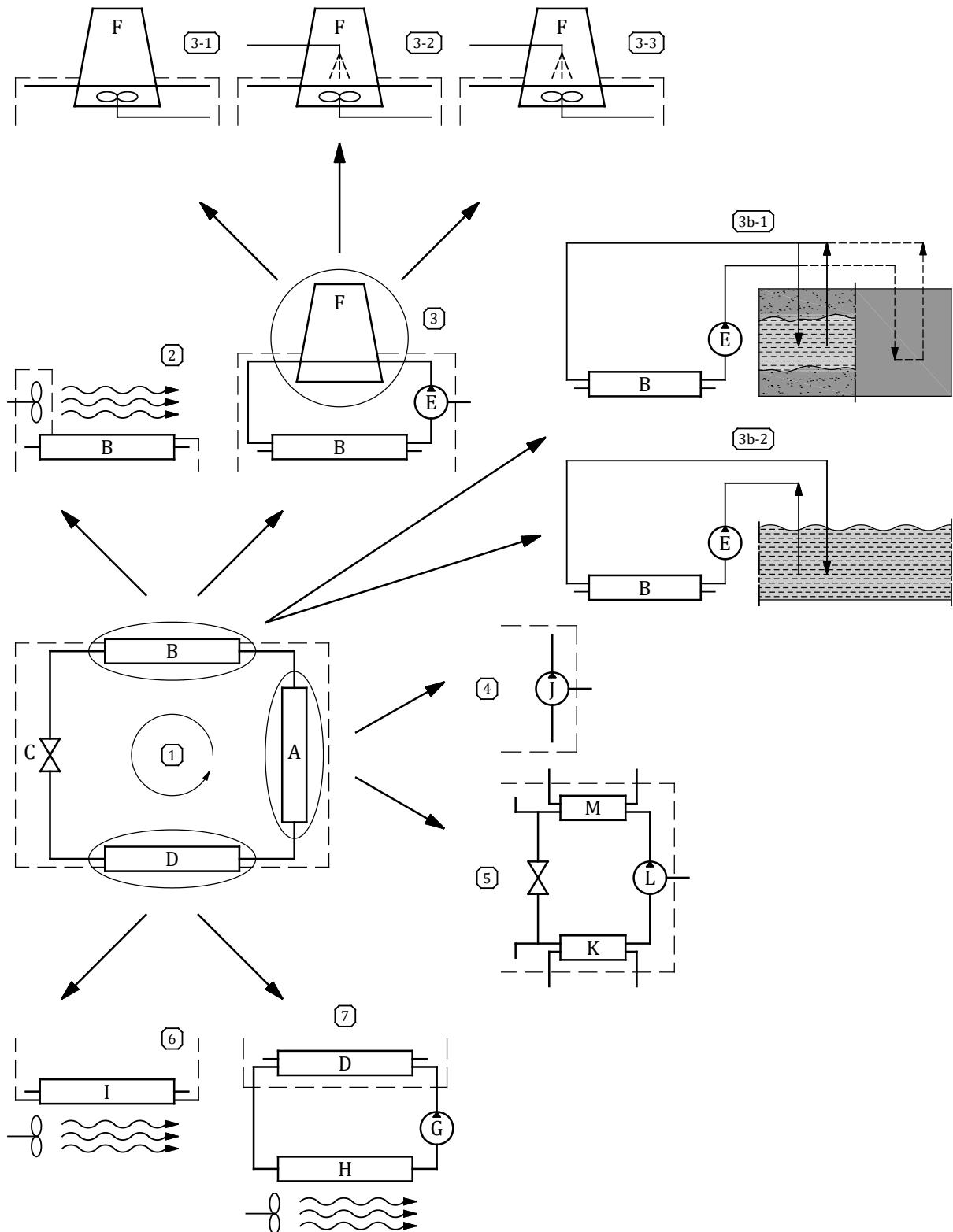
De rekenmethode beschouwt alle relevante onderdelen van het thermodynamische koelcircuit met speciale nadruk op:

- koudeopwekker (compressie- en absorptietype);
- condensorwarmteafgiftesystemen (nat, droog en hybride koeltorens), en
- regelingen.

Voor de bepaling van de energie-efficiëntiefactor zijn drie methoden beschikbaar:

- 1) een methode op basis van meetgegevens van de koudeopwekker volgens NEN-EN 14825 en een temperatuur- en deellastverdeling per maand;
- 2) een eenvoudige methode op basis van meetgegevens van de koudeopwekker volgens de NEN-EN 14511-reeks en maandgemiddelde temperaturen;
- 3) een eenvoudige methode indien geen gegevens beschikbaar zijn van de koudeopwekker volgens NEN-EN 14511 of NEN-EN 14825 op basis van een jaargemiddelde energie-efficiëntie *EER*.

De systeemopties voor de koudeopwekker die in deze NTA worden beschreven, zijn weergegeven in figuur 10.5.



**Legenda**

A aandrijfsysteem	1 schematische voorstelling koudeopwekker
B condensor	2 luchtgekoelde condensor
C expansieklep	3 watergekoelde condensor
D verdamper	3-1 droge koeltoren
E koelwaterpomp	3b-1 WKO-systeem met bodemwarmtewisselaar
F koeltoren	3-2 natte koeler (koeltoren)
G gekoeldwaterpomp	3b-2 koeling via oppervlaktewater
H koudeafgifte (van gekoeld water)	3-3 hybride koeltoren
I koudeafgifte (van de koelmachine, DX)	4 compressiesysteem
J compressor	5 absorptiesysteem
K absorber	6 directe expansie (DX)
L oplosmiddelpomp	7 koeler (indirect expansie)
M regenerator	

**Figuur 10.5 — Schematische voorstelling van de koudeopweksystemen**

De methode omvat alle relevante onderdelen van de koudeopwekking met speciale aandacht voor:

- het type koudeopwekker (mechanische, compressieve en absorptiesystemen);
- afvoer van condensorwarmte (natte en droge koeltorens alsmede hybride systemen), en
- regeling van de koudeopwekker.

Een distributienet *dis* wordt door één koudeopweksysteem *si* gevoed.

De totale koudeopwekking kan bestaan uit verschillende koudeopweksystemen *si*.

Een koudeopweksysteem *si* kan uit meerdere koudeopwekkers *gi* bestaan. Elke koudeopwekker wordt door één soort energiedrager gevoed.

Een koudeopweksysteem *si* is gekoppeld aan één condensorwarmteafgiftesysteem *hr*.

Binnen een koudeopweksysteem *si* zijn de operationele temperaturen voor alle koudeopwekkers *gi* gelijk.

Koudeopwekking:  
 $EER_{mi} E_{C,mi} Q_{C,mi} W_{C,aux;mi} Q_{H;C;gen;abs;mi}$

Koudeopweksysteem in rekenzone *zi*:  
 $EER_{zi,mi} E_{C,zi;mi} Q_{C,zi;mi} W_{C,aux;zi;mi} Q_{H;C;gen;abs;zi;mi}$

Koudeopwekker *gi*:  
 $EER_{zi;gi;mi} E_{C,zi;gi;mi} Q_{C,zi;gi;mi} W_{C,aux;zi;gi;mi} Q_{H;C;gen;abs;zi;gi;mi}$

**Figuur 10.6 — Koudeopwekking**

### 10.5.2 Maandelijkse energiebehoefte voor de koudeopwekking

De hoeveelheid gebruikte elektrische energie in maand  $mi$  ten behoeve van de energiefunctie koeling, is gelijk aan de som van de energie die per maand wordt aangeleverd aan alle rekenzones  $zi$ :

als:

GEN\_TYPE = COMP

$$E_{C;gen;el;in;mi} = \sum_{zi} E_{C;gen;el;in;zi,mi} \quad (10.46)$$

als:

$$Q_{H;C;gen;abs;in;mi} = \sum_{zi} Q_{H;C;gen;abs;in;zi;mi} \quad (10.47)$$

De bijbehorende (elektrische) hulpenergie, over de betrokken systemen van rekenzones  $zi$  (systeemdeel exclusief opwekking) en, per systeem, alle betrokken opwekkers  $gi$  (opwekkersdeel  $gen$ ) is:

$$W_{C;aux;gen;el;in;mi} = \sum_{zi} (W_{C;aux;gen;in;zi,mi}) \quad (10.48)$$

waarin:

$E_{C;gen;el;in;mi}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte elektrische energie ten behoeve van de energiefunctie koeling, in kWh;

$Q_{H;C;gen;abs;in;an}$  is de maandelijkse hoeveelheid gebruikte thermische energie ten behoeve van de energiefunctie koeling, in kWh;

$E_{C;gen;el;in;zi,gi,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte elektrische energie ten behoeve van de energiefunctie koeling, in maand  $mi$ , voor het systeem van rekenzones  $zi$  en van dit systeem de opwekker  $gi$  in kWh;

$Q_{H;C;gen;abs;in;si,gi,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte thermische energie ten behoeve van de energiefunctie koeling, in maand  $mi$ , voor het systeem van rekenzones  $zi$  en van dit systeem de opwekker  $gi$  in kWh;

$W_{C;aux;gen;el;in;an}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie koeling, in kWh;

$W_{C;aux;in;si,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie koeling, in maand  $mi$ , voor het systeem van rekenzones  $zi$  in kWh.

OPMERKING Vanaf hier worden in dit hoofdstuk alle berekeningen per maand uitgevoerd.

### 10.5.3 Energie-efficiëntiefactor koudeopwekking *EER* in maand $mi$

Meer dan één opwekkingstoestel met identiek opwekkingsrendement en identieke brandstof wordt gelijkgesteld aan één opwekkingstoestel met een totaal nominaal vermogen dat gelijk is aan de som van de nominale vermogens van deze toestellen.

Voor de verschillende koudeopwekkers geldt een forfaitaire prioritering. De opwekker met preferentie  $x$  levert het aandeel bepaald op basis van de opgestelde vermogens van de koudeopwekkers. Een eventueel tekort aan vermogen wordt door de eerstvolgende koudeopwekker, met preferentie  $x+1$ , geleverd. Uitgangspunt bij de forfaitaire prioritering is dat het opwekkingstoestel met het hoogste rendement de hoogste prioriteit heeft.

De waarde voor de bepaalde energiefractie  $f_{C;gen;si,pref}$  geldt voor de betreffende maanden  $mi$ .

Meerdere opwekkingstoestellen met identiek opwekkingsrendement, identieke prioriteit en identieke brandstof worden gelijkgesteld aan één opwekkingstoestel met een totaal nominaal vermogen dat gelijk is aan de som van de nominale vermogens van deze toestellen.

Bij één koudeopwekker geldt dat deze altijd preferentie 1 heeft.

De koudeopwekking  $si$  voor een of meer rekenzones  $zi$  kan bestaan uit een of meer koudeopwekkers. Indien de koudeopwekking slechts één opwekkingstoestel of meer opwekkingstoestellen met identiek opwekkingsrendement, identieke prioriteit en identieke brandstof omvat, is de waarde van de energiefractie  $f_{C;gen;si,gi,pref} = 1$ . Indien de koudeopwekking meer ongelijke opwekkingstoestellen omvat, wordt de energiefractie  $f_{C;gen;si,gi,mi}$  bepaald op basis van  $\beta_{C;gen;si}$ , waarmee het aandeel dat de preferente koudeopwekker (of de preferente koudeopwekkers) in de koudebehoefte voorziet, wordt bepaald.

Forfaitair wordt uitgegaan van een parallelle bedrijfswijze. De bedrijfswijze is de volgorde van de prioritering waarbij opwekkers worden bijgeschakeld, indien de combinatie van opwekkers niet aan de vermogensvraag kan voldoen.

De preferenties van de opwekkers starten altijd bij 1 (hoogste prioriteit) en worden met 1 opgehoogd voor een opwekker met een lagere prioriteit.

**Tabel 10.15 — Forfaitaire prioritering**

Opwekker	Prioriteit <i>pref</i>
Vrije koeling met WKO	Hoog
Vrije koeling met oppervlaktewater	
Dauwpuntskoeling	
Absorptiekoeling	
Centrale koudeopwekking (chillers)	
Lokale koudeopwekking (roomairconditioner)	Laag

De verhouding van het thermische vermogen van de preferente koudeopwekker en de koudevraag onder ontwerpcondities,  $\beta_{C;gen;si,pref}$  wordt als volgt bepaald:

- 1) Bepaal het totale vermogen per preferentie.

- 2) Bepaal de verhouding tussen het totale vermogen van de eerste preferentie *pref* en het vermogen van alle koudeopwekkers en rond dit naar boven af op 1 decimaal met:

$$\beta_{C;gen;si;pref} = \frac{\sum_{i=1}^{pref} \Phi_{C;gen;si,i}}{\Phi_{C;gen;si,tot}} \quad (10.49)$$

$$\Phi_{C;gen;si,tot} = \sum_{i=1}^n \Phi_{C;gen;si,i} \quad (10.50)$$

waarin:

$\beta_{C;gen;si;pref}$  is de dimensieloze verhouding tussen het vermogen van de koudeopwekker met preferentie *pref* en het vermogen van alle opwekkingstoestellen voor de desbetreffende rekenzones *zi*;

$\phi_{C;gen;si,pref}$  is het totale nominale vermogen van de preferente koudeopwekkingstoestellen *pref*, in systeem *si*;

$\phi_{C;gen;si,tot}$  is het totale nominale vermogen van alle koudeopwekkingstoestellen *gi* in systeem *si*, in kW;

*n* is het aantal preferenties.

Lees de energiefractie  $f_{C;gen;si}(\beta_{C;gen;si;pref})$  af uit tabel 10.6.

Bepaal de energiefractie van de preferentie volgens:

Als het aantal preferenties  $pref > 1$ :

$$f_{C;gen;si,pref}(\beta_{C;gen;si}) = f_{C;gen;si}(\beta_{C;gen;si;pref}) - f_{C;gen;si}(\beta_{C;gen;si;pref-1}) \quad (10.51)$$

als:

$$f_{C;gen;si,pref} = 1$$

**OPMERKING** De nominale vermogens worden afgelezen van de typenplaatjes van de opwekkers of worden bepaald op basis van de typeaanduiding. Indien de nominale vermogens van de koudeopwekkers niet bekend zijn, wordt de bétafactor ( $\beta_{C;gen;si}$ ) ingeschat/gekozen. Het vermogen van de vrije koeling wordt bepaald op basis van het maximale temperatuurverschil tussen aanvoer en retour en de maximale massastroom van het systeem in oktober ( $mi = 10$ ).

**Tabel 10.16 — Energiefractie preferente koudeopwekker of koudeopwekkers (*pref*) als functie van  $\beta$**

<b>Verhouding vermogens koudeopwekkers <math>\beta_{C;gen;si}</math></b>	<b>Energiefractie <math>f_{C;gen;si}(\beta_{C;gen;si})</math></b>	
	<b>Juli/september</b>	<b>Overige maanden</b>
0,1	0,34	0,49
0,2	0,54	0,78
0,3	0,68	0,93
0,4	0,77	0,98
0,5	0,84	1,00
0,6	0,90	1,00
0,7	0,93	1,00
0,8	0,96	1,00
0,9	0,98	1,00
1,0	1,00	1,00

waarin:

$\beta_{C;gen;si}$  is de verhouding tussen het nominale vermogen van de preferente koudeopwekkings-toestellen en het nominale vermogen van alle koudeopwekkingstoestellen voor de desbetreffende rekenzone.

De hoeveelheid koude die door de koudeopwekkers met een preferentie *pref* moet worden geleverd, bedraagt:

$$Q_{C;gen;si;pref;zi;mi} = f_{C;gen;si;pref;mi} \cdot Q_{C;gen;in;zi;mi} \quad (10.52)$$

waarin:

$Q_{C;gen;si;pref;zi;mi}$  is de hoeveelheid energie (koude) die door het koudeopweksysteem *si* met preferentie *pref* moet worden geleverd ten behoeve van zone *zi* in maand *mi*, in kWh;

$Q_{C;gen;in;zi;mi}$  is de koudebehoefte aan het koudeopweksysteem vanuit rekenzone *zi* in maand *mi*, bepaald volgens 10.3.1 of 10.3.2, in kWh;

$f_{C;gen;si;pref;mi}$  is de energiefactiefactor voor preferentie *pref* voor rekenzone *zi* in maand *mi*.

#### 10.5.4 Methode 1: EER van koudeopweksysteem *si* met direct condensatie tegen de buitenlucht bepaald op basis van NEN-EN 14825

Deze methode is van toepassing in de situatie waarbij een modulerende koudeopwekker met directe condensatie tegen de buitenlucht (HEAT\_REJ\_TYPE = AIR\_C\_COND, figuur 10.5, situatie 2) wordt toegepast waarbij het koudeopweksysteem *si* uit een of meer koudeopwekkers *gi* bestaat en indien er meetgegevens volgens NEN-EN 14825 van de koudeopwekker beschikbaar zijn.

#### 10.5.4.1 Energiebehoefte voor de koudeopwekking in maand $mi$

De benodigde elektrische energie voor koudeopweksysteem  $si$ , waarbij GEN\_TYPE = comp, wordt per maand  $mi$  berekend door de sommatie van de bins  $bn$  binnen deze maand:

$$E_{C,gen,el,in;si;mi} = f_{op;C} \times (1 - f_{op;fc}) \times \sum_{zi} \frac{Q_{C;gen;si;pref;zi;mi}}{EER_{si;mi}} \quad (10.53)$$

waarin:

- $f_{op;fc}$  is de factor voor vrije koeling;
- $f_{op;C}$  is de factor voor koudeopwekking;
- $Q_{C;gen;si;pref;zi;mi}$  is de hoeveelheid energie (koeling) die door het koudeopweksysteem  $si$  moet worden geleverd ten behoeve van zone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $EER_{si;mi}$  is de energiefactor van koudeopwekker  $gi$  in maand  $mi$ .

waarvoor geldt:

$$f_{op;fc} = 0$$

$$f_{op;C} = 1$$

De energie-efficiëntie  $EER_{si;mi}$  van het koudeopweksysteem  $si$  met koudeopwekker  $gi$  wordt in maand  $mi$  berekend met:

$$EER_{si;mi} = EER_{gi,n} \times f_{EER;gi,mi} \times f_{prpr;si} \quad (10.54)$$

waarin:

- $f_{prpr;si}$  is de praktijkprestatiefactor van koelsysteem  $f_{prpr;si}$  (koudeafgiftesysteem, koudedistributiesysteem en koudeopweksysteem  $si$ ) wordt voor alle koelsystemen toegepast, hiervoor geldt:

$$f_{prpr;si} = 0,9.$$

De correctiefactor van de energie-efficiëntiefactor in maand  $mi$  bedraagt:

$$f_{EER;gi,mi} = \sum_{bn;mi} \left( \frac{f_{t;bn;mi}}{f_{t;tot;mi}} \times f_{EER;gi;bn} \right) \quad (10.55)$$

waarin:

- $f_{t;bn;mi}$  is de tijdfractie van de buitentemperaturen in maand  $mi$ , volgens tabel 10.18;
- $f_{t;tot;mi}$  is de som van de tijdfracties in maand  $mi$ , volgens tabel 10.18.

De correctiefactor  $f_{EER;gi;bn}$  voor koudeopwekker  $gi$  per bin  $bn$  is:

als:

$$f_{C;PL;gi;bn} > f_{C;PL;gi;\min}$$

$$f_{EER;gi;bn} = \frac{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap,out}}{\vartheta_{cond,in;bn} - \vartheta_{C;evap,out} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;bn}}{100} \right) \times \Delta \vartheta_{corr;gi}} \left[ C_{1;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;bn}}{100} \right)^3 + C_{2;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;bn}}{100} \right)^2 + C_{3;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;bn}}{100} \right) + C_{4;gi} \right] \quad (10.56)$$

als:

$$f_{EER;gi;bn} = \frac{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap,out}}{\vartheta_{cond,in;bn} - \vartheta_{C;evap,out} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;\min}}{100} \right) \times \Delta \vartheta_{corr;gi}} \left[ C_{1;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;\min}}{100} \right)^3 + C_{2;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;\min}}{100} \right)^2 + C_{3;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;\min}}{100} \right) + C_{4;gi} \right] \quad (10.57)$$

waarin:

$C_{1;gi}, C_{2;gi}, C_{3;gi}, C_{4;gi}$  zijn de coëfficiënten van de koudeopwekker  $gi$ ;

$\Delta \vartheta_{corr;gi}$  is de correctie voor het temperatuurverschil van de koudeopwekker  $gi$ , berekend met formule (10.63), in K;

$f_{C;PL;gi;\min}$  is de minimale deellastfactor van koudeopwekker  $gi$ , in %;

$f_{C;PL;gi;bn}$  is de deellastfactor van koudeopwekker  $gi$  voor bin  $bn$ , in %;

$\vartheta_{cond,in;bn}$  is de condensorintredetemperatuur voor bin  $bn$ , in °C;

$\vartheta_{C;evap,out}$  is de verdamperuitredetemperatuur, in °C.

Bepaal de deellastfactor van de koudeopwekker  $gi$  per bin  $bn$  volgens:

$$f_{C;PL;gi;bn} = \frac{\Phi_{C,gen;gi;net;bn}}{\Phi_{C,gen,gi;n}} \quad (10.58)$$

$$f_{C;PL;gi;\min} = \frac{\Phi_{C,gen,gi;\min}}{\Phi_{C,gen,gi;n}} \quad (10.59)$$

waarin:

$f_{C;PL;gi;bn}$  is de deellastfactor van de koudeopwekker  $gi$  voor bin  $bn$ ;

$f_{C;PL;gi;\min}$  is de minimale deellastfactor van de koudeopwekker  $gi$  bij continu bedrijf;

$\phi_{C;gen;si;net;bn}$  is het netto benodigde koelvermogen van systeem  $si$  van rekenzone  $zi$  voor bin  $bn$ , in kW;

$\phi_{C;PL;gi;n}$  is het nominale koelvermogen van de koudeopwekker  $gi$  bij de 'standard rating condition', in kW, volgens NEN-EN 14511;

$\phi_{C;PL;gi;min}$  is het minimale koelvermogen bij continu bedrijf van de koudeopwekker  $gi$ , in kW, volgens NEN-EN 14825.

**OPMERKING** Bij een collectieve gebouwinstallatie voor de functie koeling betreft het nominale ( $\phi_{C;PL;gi;n}$ ) en het minimale ( $\phi_{C;PL;gi;min}$ ) koelvermogen het koelvermogen van de collectief opgestelde koudeopwekker  $gi$ .

Bepaal het netto benodigde koelvermogen  $\phi_{C;gen;si;net;bn}$  van koudeopwekker  $gi$  van systeem  $si$  van rekenzone  $j$ , volgens:

$$\Phi_{C;gen;gi;net;bn} = \frac{\sum_{mi} Q_{C;gen;in;j;mi} \cdot f_{Q,C;bn}}{f_{gebouw;C}} \quad (10.60)$$

waarin:

$Q_{C;gen;in;j;mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van de energiefunctie koeling van rekenzone  $j$  geleverd door koudeopwekker  $gi$  in maand  $mi$ ;

$f_{Q,C;bn}$  is de factor voor de vertaling van jaargemiddeld energiegebruik naar vermogen per conditie, bepaald volgens tabel 10.17;

$f_{gebouw;C}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie koeling wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie koeling.

Tabel 10.17 — Tijdsduur en koudebehoeftefactor als functie van buitentemperatuur per jaar

$\vartheta_{e;bn}$ °C	$f_{Q;C;bn}$										
	$\vartheta_{stookgrens;koeling}$										
	$\geq 14$	$\geq 15$	$\geq 16$	$\geq 17$	$\geq 18$	$\geq 19$	$\geq 20$	$\geq 21$	$\geq 22$	$\geq 23$	$\geq 24$
14	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
16	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
17	0,0002	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
18	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
19	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
21	0,0005	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
22	0,0006	0,0007	0,0007	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000
23	0,0007	0,0008	0,0009	0,0010	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0007	0,0000	0,0000
24	0,0008	0,0009	0,0010	0,0011	0,0013	0,0014	0,0015	0,0015	0,0013	0,0009	0,0000
25	0,0008	0,0010	0,0011	0,0013	0,0015	0,0017	0,0018	0,0020	0,0020	0,0019	0,0013
26	0,0009	0,0010	0,0012	0,0014	0,0017	0,0019	0,0022	0,0025	0,0027	0,0028	0,0027
27	0,0010	0,0011	0,0014	0,0016	0,0019	0,0022	0,0026	0,0030	0,0034	0,0037	0,0040
28	0,0011	0,0012	0,0015	0,0018	0,0021	0,0025	0,0029	0,0034	0,0040	0,0046	0,0054
29	0,0011	0,0013	0,0016	0,0019	0,0023	0,0028	0,0033	0,0039	0,0047	0,0056	0,0067
30	0,0012	0,0014	0,0017	0,0021	0,0025	0,0031	0,0037	0,0044	0,0054	0,0065	0,0081
31	0,0013	0,0015	0,0018	0,0022	0,0027	0,0033	0,0041	0,0049	0,0060	0,0074	0,0094
32	0,0014	0,0016	0,0020	0,0024	0,0030	0,0036	0,0044	0,0054	0,0067	0,0084	0,0108
											0,0144

De verdamperuittredetemperatuur is:

$$\vartheta_{C;evap;out} = \vartheta_{C;gen;req;out;zi,mi} - \Delta\vartheta_{evap;si} \quad (10.61)$$

waarin:

$\Delta\vartheta_{evap;si}$  is het temperatuurverschil van het te koelen medium tussen de intrede- en uittredetemperatuur van de verdamper bij systeem  $si$ , in °C, volgens tabel 10.22. Voor systemen met directe verdamping in de ruimte (figuur 10.5, principe 6) geldt  $\Delta\vartheta_{evap;si} = 20$  °C;

$\vartheta_{C;gen;req;out;zi,mi}$  is de temperatuur van het door de koudeopwekker te leveren medium in maand  $mi$  voor rekenzone  $zi$ , in °C, bepaald in 10.3.4.

**OPMERKING** Beneden de minimale deellastverhouding (on/off cycling operation) blijft de *EER* constant. Het energiegebruik neemt lineair af met de output.

De condensorintredetemperatuur  $\vartheta_{cond,in}$  voor koudeopwekkers die condenseren tegen de buitentemperatuur  $\vartheta_{e;bn}$  in de bin  $bn$  is:

$$\vartheta_{cond,in} = \max(\vartheta_{cond,in;lim} ; \vartheta_{e;bn}) \quad (10.62)$$

waarin:

$\vartheta_{cond,in;lim}$  is de maximale intredeluchttemperatuur van de condensor;

$\vartheta_{e;bn}$  is de buitentemperatuur in de betreffende temperatuur bin  $bn$ .

Tabel 10.18 — Tijdfractie van buitentemperaturen per maand

$\vartheta_{e;bn}$ °C	$f_{t;bn;mi}$											
	Jan $mi=1$	Feb $mi=2$	Mrt $mi=3$	Apr $mi=4$	Mei $mi=5$	Jun $mi=6$	Jul $mi=7$	Aug $mi=8$	Sept $mi=9$	Okt $mi=10$	Nov $mi=11$	Dec $mi=12$
14	0	0,0250	0,0296	0,1014	0,0444	0,0847	0,0986	0,0887	0,0264	0,0094	0,0223	0
15	0	0,0014	0,0403	0,1292	0,0712	0,1048	0,1125	0,0645	0,0236	0,0121	0,0134	0
16	0	0	0,0699	0,1292	0,0780	0,1022	0,1222	0,0524	0,0167	0,0108	0,0164	0
17	0	0	0,0309	0,1083	0,0860	0,0981	0,1250	0,0417	0,0292	0,0094	0	0
18	0	0	0,0309	0,0889	0,1304	0,1089	0,0792	0,0376	0,0153	0,0054	0	0
19	0	0	0,0188	0,0514	0,1129	0,0887	0,0556	0,0202	0,0139	0	0	0
20	0	0	0,0067	0,0278	0,0941	0,0618	0,0458	0,0188	0,0167	0	0	0
21	0	0	0,0081	0,0194	0,0672	0,0538	0,0264	0,0134	0	0	0	0
22	0	0	0,0040	0,0319	0,0538	0,0430	0,0236	0,0161	0	0	0	0
23	0	0	0	0,0153	0,0296	0,0269	0,0139	0,0215	0	0	0	0
24	0	0	0	0,0167	0,0175	0,0269	0,0083	0,0363	0	0	0	0
25	0	0	0	0,0153	0,0188	0,0161	0,0097	0,0349	0	0	0	0
26	0	0	0	0,0028	0,0161	0,0282	0,0069	0,0215	0	0	0	0
27	0	0	0	0,0042	0,0188	0,0255	0,0097	0,0121	0	0	0	0
28	0	0	0	0,0014	0,0121	0,0175	0,0042	0,0094	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0,0134	0,0040	0,0042	0,0040	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0,0108	0,0027	0,0069	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0,0094	0,0013	0,0014	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0,0042	0	0	0	0	0
$f_{t;tot;mi}$	0	0,0264	0,2392	0,7431	0,8844	0,8952	0,7583	0,4933	0,1417	0,0470	0,0521	0

#### 10.5.4.1.1 Bepaling coëfficiënten op basis van resultaten volgens NEN-EN 14825

De coëfficiënten  $C_{1;gi}$ ,  $C_{2;gi}$ ,  $C_{3;gi}$ ,  $C_{4;gi}$  en het gecorrigeerde temperatuurverschil  $\Delta\vartheta_{corr;gi}$  die het gedrag van de koudeopwekker  $gi$  onder deellastcondities met behulp van formule (10.56) en formule (10.57) bepalen, worden verkregen door het oplossen van de volgende vijf lineaire vergelijkingen:

$$\begin{aligned}
 & \left( \frac{f_{C;PL;gi;A}}{100} \right)^3 \times C_{1;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;A}}{100} \right)^2 \times C_{2;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;A}}{100} \right) \times C_{3;gi} + C_{4;gi} - \frac{\frac{EER_{A;gi}}{EER_{n;gi}} \times \Delta\vartheta_{corr;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;A}}{100} \right)}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;A}} = \frac{\frac{EER_{A;gi}}{EER_{n;gi}} \times (\vartheta_{C;cond;in;gi;A} - \vartheta_{C;evap;out;gi;A})}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;A}}, \\
 & \left( \frac{f_{C;PL;gi;B}}{100} \right)^3 \times C_{1;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;B}}{100} \right)^2 \times C_{2;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;B}}{100} \right) \times C_{3;gi} + C_{4;gi} - \frac{\frac{EER_{B;gi}}{EER_{n;gi}} \times \Delta\vartheta_{corr;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;B}}{100} \right)}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;B}} = \frac{\frac{EER_{B;gi}}{EER_{n;gi}} \times (\vartheta_{C;cond;in;gi;B} - \vartheta_{C;evap;out;gi;B})}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;B}}, \\
 & \left( \frac{f_{C;PL;gi;C}}{100} \right)^3 \times C_{1;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;C}}{100} \right)^2 \times C_{2;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;C}}{100} \right) \times C_{3;gi} + C_{4;gi} - \frac{\frac{EER_{C;gi}}{EER_{n;gi}} \times \Delta\vartheta_{corr;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;C}}{100} \right)}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;C}} = \frac{\frac{EER_{C;gi}}{EER_{n;gi}} \times (\vartheta_{C;cond;in;gi;C} - \vartheta_{C;evap;out;gi;C})}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;C}}, \\
 & \left( \frac{f_{C;PL;gi;D}}{100} \right)^3 \times C_{1;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;D}}{100} \right)^2 \times C_{2;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;D}}{100} \right) \times C_{3;gi} + C_{4;gi} - \frac{\frac{EER_{D;gi}}{EER_{n;gi}} \times \Delta\vartheta_{corr;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;D}}{100} \right)}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;D}} = \frac{\frac{EER_{D;gi}}{EER_{n;gi}} \times (\vartheta_{C;cond;in;gi;D} - \vartheta_{C;evap;out;gi;D})}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;D}}, \\
 & \left( \frac{f_{C;PL;gi;5}}{100} \right)^3 \times C_{1;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;5}}{100} \right)^2 \times C_{2;gi} + \left( \frac{f_{C;PL;gi;5}}{100} \right) \times C_{3;gi} + C_{4;gi} - \frac{\frac{EER_{5;gi}}{EER_{n;gi}} \times \Delta\vartheta_{corr;gi} \times \left( \frac{f_{C;PL;gi;5}}{100} \right)}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;5}} = \frac{\frac{EER_{5;gi}}{EER_{n;gi}} \times (\vartheta_{C;cond;in;gi;5} - \vartheta_{C;evap;out;gi;5})}{T_{0;abs} + \vartheta_{C;evap;out;gi;5}}
 \end{aligned} \tag{10.63}$$

waarin:

$EER_{A, B, C, D}$  zijn de bepaalde energie-efficiënties van de koudeopwekker  $gi$  onder deellastcondities A, B, en D, volgens NEN-EN 14825;

$\vartheta_{C;evap;out;A, B, C, D}$  zijn de verdamperuitredetemperaturen van koudeopwekker  $gi$  overeenkomstig met de deellastcondities A, B, C en D, volgens NEN-EN 14825, in °C;

$\vartheta_{C;cond;in;A, B, C, D}$  zijn de condensorintredetemperaturen van koudeopwekker  $gi$  overeenkomstig met de deellastcondities A, B, C en D, volgens NEN-EN 14825;

$f_{C;PL;A, B, C, D}$  zijn de deellastfactoren van koudeopwekker  $gi$  overeenkomstig met de deellastcondities A, B, C en D, volgens NEN-EN 14825;

$EER_5$  is de energie-efficiëntie van koudeopwekker  $gi$  bij het vijfde meetpunt zoals gedefinieerd in NEN-EN 14825;

$\vartheta_{C;evap;out;5}$  is de verdamperuitredetemperatuur van koudeopwekker  $gi$  bij het vijfde meetpunt, in °C;

$\vartheta_{C;cond;in;5}$  is de condensorintredetemperatuur van koudeopwekker  $gi$  bij het vijfde meetpunt, in °C;

$f_{C;PL;5}$  is de deellastfactor van koudeopwekker  $gi$  bij het vijfde meetpunt, in %;

$EER_{gi;n}$  is de nominale energie-efficiëntie van koudeopwekker  $gi$ ;

$\Delta\vartheta_{corr;gi}$  is het gecorrigeerde temperatuurverschil van koudeopwekker  $gi$  bepaald uit formule (10.63), in °C.

De waarde voor  $EER_{gi;5}$  moet worden ontleend aan het vijfde meetpunt dat aanvullend is aan de vereiste waarden uit NEN-EN 14825. De condities van dit vijfde meetpunt van koudeopwekker  $gi$  moeten zo worden gekozen dat de deellastfactor  $f_{C;PL;gi;5} = f_{C;PL;gi;C}$ , maar met een intredetemperatuur van de condensor van  $\vartheta_{C;cond;in;gi;5} = \vartheta_{C;cond;in;gi;A}$ . Als de meetgegevens van dit vijfde meetpunt niet beschikbaar zijn, kunnen deze worden benaderd met formule (10.64).

$$EER_{5;gi} = EER_{C;gi} \frac{\vartheta_{C,cond;in;gi;C} - \vartheta_{C,evap,out;gi;C}}{\vartheta_{C,cond;in;gi;A} - \vartheta_{C,evap,out;gi;A}} \quad (10.64)$$

waarin:

$$\Delta\vartheta_{corr;gi} = 0.$$

OPMERKING Als alternatief kunnen de prestaties worden bepaald met interpolatie van de tabelwaarden als meer gedetailleerde gegevens beschikbaar zijn.

### 10.5.5 Methode 2: Rekenwaarden energie-efficiëntie van een koudeopwekker $EER_{mi}$ indien gegevens conform NEN-EN 14511 vorhanden zijn

Deze methode is van toepassing bij een koudeopwekker waarvan prestatiegegevens volgens NEN-EN 14511 bekend zijn.

#### 10.5.5.1 Energiebehoefte voor de koudeopwekking in maand $mi$

De energiebehoefte voor de koudeopwekking in maand  $mi$  is:

als:

GEN\_TYPE = COMP

dan:

$$E_{C;gen;el;in;si;mi} = \sum_{gi} \frac{Q_{C;gen;pref;zi;mi}}{PLV_{si;gi;mi} \cdot EER_{gi;n} \cdot f_{EER;corr;si;gi;mi} \cdot f_{prpr;si}}. \quad (10.65)$$

anders:

$$Q_{H;C;gen;abs;in;si;mi} = \sum_{gi} \frac{Q_{C;gen;pref;zi;mi}}{PLV_{si;gi;mi} \cdot \zeta_{gi;n} \cdot f_{prpr;si}} \quad (10.66)$$

waarin:

$E_{C;gen;el;in;si;mi}$  is de elektrische energie benodigd voor de aandrijving van koudeopweksysteem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{C;gen;pref;zi;mi}$  is de hoeveelheid energie (koeling) die door het koudeopweksysteem moet worden geleverd in maand  $mi$ , in kWh;

$PLV_{si,gi,mi}$  is de deellastfactor van de koudeopwekker;

- $EER_{gi,n}$  is de nominale energie-efficiëntie van koudeopwekker  $gi$  (compressiesysteem) volgens NEN-EN 14511 bij de 'standard rating conditions';
- $f_{EER;corr;si,gi,mi}$  is de correctiefactor voor de bedrijfscondities voor koudeopweksysteem  $si$  en koudeopwekker  $gi$  in maand  $mi$ ;
- $Q_{H;C;gen;abs;in;si,mi}$  is de thermische energie benodigd voor de aandrijving van een absorptiekoeler van systeem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $\zeta_{gi,n}$  is de nominale energie-efficiëntie van koudeopwekker  $gi$  (absorptiesysteem) bij de 'standard rating conditions';
- $f_{prpr;si}$  is de praktijkprestatiefactor van koelsystemen (koudeafgiftesysteem, koudedistributiesysteem en koudeopweksysteem) en wordt voor alle koelsystemen toegepast.

Voor systemen met directe condensatie tegen de buitenlucht (figuur 10.5, principe 2) geldt:  $f_{prpr;si} = 0,60$ , voor overige systemen geldt een praktijkprestatiefactor van 0,9.

Als dit het referentietoestel is:

$$f_{C;gen;si,gi,mi} = f_{C;gen;si,gi;pref;mi}$$

als:

$$f_{C;gen;si,gi,mi} = f_{C;gen;si,gi;npref;mi}$$

### 10.5.5.2 Deellastfactor $PLV$ in maand $mi$

De deellastfactor van systeem  $si$  in maand  $mi$  moet worden bepaald volgens:

$$PLV_{si,gi,mi} = f_{C;PL;k;si,gi,mi} \cdot f_{hr;PL;si,mi} \cdot f_{hr;fc} \cdot f_{C;mult} \quad (10.67)$$

waarin:

- $f_{C;PL;k;si,gi,mi}$  is de deellastfactor voor de koudeopwekker  $gi$  in systeem  $si$  en voor maand  $mi$  (tabel 10.19 of 10.21);
- $f_{hr;PL;si,mi}$  is de deellastfactor van het condensorwarmteafgiftesysteem  $si$  in maand  $mi$ ;
- $f_{hr;fc}$  is de factor voor vrije koeling (tabel 10.34);
- $f_{C;mult}$  is de factor voor meerdere koudeopwekkers.

Verder geldt:

$$f_{hr;PL;si,mi} = 1$$

$$f_{C;mult} = 1$$

$$f_{hr;fc} = 1$$

Bij absorptiekoelers is de deellastfactor  $PLV_{si,gi,mi}$  0,95.

### 10.5.5.2.1 Deellastfactor $f_{C;PL;k;si,gi;mi}$ van de koudeopwekker in maand $mi$

Deellastfactoren  $f_{C;PL;k;si,gi,mi}$  voor verschillende koudeopwekkers zijn gegeven in tabellen 10.19 en 10.21.

**Tabel 10.19 — Deellastfactoren  $f_{C;PL;k;si,gi,mi}$  voor airconditioningsystemen in een ruimte met condensorwarmteafgifte aan buitenlucht in maand  $mi$**

Systeemcode	Deellastfactor trap $k_{mi}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
AIR_CLG_RAC_A	1,34	1,34	1,34	1,34	1,27	1,23	1,16	1,09	1,02	0,95
AIR_CLG_RAC_B	0,68	0,73	0,77	0,80	0,86	0,93	0,95	0,97	0,94	0,90
AIR_CLG_RAC_C	1,52	1,54	1,57	1,69	1,45	1,31	1,21	1,09	1,03	0,95
AIR_CLG_RAC_D	0,77	1,18	1,42	1,55	1,54	1,46	1,35	1,19	1,06	0,92

waarin:

- $k$  is de deellast trap, bepaald volgens formule (10.69);
- AIR\_CLG\_RAC\_A is het splitsysteem (REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_RAC en AIR\_CLG\_RAC\_ZONE\_TYPE = SINGLE);
- AIR\_CLG\_RAC\_B is het multi-splitsysteem met cilinderafschakeling (REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_RAC en AIR\_CLG\_RAC\_ZONE\_TYPE = MULTIPLE);
- AIR\_CLG\_RAC\_C is het splitsysteem met frequentieregeling (REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_RAC en AIR\_CLG\_RAC\_ZONE\_TYPE = SINGLE);
- AIR\_CLG\_RAC\_D is het multi-splitsysteem met frequentieregeling – VRF-systeem (REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_RAC and AIR\_CLG\_RAC\_ZONE\_TYPE = MULTIPLE).

**Tabel 10.20 — Systeemcode AIR\_CLG\_RAC\_ZONE\_TYPE voor type regeling van het koudeopweksysteem**

AIR_CLG_RAC_ZONE_TYPE	Omschrijving
SINGLE	Eenzonesysteem
MULTIPLE	Multizonesysteem

**Tabel 10.21 — Deellastfactor  $f_{C;PL;k;si,gi,mi}$  voor centraal opgestelde koelers in maand  $mi$** 

Type koeler	Deellast trap $k_{si,gi,mi}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Waterkoelers met condensorwarmte-afgifte aan buitenlucht	0,83	0,87	0,92	0,95	0,98	1,00	1,01	1,02	1,01	1,00
Waterkoelers met condensorwarmte-afgifte aan water	0,96	0,94	0,92	0,90	0,90	0,90	0,92	0,94	0,96	1,00

De deellastfactor van de koudeopwekker  $gi$  in maand  $mi$  is:

$$f_{C;PL;si;gi;mi} = \frac{Q_{C;gen;in;req;si;mi}}{t_{C;mi} \cdot \Phi_{C;gen;si;gi;n} \cdot f_{gebouw;C}} \quad (10.68)$$

waarin:

$\Phi_{C;gen;si;gi;n}$  is het nominale koelvermogen van de koudeopwekker  $gi$ , volgens NEN-EN 14511 of NEN-EN 14825 bij de ‘standard rating conditions’, in kW;

$Q_{C;gen;in;req;si;mi}$  is de thermische energie die door het koudeopweksysteem  $si$  onttrokken moet worden in maand  $mi$ , in kWh;

$t_{C;mi}$  is de bedrijfstijd van de koudeopwekker  $gi$  in maand  $mi$ , in h, volgens tabel 10.6;

$f_{gebouw;C}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie koeling wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie koeling.

De deellast trap van de koudeopwekker  $k_{si,gi,mi}$  in maand  $mi$  wordt als volgt toegewezen op basis van de deellastfactor voor koeling  $f_{C;PL;si;gi,mi}$ :

$$\begin{aligned} 0,05 \leq f_{C;PL;si;gi;mi} < 0,15 &\rightarrow k_{si;gi;mi} = 0,1; \\ 0,15 \leq f_{C;PL;si;gi;mi} < 0,25 &\rightarrow k_{si;gi;mi} = 0,2; \\ &\vdots \\ 0,95 \leq f_{C;PL;si;gi;mi} &\rightarrow k_{si;gi;mi} = 1,0; \end{aligned} \quad (10.69)$$

De deellastfactor van de koudeopwekker bij een specifieke deellast trap  $k_{si,gi,mi}$  in maand  $mi$  is:

als:

$$f_{C;PL;si;gi,mi} < 0,05$$

$$f_{C;PL;k;si,gi,mi} = 1$$

als:

REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_RAC

Zie tabel 10.19.

Anders:

zie tabel 10.21.

**OPMERKING** De deellastfactor  $f_{C;PL;k;si,gi,mi}$  is gedefinieerd bij nominale temperatuurcondities (standard rating conditions). Afwijkingen van deze nominale temperatuurcondities worden voor het condensorwarmteafgiftesysteem gecorrigeerd met de factor  $f_{hr;PL;si,mi}$ .

als:

$$f_{C;PL;si,gi,mi} \leq 1$$

$$Q_{C;\text{gen};\text{in};\text{si};\text{gi};\text{mi}} = Q_{C;\text{gen};\text{in};\text{req};\text{si};\text{gi};\text{mi}} \quad (10.70)$$

Anders:

$$Q_{C;\text{gen};\text{in};\text{si},\text{gi},\text{mi}} = t_{C;\text{mi}} \cdot \Phi_{C;\text{gen};\text{si},\text{gi};n} \cdot f_{\text{gebouw};C} \quad (10.71)$$

waarin:

$Q_{C;\text{gen};\text{in};\text{si},\text{gi},\text{mi}}$  is de thermische energie onttrokken door de koudeopwekker  $gi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$t_{C;\text{mi}}$  is de bedrijfstijd van de koudeopwekker  $gi$  in maand  $mi$ , in h, volgens tabel 10.6;

$f_{\text{gebouw};C}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie koeling wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie koeling.

De deellastfactor voor de geleverde koelvraag in maand  $mi$  is:

$$f_{C;PL;\text{cvd};\text{mi}} = \min \left( 1, 0 ; \frac{\sum_{si} \sum_{gi} Q_{C;\text{gen};\text{in};\text{si},\text{gi},\text{mi}}}{Q_{C;\text{gen};\text{in};\text{req};\text{mi}}} \right) \quad (10.72)$$

De factor  $f_{C;PL;\text{cvd};\text{mi}}$  kan worden gebruikt voor controle van de dekking van de koudevraag.

### 10.5.5.3 Temperatuurcorrectie $f_{EER;\text{corr};\text{si},\text{gi},\text{mi}}$ van de nominale efficiëntie van koudeopwekking $gi$

De energie-efficiëntie  $EER_{si,gi,mi}$  van een koudeopwekker in maand  $mi$  is gedefinieerd bij specifieke temperaturen,  $\vartheta_{C;\text{gen};\text{req};\text{out};\text{si},n}$  en  $\vartheta_{C;\text{gen};\text{req};\text{in};\text{si},n}$  volgens NEN-EN 14511. Voor afwijkende temperaturen moet de volgende correctie worden toegepast:

$$f_{EER;corr;si,gi,mi} = \frac{\frac{T_{0;\text{abs}} + \vartheta_{C;\text{gen};\text{req};\text{out};si;mi} - \Delta\vartheta_{\text{evap};si}}{\left(T_{0;\text{abs}} + \vartheta_{C;\text{gen};\text{hr};\text{req};\text{in};\text{ref};si;mi} + \Delta\vartheta_{\text{cond};si}\right) - \left(T_{0;\text{abs}} + \vartheta_{C;\text{gen};\text{req};\text{out};si;mi} - \Delta\vartheta_{\text{evap};si}\right)}}{\frac{T_{0;\text{abs}} + \vartheta_{C;\text{gen};\text{req};\text{out};gi;n} - \Delta\vartheta_{\text{evap}}}{\left(T_{0;\text{abs}} + \vartheta_{C;\text{gen};\text{hr};\text{req};\text{in};gi;n} + \Delta\vartheta_{\text{cond};si}\right) - \left(T_{0;\text{abs}} + \vartheta_{C;\text{gen};\text{req};\text{out};gi;n} - \Delta\vartheta_{\text{evap};si}\right)}}} \quad (10.73)$$

waarin:

- $T_{0;\text{abs}}$  is de absolute temperatuur bij 0 °C (273,16 K), in K;
- $\vartheta_{C;\text{gen};\text{req};\text{out};si;mi}$  is de benodigde temperatuur van het gekoelde medium (bijv. de benodigde koudwatertemperatuur of luchttemperatuur bij het uittreden van de verdamper uit 10.3.4 in maand *mi*, in °C);
- $\vartheta_{C;\text{gen};\text{hr};\text{req};\text{in};\text{ref};si,mi}$  is de gemiddelde referentitemperatuur van het aan de condensor toegevoegde medium (de temperatuur van het koelwater of de -lucht aan de inlaat van de condensor) in maand *mi*, in °C;
- $\vartheta_{C;\text{gen};\text{req};\text{out};si,gi,n}$  is de uittredetemperatuur van de verdamper van de koudeopwekker bij de gedefinieerde nominale condities (standard rating conditions), in °C, volgens NEN-EN 14511-2;
- $\vartheta_{C;\text{gen};\text{hr};\text{req};\text{in};si,gi,n}$  is de intredetemperatuur van de condensor van de koudeopwekker bij de nominale condities (standard rating conditions), in °C, volgens NEN-EN 14511-2;
- $\Delta\vartheta_{\text{evap};si}$  is het temperatuurverschil van het te koelen medium over de verdamper bij systeem *si*, in K, volgens tabel 10.22;
- $\Delta\vartheta_{\text{cond};si}$  is het temperatuurverschil van het medium dat de condensorwarmte afvoert over de condensor bij systeem *si*, in K, volgens tabel 10.22.

**OPMERKING** In gevallen waarbij de benodigde temperaturen gelijk zijn aan die bij de nominale condities is de uitkomst van formule (10.73):  $f_{EER;corr;si,gi,mi} = 1,0$ .

**Tabel 10.22 — Temperatuurverschil tussen de intrede- en uittredetemperatuur van de condensor  $\Delta\vartheta_{\text{cond};si}$  en verdamper  $\Delta\vartheta_{\text{evap};si}$**

Variabele	Eenheid	Waarde	Conditie	Omschrijving
$\Delta\vartheta_{\text{cond};si}$	K	4	REFR_TYPE = WTR_CLG_CHLL	Watergekoelde koudeopwekker
$\Delta\vartheta_{\text{cond};si}$	K	10	REFR_TYPE = (AIR_CLG_RAC or AIR_CLG_CHLL) and AIR_CLG_HEAT_REJ = EXTERNAL	Luchtgekoelde airconditioner of luchtgekoelde koudeopwekker en warmteafvoer naar buiten met buitenluchtcondities
$\Delta\vartheta_{\text{cond};si}$	K	20	REFR_TYPE = AIR_CLG_CHLL and AIR_CLG_HEAT_REJ = INTERNAL	Luchtgekoelde koudeopwekker en warmteafvoer naar afvoerlucht met binnenluchtcondities
$\Delta\vartheta_{\text{evap};si}$	K	6	REFR_TYPE = (AIR_CLG_CHLL or WTR_CLG_CHLL)	Koudeopwekker
$\Delta\vartheta_{\text{evap};si}$	K	20	REFR_TYPE = AIR_CLG_RAC	Airconditioning

**Tabel 10.23 — Systeemcode REFR\_TYPE voor het type koudeopweksysteem**

REFR_TYPE	Omschrijving
AIR_CLG_RAC	Luchtgekoeld airconditioningsysteem met de verdamper in de ruimte (figuur 10.5, principe 2 met 6)
AIR_CLG_CHLL	Luchtgekoelde koudeopwekker (koudwatermachine, figuur 10.5, principe 2 met 7)
WTR_CLG_CHLL	Watergekoelde koudeopwekker (koudwatermachine, figuur 10.5, principe 3 met 7)

#### 10.5.5.3.1 Berekening indien een koudeopwekker met directe condensatie tegen de buitenlucht wordt gebruikt (REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_RAC of REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_CHLL)

De temperatuur in formule (10.73) is:

$$\vartheta_{C;gen;hr;req;in;ref;si;mi} = \vartheta_{e;kg;mi} \quad (10.74)$$

waarin:

$\vartheta_{e;kg;mi}$  is de maandgemiddelde temperatuur boven de koelgrens  $\vartheta_{\text{koelgrens}}$  in maand  $mi$ , in °C, volgens tabel 10.24;

$\vartheta_{C;gen;out;req;j;si;mi}$  is de interne (binnen)temperatuur van rekenzone  $zi$  voor systeem  $si$  in maand  $mi$ , in °C.

**Tabel 10.24 — Maandgemiddelde temperatuur boven de koelgrens  $\vartheta_{e;kg;mi}$** 

Maand	$\vartheta_{e;kg;mi}$										
	>=15	>=16	>=17	>=18	>=19	>=20	>=21	>=22	>=23	>=24	>=25
Jan	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8
Febr	15,6	16,1	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4
Maart	16,5	17,1	17,6	18,1	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
April	17,6	18,0	18,6	19,2	19,7	20,2	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
Mei	20,4	21,3	22,3	23,1	23,9	24,2	24,6	24,9	25,2	25,6	26,5
Juni	18,6	19,3	20,3	21,5	22,6	23,5	24,6	25,6	26,8	27,5	28,2
Juli	19,6	20,2	21,0	21,8	22,7	23,5	24,3	25,1	25,7	26,3	26,9
Aug	19,9	20,4	20,8	21,5	22,4	23,4	24,6	25,7	26,7	27,3	27,9
Sept	18,1	18,9	19,8	20,9	21,9	22,6	23,4	23,8	24,6	25,3	26,6
Okt	17,1	17,7	18,7	19,5	20,4	21,0	21,5	22,0	22,0	22,0	22,0
Nov	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6
Dec	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6

**Tabel 10.25 — Systeemcode AIR\_CLG\_HEAT\_REJ condensorwarmteafgifte**

AIR_CLG_HEAT_REJ	Omschrijving
EXTERNAL	Warmteafvoer naar buiten met buitenluchtcondities

**10.5.5.3.2 Berekening bij een watergekoelde koudeopwekker (REFR\_TYPE = WTR\_CLG\_CHLL)**

De temperatuur in formule (10.73) voor maand  $mi$  is:

$$\vartheta_{C;gen;hr;req;in;ref;si;mi} = \vartheta_{C;wat;hr;in;ref;si;mi} \quad (10.75)$$

De waarden voor  $\vartheta_{C;wat;hr;in;ref;si;mi}$  en  $\vartheta_{C;wat;hr;out;ref;si;mi}$  volgen uit tabel 10.26.

**Tabel 10.26 — Referentitemperatuur condensorwarmteafvoersysteem**

Koudeopwekker	Condensorwarmteafgiftesysteem	$\vartheta_{C;wat;hr;in;ref;si;mi}$	$\vartheta_{C;wat;hr;req;out;ref;si;mi}$
Watergekoelde condensor-koudeopwekker	Natte koeltoren (HEAT_REJ_TYPE = WET)	$\vartheta_{C;hr;wb;mi} + 6$	$\vartheta_{C;hr;wb;mi} + 3$
	Droge koeler (HEAT_REJ_TYPE = DRY)	$\vartheta_{e;kg;mi} + 15$	$\vartheta_{e;kg;mi} + 10$
	Warmte-koudeopslagsysteem in de bodem (bodemopslagsysteem) en oppervlaktewater (HEAT_REJ_TYPE = AQUIF)	35	30

**OPMERKING** De gegeven waarden voor condensorwarmteafgifte aan een bodemopslagsysteem in de bodem of aan oppervlaktewater zijn erop gebaseerd dat veel koudeopwekkers niet op een lagere temperatuur kunnen condenseren.

**Tabel 10.27 — Maandgemiddelde natteboltemperatuur  $\vartheta_{C;hr;wb;mi}$  bij een buitentemperatuur boven de koelgrens**

Maand	Koelgrens $\vartheta_{koelgrens}$	$\vartheta_{C;hr;wb;mi}$									
		>=15	>=16	>=17	>=18	>=19	>=20	>=21	>=22	>=23	>=24
Jan	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
Febr	11,7	11,7	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4
Maart	10,7	11,0	11,7	12,7	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
April	11,9	12,1	12,2	12,6	13,0	12,6	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
Mei	14,8	15,2	15,6	16,0	16,2	16,4	16,4	16,5	16,6	16,7	17,1
Juni	14,8	15,2	15,7	16,8	17,7	18,4	19,0	19,6	20,2	20,6	21,0
Juli	16,5	16,9	17,4	17,8	18,3	18,8	19,1	19,6	19,8	20,2	20,6
Aug	17,2	17,4	17,7	18,1	18,5	19,1	19,8	20,4	20,9	21,1	21,3
Sept	15,5	16,0	16,7	17,5	18,1	18,4	19,0	19,3	19,8	20,4	20,7
Okt	15,0	15,4	15,8	16,4	16,9	17,5	17,7	18,4	18,4	18,4	18,4
Nov	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Dec	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7

**Tabel 10.28 — Systeemcode HEAT\_REJ\_TYPE condensorwarmteafgiftesysteem**

HEAT_REJ_TYPE	Omschrijving
DRY	Droge condensor
WET	Natte condensor/koeltoren
AQUIF	Bodemopslagsysteem en oppervlaktewater

#### 10.5.6 Methode 3: Rekenwaarden energie-efficiëntie van een koudeopwekker $EER_{mi}$ indien geen gegevens volgens NEN-EN 14511 of NEN-EN 14825 voorhanden zijn

Deze methode is van toepassing indien er geen gegevens over de prestaties van de koudeopwekker volgens NEN-EN 14825 of NEN-EN 14511 beschikbaar zijn. Bij deze methode wordt gebruikgemaakt van forfaitaire waarden.

In deze waarden zijn verdisconteerd:

- alle verliezen van de koudeopwekker;
- de verliezen en de hulpenergie van het condensorwarmteafgiftesysteem, en
- het energieverbruik van de regeling.

Deze forfaitaire waarden zijn voor alle maanden *mi* gelijk en zijn conservatief. Meer gedetailleerde gegevens zoals vereist in methode 1 (10.5.4) of methode 2 (10.5.5) zullen over het algemeen hogere energie-efficiëntie geven.

### 10.5.6.1 Energiebehoefte voor de koudeopwekking in maand *mi*

De energiebehoefte voor de koudeopwekking in maand *mi* is:

Als GEN\_TYPE = COMP (compressiekoeling)

$$E_{C;gen;ci;in;si;mi} = \sum_{gi} \frac{Q_{C;gen;pref;zi;mi}}{EER_{si;gi;mi} \cdot f_{prpr;si}} \quad (10.76)$$

Anders:

Als GEN\_TYPE = ABS (absorptiekoeling)

$$Q_{H;C;gen;abs;in;si;mi} = \sum_{gi} \frac{Q_{C;gen;pref;zi;mi}}{\zeta_{si;gi;mi} \cdot f_{prpr;si}} \quad (10.77)$$

Anders (externe koudelevering)

$$Q_{C;gen;ext;in;si;mi} = \sum_{gi} \frac{Q_{C;gen;pref;zi;mi}}{\eta_{C;gen;equiv;dc} \cdot f_{prpr;si}} \quad (10.78)$$

waarin:

$E_{C;gen;ci;in;si;mi}$  is de energie (*ci* = gas of elektriciteit) benodigd voor de aandrijving van koudeopweksysteem *si* in maand *mi*, in kWh;

$Q_{H;C;gen;abs;in;si,zi,mi}$  is de hoeveelheid energie (warmte) die nodig is voor de aandrijving van de absorptiekoelmachine *si* in maand *mi*, in kWh;

$Q_{C;gen;pref;zi,mi}$  is de hoeveelheid energie (koeling) die door het koudeopweksysteem moet worden geleverd in maand *mi*, in kWh;

$Q_{C;gen;ext;zi,mi}$  is de hoeveelheid energie (koeling) die door de externe koudelevering moet worden geleverd in maand *mi*, in kWh;

$EER_{si,gi,mi}$  is de energie-efficiëntie van een koudeopwekker (compressiesysteem) volgens tabel 10.29;

$Q_{H;C;gen;abs;in;si,mi}$  is de thermische energie benodigd voor de aandrijving van een absorptiekoeler van koudeopweksysteem *si* in maand *mi*, in kWh;

$\zeta_n$  is de energie-efficiëntie van een koudeopwekker (absorptiesysteem) volgens tabel 10.29;

$\eta_{C;gen;equiv;dc}$  is het opwekkingsrendement voor koeling bij externe koudelevering;

$f_{prpr;si}$ 

is de praktijkprestatiefactor van koelsystemen (koudeafgiftesysteem, koudedistributiesysteem en koudeopweksysteem) en wordt voor alle koelsystemen toegepast.

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een bestaand gebouw waarbij sprake is van een collectieve installatie voor de functie koeling moet op basis van facturen/contracten van een warmteleverancier of op andere wijze worden nagegaan of er sprake is van externe koudelevering. Indien er geen facturen/contracten van een warmteleverancier kunnen worden overlegd of op andere wijze kan worden aangetoond dat er sprake is van externe koudelevering, moet worden uitgegaan van een collectieve gebouwinstallatie voor de functie koeling, zie tabel 10.29.

#### 10.5.6.2 EER, $\zeta_n$ en $\eta_{C;gen;equiv;dc}$ van de koudeopwekker

Voor de jaarlijkse energie-efficiëntie van een koudeopwekker  $EER_{si,gi,mi}$  van een opwekkingstoestel  $gi$  in een gegeven maand  $mi$ , van een gegeven koelsysteem  $si$ , gelden de rekenwaarden zoals hierna gegeven voor de onderscheiden voorzieningen.

**OPMERKING 1** In de in tabel 10.29 gegeven  $EER$  is de hulpenergie voor het condensorwarmteafgiftesysteem verdisconteerd.

Bij de berekening wordt voor elke maand  $mi$  dezelfde getalswaarde gebruikt.

**Tabel 10.29 — Energie-efficiëntie van een koudeopwekker  $EER_{si,gi,mi}$  voor koudeopweksysteem  $si$  als GEN\_TYPE = COMP**

Energie-efficiëntie van een koudeopwekker	$EER_{si,gi,mi}$
<b>Onbekende koudeopwekker in een collectieve gebouwinstallatie</b>	3,00
Elektrisch aangedreven compressiekoelmachine	3,00
Een met een gasmotor aangedreven compressiekoelmachine	$3,00 \times \eta_{ge}$

waarin:

$\eta_{ge}$  is het dimensieloze als rendement van de gasmotor, waarvan de getalswaarde gelijk is aan het jaargemiddelde elektrisch omzettingsgetal voor gebouwgebonden WKK,  $\varepsilon_{chp;el}$  (tabel 9.31) waarbij  $p_{el}$  gelijk wordt gesteld aan het mechanisch vermogen van de gasmotor  $p_{ge}$ .

**Tabel 10.30 — Energie-efficiëntie van een koudeopwekker  $\zeta_{si,gi,mi}$  voor koudeopweksysteem  $si$  als GEN\_TYPE = ABS**

Energie-efficiëntie van een koudeopwekker	$\zeta_{si,gi,mi}$
Met gas aangedreven absorptiekoeling	0,80
Absorptiekoelmachine:	
— op externe warmtelevering	$0,70 \times \eta_{H;gen;equiv;dh}$
— op WKK	$1,00 \times \varepsilon_{chp;th}$
waarin:	
$\eta_{H;gen;equiv;dh}$	is het dimensieloze in te zetten rendement voor externe warmtelevering;
$\varepsilon_{chp;th}$	is het dimensieloze jaargemiddelde thermisch omzettingsgetal van de warmtekrachtinstallatie op bovenwaarde bij HT (tabel 9.31).

Voor de energie-efficiëntie van koudeopwekkers bepaald volgens tabellen 10.29 en 10.30 geldt:

$$f_{prpr;si} = 1$$

Bij externe koudelevering, levering van koude van buiten het eigen perceel, waarbij de koude extern wordt aangeleverd en niet is beperkt tot gebouwen op het eigen perceel geldt:

$\eta_{C;gen;equiv;dc}$  is het opwekkingsrendement voor koeling bij externe koudelevering;

$f_{prpr;si}$  is de praktijkprestatiefactor van koelsystemen (koudeafgiftesysteem, koudedistributiesysteem en koudeopweksysteem) en wordt voor alle koelsystemen toegepast.

**OPMERKING 2** Bij externe koudelevering is koude de energiedrager. Met  $\eta_{C;gen;equiv;dc} = 1,0$  wordt dit expliciet gemaakt op de grens van het gebouw of perceel. Voor de bepaling van de energieprestatie wordt tevens de beleidsmatige waarde voor de primaire energiefactor voor aangeleverde koude, conform tabel 5.2 in rekening gebracht. Indien de energieprestatie wordt bepaald inclusief het effect van een energie-infrastructuur op gebiedsniveau, dan wordt volgens bijlage P o.a. een nieuwe waarde voor de primaire energiefactor van externe koudelevering bepaald, zie tabel 5.2.

De praktijkprestatiefactor van koelsystemen  $f_{prpr;si}$  wordt als volgt bepaald: Indien bij externe koudelevering de primaire energiefactor van externe koudelevering ( $f_{P;del;dc}$ ) de vaste waarde heeft van  $f_{P;del;el} / 3$ , bepaald volgens tabel 5.2, of conform bijlage P gebaseerd is op uitsluitend gemeten waarden, dan geldt  $f_{prac;si} = 1,0$ . Indien de primaire energiefactor van externe koudelevering conform bijlage P gebaseerd is op berekende en eventueel gemeten waarden, en in alle andere gevallen, geldt  $f_{prac;si} = 0,95$ .

### 10.5.7 Hulpenergie $W_{aux;gen;el;in;si;mi}$ van de koudeopwekking

Indien er geen koelsysteem is geïnstalleerd of voorzien geldt:

$$W_{aux;gen;el;in;mi} = 0$$

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie koeling met een onbekende opwekker (tabel 10.29), geldt:

$$W_{aux;gen;el;in;mi} = 0$$

In alle andere gevallen geldt:

Het hulpenergiegebruik van het koudeopweksysteem voor rekenzone  $j$  is:

$$W_{\text{aux;gen;el;in;si};j;\text{mi}} = W_{\text{hr;el;in;si};j;\text{mi}} + W_{\text{dist;hr;el;in;si};j;\text{mi}} + W_{\text{ctrl;el;in;si};j;\text{mi}} + W_{\text{fc;el;in;si};j;\text{mi}} \quad (10.79)$$

$$W_{\text{aux;gen;el;in;mi}} = \sum_j W_{\text{aux;gen;el;in;si};j;\text{mi}}$$

waarin:

$W_{\text{aux;gen;el;in;si},zi,\text{mi}}$  is de elektrische hulpenergie van koudeopweksysteem  $si$  voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{\text{hr;el;in;si},zi,\text{mi}}$  is de elektrische hulpenergie van het condensorwarmteafgiftesysteem van het koudeopweksysteem  $si$  voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{\text{dis;hr;el;in;si},zi,\text{mi}}$  is de elektrische hulpenergie van het distributiesysteem van het condensorwarmteafgiftesysteem van het koudeopweksysteem  $si$  voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{\text{ctrl;el;in;zi},mi}$  is de elektrische hulpenergie van de regeling van het koudeopweksysteem  $si$  voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{\text{fc;el;in;zi},mi}$  is de elektrische hulpenergie van de vrije koeling van systeem  $si$  voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh.

De thermische energie die door het condensorwarmteafgiftesysteem van koudeopweksysteem  $si$  in rekenzone  $zi$  moet worden afgevoerd in maand  $mi$  bedraagt:

Als GEN\_TYPE = COMP:

$$Q_{\text{hr;out;si};zi;\text{mi}} = \sum_{gi} Q_{\text{C;gen;pref};zi;\text{mi}} \left( 1 + \frac{1}{EER_{gi;n} f_{\text{C;PL;k;si};gi;zi;\text{mi}} f_{EER;\text{corr};si;gi;zi;\text{mi}}} \right) \quad (10.80)$$

Voor een met een gasmotor aangedreven compressiekoelmachine geldt:

$$Q_{\text{hr;out;si};zi;\text{mi}} = Q_{\text{C;gen;pref};zi;\text{mi}} \cdot \left( 1 + \frac{1}{3,00} \right) \quad (10.80b)$$

anders:

$$Q_{\text{hr;out;si};zi;\text{mi}} = \sum_{gi} Q_{\text{C;gen;pref};zi;\text{mi}} \left( 1 + \frac{1}{\zeta_n f_{\text{C;PL;k;si};gi;\text{mi}}} \right) \quad (10.81)$$

waarin:

$Q_{\text{C;gen;pref};zi,\text{mi}}$  is de hoeveelheid energie (koeling) die door het koudeopweksysteem moet worden geleverd in rekenzone  $zi$  en in maand  $mi$ , in kWh;

$f_{\text{C;PL;k;si},gi,\text{mi}}$  is de deellastfactor voor de koudeopwekker  $gi$  in systeem  $si$  en voor maand  $mi$ , in kWh (tabel 10.19 of 10.21);

3,00 is de waarde voor de  $EER_{si,gi,mi}$  van een met een gasmotor aangedreven compressiekoelmachine exclusief het mechanische rendement van de gasmotor  $\eta_{ge}$ , volgens tabel 10.29.

Formule (10.80) is gebaseerd op elektrisch aangedreven compressiekoelmachines en formule (10.81) op met warmte (thermisch) aangedreven absorptiekoelsystemen. Voor met een gasmotor aangedreven compressiekoelmachines is formule (10.80b) van toepassing.

#### 10.5.7.1 Hulpenergie $W_{hr;el;in;si,mi}$ van het condensorwarmteafgiftesysteem van het koudeopweksysteem $si$ in rekenzone $zi$

Bij het gebruik van methode 3 wordt er geen hulpenergie berekend voor het condensorwarmteafgiftesysteem.  $W_{hr;el;in;si,zi,mi} = 0$

De hulpenergie voor het condensorwarmteafgiftesysteem van koudeopweksysteem  $si$  in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  is gedefinieerd als:

Als REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_RAC or REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_CHLL (koudeopwekker met directe condensatie tegen de buitenlucht, figuur 10.5, principe 2)

$$W_{hr;el;in;si,zi,mi} = 0$$

Anders:

$$W_{hr;el;in;si,zi,mi} = Q_{hr,out;si,zi,mi} \cdot p_{hr;el;si} \cdot f_{hr;PL;el;si} \cdot f_{hr;fc;el;si} \quad (10.82)$$

waarin:

$Q_{hr,out;si,zi,mi}$  is de afgevoerde energie van het condensorwarmteafgiftesysteem uit rekenzone  $zi$  van koudeopweksysteem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh;

$p_{hr;el;si}$  is de specifieke elektrische energiebehoefte van het condensorwarmteafgiftesysteem van koudeopweksysteem  $si$ , in kW/kW, volgens tabel 10.31;

$f_{hr;PL;el;si}$  is de elektrische deellastfactor van het condensorwarmteafgiftesysteem van koudeopweksysteem  $si$ , volgens tabel 10.32;

$f_{hr;fc;el;si}$  is de elektrische factor voor vrije koeling van koudeopweksysteem  $si$ ,  $f_{hr;fc;el;si} = 1$ .

**Tabel 10.31 — Waarden voor het specifieke elektriciteitsgebruik van het condensorwarmteafgiftesysteem**

Type condensorwarmteafgiftesysteem	Specifiek elektriciteitsgebruik $p_{hr;el;si}$ in kW/kW		
	If HEAT_REJ_TYPE = WET (inclusief watertoeverpompen)		If HEAT_REJ_TYPE = DRY
	Open circuit	Gesloten circuit of hybride koeltoren	
Zonder geluidsdemper (axiale ventilatoren)	0,033	0,018	0,045
Met geluidsdemper (radiaal ventilatoren) en indien onbekend	0,040	0,021	0,054
Bodemopslagsysteem/oppervlaktewater		0	

**Tabel 10.32 — Deellastfactor elektriciteitsgebruik  $f_{hr;PL;el;si}$  condensorwarmte afgiftesysteem**

HEAT_REJ_CTRL	HEAT_REJ_TYPE of HBRD_HEAT_REJ_CTRL	
	DRY of HBRD_DRY	WET of HBRD_WET
Niet geregeld (NO_CTRL)	1	1

### 10.5.7.2 Hulpenergie $W_{hr;el;in;si,mi}$ distributiesysteem condensorwarmte afgiftesysteem van het koudeopweksysteem si

Indien er geen koelsysteem is geïnstalleerd of voorzien wordt de hoeveelheid gebruikte hulpenergie  $W_{dis;hr;el;in;si,mi}$  op 0 gesteld.

Het energiegebruik van de distributie van het condensorwarmte afgiftesysteem van het koudeopweksysteem wordt berekend volgens:

als REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_RAC or REFR\_TYPE = AIR\_CLG\_CHLL:

$$W_{dis;hr;el;in;si,mi} = 0$$

indien:

$$W_{dis;hr;el;in;si,mi} = Q_{hr,out;si,mi} \cdot p_{dis;el;si} \quad (10.83)$$

waarin:

$W_{dis;hr;el;in;si,mi}$  is energiegebruik van het distributiesysteem van het condensorwarmte afgiftesysteem van koudeopweksysteem si in maand mi, in kWh;

$Q_{hr,out;si,mi}$  is de afgevoerde energie van het condensorwarmte afgiftesysteem van koudeopweksysteem si in maand mi, in kWh;

$p_{dis;el;si}$  is de specifieke elektriciteitsbehoefte van het distributiesysteem van het condensorwarmte afgiftesysteem van koudeopweksysteem si, in kW/kW volgens tabel 10.33.

**Tabel 10.33 — Specifieke elektriciteitsbehoefte condensorwarmte afgiftesysteem**

Specifieke elektriciteitsbehoefte van het distributiesysteem		
P <sub>dis;el;si</sub>	Eenheid	
0,033	kW/kW <sub>hr</sub>	Voor een koeltoren of verdampingscondensor met een gesloten systeem
0,018	kW/kW	Voor open systeem
0,045	kW/kW	Voor een droge koeler
0,045	kW/kW	Bodemopslagsysteem
0,018	kW/kW	Oppervlaktewater

### 10.5.7.2.1 Hulpenergie vrije koeling met behulp van oppervlaktewater of een bodemopslagsysteem $W_{fc;el;in;si,mi}$

Voor koeling waarbij de aan de rekenzone  $j$  onttrokken energie rechtstreeks aan het oppervlaktewater of bodemopslagsysteem wordt overgedragen of ventilatielucht via dauwpuntskoeling wordt gekoeld zonder tussenkomst van een elektrisch of thermisch aangedreven koudeopwekker (vrije koeling) wordt alleen pompenergie toegerekend.

$$Q_{hr,out;si,mi} = Q_{C;gen;pref;z,i,mi}$$

Als bij een bodemopslagsysteem minder dan 70 % van de onttrokken energie door een warmtepomp wordt toegevoerd door vrije koeling of de condensorwarmte van een koelmachine, dan wordt de hoeveelheid elektrische hulpenergie vermeerderd met het verschil gedeeld door 10.

Als:

$$\frac{\sum_{mi} Q_{C;hr,out;si,mi}}{\sum_{mi} (Q_{H;gen;gi,mi,out} - E_{H;gen;gi;cr;j;mi,in})} < 0,7 \quad (10.84)$$

dan:

$$W_{fc;el;in;si,mi} = \frac{Q_{C;hr,out;si,mi}}{EER_{fc;si,mi}} + \frac{0,7 \times \sum_{mi} (Q_{H;gen;gi,mi,out} - E_{H;gen;gi;cr;j;mi,in}) - \sum_{mi} Q_{C;hr,out;si,mi}}{10 \times \sum_{mi} REG_{mi}} \times REG_{mi} \quad (10.85)$$

anders:

$$W_{fc;el;in;si,mi} = \frac{Q_{C;hr,out;si,mi}}{EER_{fc;si,mi}} \quad (10.86)$$

Indien wordt aangetoond dat de bodemtemperatuur van het bodemopslagsysteem met bodemwarmtewisselaars met alleen de toevoer van warmte uit de vrije koeling altijd groter is dan 0 °C, dan geldt:

$$W_{fc;el;in;si,mi} = \frac{Q_{C;hr,out;si,mi}}{EER_{fc;si,mi}}$$

waarin:

$W_{fc;el;in;si,mi}$  is het energiegebruik van de vrije koeling van koudeopweksysteem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{hr,out;si,mi}$  is de afgevoerde energie van het condensorwarmteafgiftesysteem van koudeopweksysteem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh;

$EER_{fc;si,mi}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor vrije koeling  $fc$ , in systeem  $si$ , in maand  $mi$ ;

$Q_{H,W;gen;gi,mi,out}$  is de door de warmtepomp met een WKO-systeem als bron voor de functie verwarming en/of tapwaterbereiding geleverde warmte in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 9.6.3 en 13.8;

$E_{H;gen;gi;cr;j;mi,in}$  is de aandrijfenergie van de warmtepomp met een WKO-systeem als bron voor de functie verwarming en/of voor de functie tapwaterbereiding in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 9.6.3 en 13.1.2.3;

10

is het rendementsgetal voor de regeneratie van het WKO-systeem;

 $REG_{mi}$ 

zijn de maanden waarin regeneratie van de bron plaatsvindt. Voor de maanden  $mi = 1, 2, 3, 10, 11$  en  $12$  geldt:  $REG_{mi} = 0$  en voor de maanden  $mi = 4, 5, 6, 7, 8$  en  $9$  geldt:  $REG_{mi} = 1$ .

**OPMERKING 1** Om een bodemopslagsysteem niet in temperatuur te laten afnemen is het toevoeren van 70 % van de ontrokken warmte over het algemeen voldoende.

**OPMERKING 2** Om de door een elektrisch aangedreven warmtepompsysteem ontrokken warmte aan het WKO-systeem (bron) te berekenen wordt de door de warmtepomp geleverde warmte voor de functie verwarming en tapwater verminderd met de elektrische aandrijfenergie van de warmtepomp voor deze functies.

**Tabel 10.34 — Efficiëntie van soorten vrije koeling**

Systeemtype vrije koeling	$EER_{fc}$
Koudeopslag (open systeem, aquifer) (zonder inzet koelmachine) <sup>a</sup> voor woningen en woongebouwen e.d. gerealiseerd of vergunning verstrekt voor 2013 <sup>a</sup>	14
Koudeopslag (open systeem, aquifer) (zonder inzet koelmachine) voor utiliteitsbouw gerealiseerd of vergunning verstrekt voor 2013 <sup>a</sup>	16
Koudeopslag (open systeem, aquifer) (zonder inzet koelmachine) voor woningen, woongebouwen en utiliteitsbouw gerealiseerd of vergunning verstrekt vanaf 2013 <sup>a</sup>	23
Dauwpunktskoeling <sup>b</sup>	8
Oppervlaktewater	10
Koudeopslag (gesloten systeem met bodemwarmtewisselaars)	10

<sup>a</sup> Het opwekkingsrendement betreft hier de verhouding tussen koudelevering en gebruik van elektrische hulpenergie voor de bronpomp.  
<sup>b</sup> Gebruik van de aangegeven forfaitaire waarde voor dauwpunktskoeling is alleen toegelaten indien voor de bepaling van het energieverbruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie in 11.4 wordt uitgegaan van de werkelijk geïnstalleerde vermogens.

#### 10.5.7.3 Hulpenergie regeling van het koudeopweksysteem $W_{ctrl;el;in;si,mi}$

Het energieverbruik van de regelsystemen van het koudeopweksysteem, sensoren, enz. worden berekend met:

$$W_{ctrl;el;in;si,mi} = t_{mi} \sum_j P_{ctrl;el;si,j} \quad (10.87)$$

waarin:

$W_{ctrl;el;in;si,mi}$  is het energieverbruik van de regelsystemen van het koudeopweksysteem  $si$  in maand  $mi$ , in kWh;

$P_{ctrl;el;si,j}$  is het elektrische opgenomen vermogen van regelsysteem  $j$  van het koudeopweksysteem, in kW;

$$\sum_j P_{ctrl;el;si,j} = 0,010 \text{ kW volgens NEN 7120};$$

$t_{mi}$  is de bedrijfstijd van de regeling van het koudeopweksysteem in maand  $mi$ , in h.

OPMERKING Hierbij is ervan uitgegaan dat de regeling altijd in bedrijf is.

#### 10.5.7.3.1 Terugwinbare thermische energie bij ruimte airconditioners

De terugwinbare thermische energie van koudeopweksystemen in gebouwen met een  $A_g > 500 \text{ m}^2$  is op 0 gesteld, omdat deze installaties zich over het algemeen in een technische ruimte bevinden.

In situaties waarvoor geldt  $A_{g;\text{gebouw}} \leq 500 \text{ m}^2$ , worden de verliezen op 0 gesteld.

De terugwinbare thermische energie  $Q_{C;\text{gen;out;rbl;zi},mi}$  is in deze situaties:

$$Q_{C;\text{gen;out;rbl;zi},mi} = 0$$

OPMERKING Voor ruimtekoelers geldt dat dit reeds in de prestatie van het toestel is verdisconteerd.

##### 10.5.7.3.1.1 Terugwinbare thermische energie bij watergekoelde koudeopwekkers

De terugwinbare thermische energie van koudeopweksystemen in gebouwen met een  $A_g > 500 \text{ m}^2$  zijn op 0 gesteld omdat deze installaties zich over het algemeen in een technische ruimte bevinden.

In situaties waarvoor geldt  $A_g \leq 500 \text{ m}^2$  en bij koudeopweksystemen waarbij de condensorwarmte via een watercircuit aan de omgeving wordt afgegeven, worden de verliezen op 0 gesteld.

De terugwinbare thermische energie  $Q_{C;\text{gen;out;rbl},mi}$  is in deze situaties:

$$Q_{C;\text{gen;out;rbl},mi} = 0$$

OPMERKING Bij koudeopweksystemen met directe condensatie (figuur 10.5, principe 2) tegen de buitenlucht staan deze toestellen meestal buiten opgesteld.

## 11 Ventilatie

### 11.1 Principe

Alle luchtstromen die ontstaan door de combinatie van alle optredende deelfactoren, wegen mee in de berekening van de energieprestatie van een gebouw. Dit is inclusief het gebruik van ventilatievoorzieningen, de invloed van wind op het gebouw, eventuele verbrandingsluchttoevoer, enz. De effectieve luchtvolumestromen worden aan de hand van een vereenvoudigd luchtstroommodel bepaald. De beïnvloeding van individuele luchtvolumestromen wordt daarbij meegewogen.

In het luchtstroommodel wordt rekening gehouden met de luchtvolumestromen als gevolg van ventilatie, spuien, zomernachtventilatie, luchtstromen als gevolg van open verbrandingstoestellen en infiltratie. De luchtvolumestromen worden bij een uniform drukverschil van 1 Pa bepaald. Vervolgens wordt een massabalans opgesteld waarbij de interne druk in de rekenzone wordt bepaald. Op basis van deze interne druk wordt de effectieve luchtvolumestroom bepaald.

De temperatuur van de ventilatielucht die de rekenzone ingaat, wordt bepaald door de temperatuur van de buitenlucht te corrigeren. Daarbij kan een temperatuurcorrectie plaatsvinden als gevolg van een vorstbeveiliging, warmteterugwinning, recirculatie, koeling, bevochtiging, naverwarming, ventilatoren en warmteverlies in de toevoerkanaal en door naverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom.

Het energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie van lucht in het gebouw wordt bepaald door de draaitijd en het effectieve vermogen.

In hoofdstuk 6 zijn de indeling en schematisering van een gebouw beschreven. Daarbij is beschreven dat naast een berekening op gebouwniveau een berekening van een gebouwdeel of een individuele woonfunctie mogelijk is.

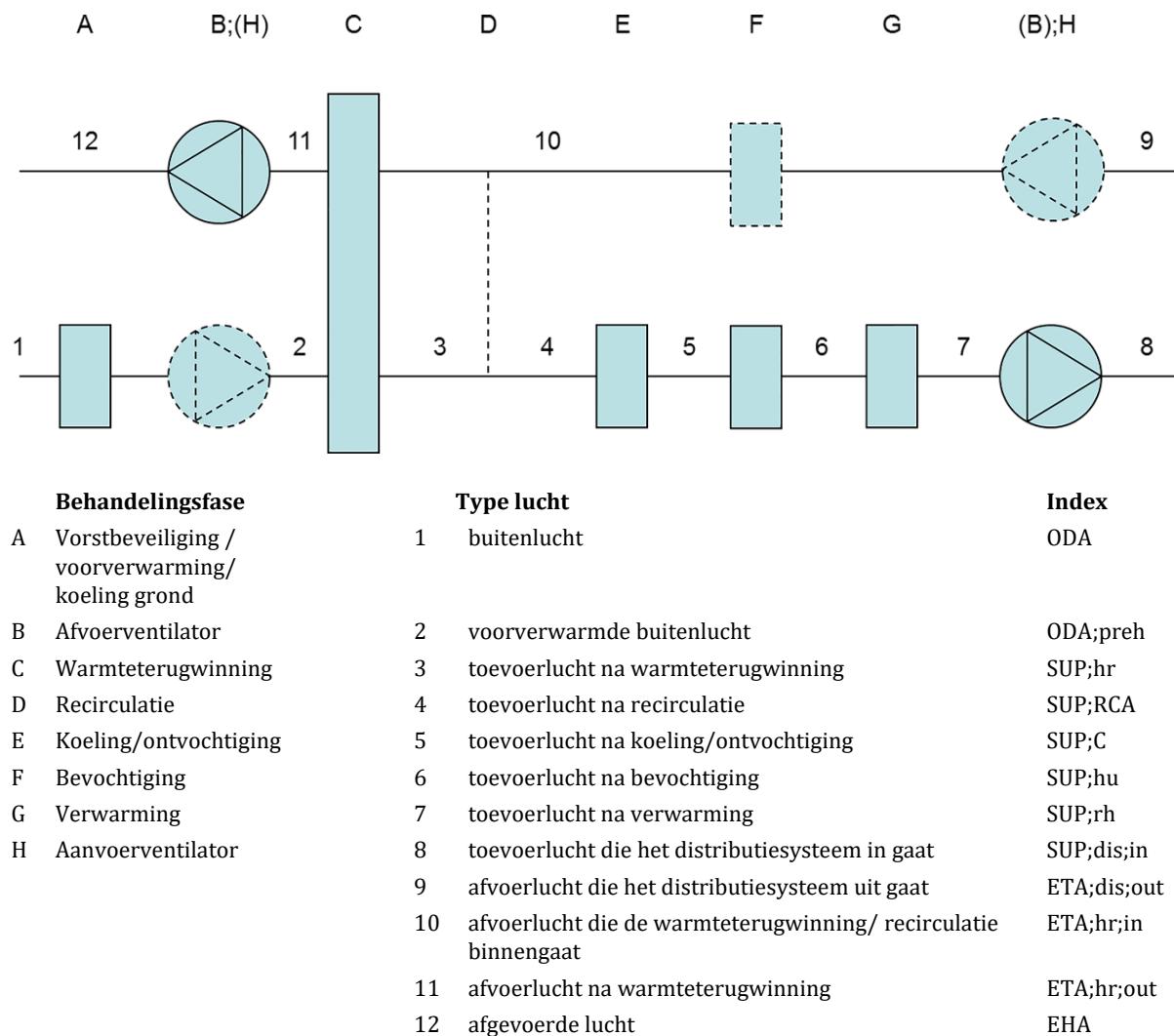
De opzet van hoofdstuk 11 is zodanig dat de berekening op gebouwniveau wordt uitgevoerd. De kenmerken op het niveau van het totale gebouw worden gebruikt. Omwille van de eenvoud is hiervoor gekozen. Het verschil tussen de kenmerken op gebouwniveau en gebouwdeelniveau is doorgaans beperkt, net als de invloed daarvan op de rekenresultaten, terwijl het vaststellen van de kenmerken op gebouwdeelniveau zou leiden tot een toename van het aantal rekenparameters.

In dit hoofdstuk wordt voor de indeling in ventilatiesystemen gebruikgemaakt van de volgende benamingen:

Symbol	Omschrijving
NATURAL_OP	Ventilatiesysteem A – Natuurlijke ventilatie, geen mechanisch systeem
SUPPLY_OP	Ventilatiesysteem B – Systeem met mechanische toevoer
EXTRACT_OP	Ventilatiesysteem C – Systeem met mechanische afvoer
BALANCED_OP	Ventilatiesysteem D – Balansventilatie met toevoer- en afvoerstromen
BALANCED-DEC_OP	Ventilatiesysteem E – Lokale balansventilatie met toevoer- en afvoerstromen

Afhankelijk van het principe van het ventilatiesysteem volgens bovenstaand overzicht, is de uitwerking van de berekening volgens dit hoofdstuk op een aantal plaatsen specifiek toegesneden op dat principe.

Ter verduidelijking van de in dit hoofdstuk gebruikte benamingen voor luchtstromen en temperaturen van de luchtstromen is in figuur 11.1 een schematische weergave van een luchtbehandelingskast (AHU) weergegeven.



**Figuur 11.1 — Benaming luchtstromen en -temperaturen  
(figuur uit 6.4.3.1 van NEN-EN 16798-5-1:2017)**

## 11.2 Bepalen effectieve luchtvolumestromen

Bepaal van elke rekenzone per maand de luchtstromen en de temperatuur van de luchtstromen volgens 11.2 en 11.3 voor zowel een situatie met warmtebehoefte als voor de situatie met koudebehoefte. In dit hoofdstuk zijn in verband met de leesbaarheid de indexen H (warmtebehoefte) en C (koudebehoefte) weggelaten.

## 11.2.1 Luchtstroommodel

### 11.2.1.1 Principe

Het stappenplan voor het bepalen van de effectieve luchtvolumestromen per rekenzone is als volgt:

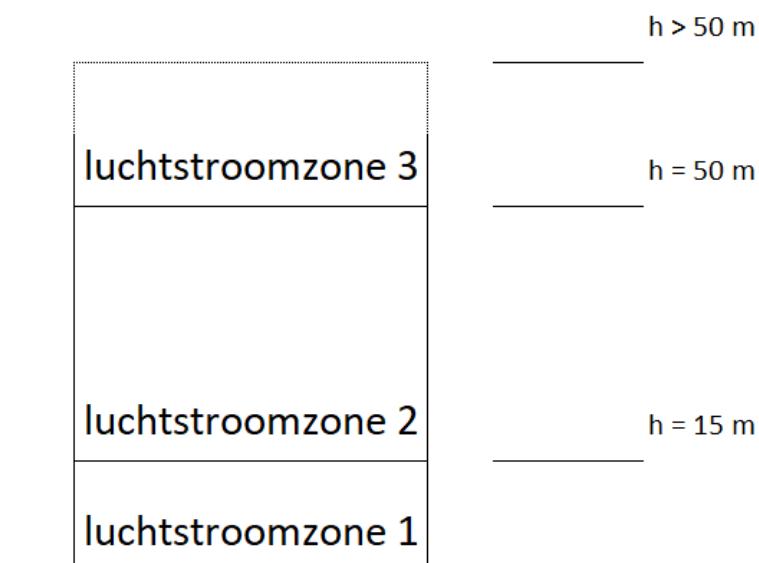
- 1) Bepaal de luchtvolumestromen voor ventilatievoorzieningen ( $q_{V;ODA;req;zi,mi}$ ), verplichte spuivoorzieningen ( $q_{V;argl;in;zi,mi}$ ), zomernachtventilatie ( $q_{V;argll;in;zi,mi}$ ), verbrandingslucht voor open verbrandingstoestellen ( $q_{V;comb;in;zi,mi}$ ) en infiltratie ( $q_{V1;lea;ref}$ ) bij een drukverschil van 1 Pa. De bepaling van deze referentie-luchtvolumestromen bij 1 Pa drukverschil in m<sup>3</sup>/h zijn beschreven in 11.2.2 t/m 11.2.5.
- 2) Bepaal de kenmerken van de (natuurlijke) luchtvolumestromen en de vastgestelde positie van de bijbehorende openingen  $i$ :
  - de totale luchtdoorlatendheidscoëfficiënt; de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor natuurlijke toe- en/of afvoer ( $C_{vent;in;req} / C_{vent;out;req}$ ), voor infiltratie ( $C_{lea}$ ), voor verplichte spuivoorzieningen ( $C_{argl;in;req} / C_{argl;out;req}$ ) en verbrandingslucht voor open verbrandingstoestellen ( $C_{comb;in;req}$ ) volgens 11.2.2, 11.2.3, 11.2.4 en 11.2.5;
  - de verdeling van de totale (natuurlijke) luchtvolumestromen over de openingen  $i$  in de gebouwschil volgens 11.2.1.2;
  - de stromingsweerstanden  $n$  van de (natuurlijke) luchtvolumestromen voor opening  $i$ , bepaald volgens 11.2.1.3.
- 3) Bepaal voor de volgende stromen de massastroom volgens 11.2.1.5:
  - als gevolg van mechanische ventilatie ( $q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$  en  $q_{m;V;ETA;dis;zi,mi}$ );
  - als gevolg van mechanische ventilatie (afvoer) bij open verbrandingstoestellen en  $q_{m;V;comb;out;zi,mi}$ ;
  - maak daarbij gebruik van de volgende luchtvolumestromen die berekend zijn bij een drukverschil van 1 Pa:
    - als gevolg van mechanische ventilatie:  $q_{V;SUP;eff;zi,mi}$  en  $q_{V;ETA;eff;zi,mi}$  volgens 11.2.2.2;
    - als gevolg van open verbrandingstoestellen  $q_{V;comb;out;zi,mi}$  volgens 11.2.4.
- 4) Bepaal de interne referentiedruk ( $p_{z;ref}$ ) zodanig dat de massabalans volgens formule (11.5) voldoet aan de vereiste nauwkeurigheid. In 11.2.1.5 is een routine gegeven die moet worden gebruikt bij het bepalen van de  $p_{z;ref}$ .
- 5) Met de in stap 4 bepaalde  $p_{z;ref}$  kunnen de volgende effectieve massastromen worden berekend:
  - de massastroom die van buiten de rekenzone naar binnen komt via ventilatievoorzieningen ( $q_{m;V;vent;in;zi,mi}$ );
  - de massastroom die van de rekenzone naar buiten toe treedt via ventilatievoorzieningen ( $q_{m;V;vent;out;zi,mi}$ );

- de massastroom die van buiten de rekenzone naar binnen komt als gevolg van infiltratie ( $q_{m;V;lea;in;zi,mi}$ );
  - de massastroom die van de rekenzone naar buiten toe treedt als gevolg van infiltratie ( $q_{m;V;lea;out;zi,mi}$ );
  - de massastroom die van buiten naar binnen komt via verplichte spuivoorzieningen ( $q_{m;V;argl;in;zi,mi}$ );
  - de massastroom die van binnen naar buiten komt via verplichte spuivoorzieningen ( $q_{m;V;argl;out;zi,mi}$ ).
- 6) Bepaal de effectieve luchtvolumestroom ( $q_{V,eff}$ ) volgens 11.2.1.7. Een rekenzone kan uit meerdere luchtstroomzones bestaan. De effectieve luchtvolumestroom bedraagt in dat geval de som van de effectieve luchtvolumestroom van de luchtstroomzones.

**OPMERKING** Per berekening wordt het voorgaande stappenplan 24 keer doorlopen. Elke maand namelijk twee keer: één keer voor een situatie met koudebehoefte en één keer voor een situatie met warmtebehoefte.

### 11.2.1.2 Luchtdoorlatendheidscoëfficiënt ( $C_{path;i}$ )

De capaciteit van de totale luchtdoorlatendheidscoëfficiënt wordt over de gebouwschil (gevel, dak en vloer) verdeeld over de diverse openingen  $i$  in de schil. Daarbij is onder andere de hoogte van het gebouw van belang. Als uitgangspunt is gekozen dat de luchtstromen in een rekenzone evenredig verdeeld zijn over de totale gebouwhoogte. Het aantal luchtstroomzones is afhankelijk van de gebouwhoogte en blijkt uit de waarden gegeven in tabel 11.1 en is nader toegelicht in figuur 11.2.



**Figuur 11.2 — Toelichting luchtstroomzone**

**Tabel 11.1 — Hoogte openingen ( $H_{\text{path};i}$ ) en luchtdoorlatendheidscoëfficiënt ( $C_{\text{path};i}$ )**

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
<b>Rekenzone met: <math>H &lt; 15</math> m, bouwjaar &lt; 1992, begrenzing begane grondvloer = kruipruimte</b>								
Luchtstroomzone 1: <i>infiltratie</i>	$0,5 \times H$	$0,35 \times C_{\text{lea}}$	$0,5 \times H$	$0,35 \times C_{\text{lea}}$	$H$	$0,15 \times C_{\text{lea}}$	0	$0,15 \times C_{\text{lea}}$
Luchtstroomzone 1: <i>natuurlijke toevoer ventilatielucht</i>		$0,5 \times C_{\text{vent;in;req}}$		$0,5 \times C_{\text{vent;in;req}}$	-	-		
Luchtstroomzone 1: <i>natuurlijke afvoer ventilatielucht</i>		$0,5 \times C_{\text{vent;out;req}}$		$0,5 \times C_{\text{vent;out;req}}$	-	-		
Luchtstroomzone 1: <i>verplichte spuiventilatie – toevoer</i>		$0,5 \times C_{\text{argl;in;req}}$		$0,5 \times C_{\text{argl;in;req}}$	-	-		
Luchtstroomzone 1: <i>verplichte spuiventilatie – afvoer</i>		$0,5 \times C_{\text{argl;out;req}}$		$0,5 \times C_{\text{argl;out;req}}$	-	-		
Luchtstroomzone 1: <i>open verbrandingstoestellen</i>		$0,5 \times C_{\text{comb;in;req}}$		$0,5 \times C_{\text{comb;in;req}}$	-	-		
<b>Voor de overige rekenzones met <math>H &lt; 15</math> m</b>								
Luchtstroomzone 1: <i>infiltratie</i>	$0,5 \times H$	$0,4 \times C_{\text{lea}}$	$0,5 \times H$	$0,4 \times C_{\text{lea}}$	$H$	$0,2 \times C_{\text{lea}}$		
Luchtstroomzone 1: <i>natuurlijke toevoer ventilatielucht</i>		$0,5 \times C_{\text{vent;in;req}}$		$0,5 \times C_{\text{vent;in;req}}$	-	-		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
Luchtstroomzone 1: <i>natuurlijke afvoer ventilatielucht</i>		$0,5 \times C_{\text{vent;out;req}}$		$0,5 \times C_{\text{vent;out;req}}$	-	-		
Luchtstroomzone 1: <i>verplichte spuiventilatie – toevoer</i>		$0,5 \times C_{\text{argl;in;req}}$		$0,5 \times C_{\text{argl;in;req}}$	-	-		
Luchtstroomzone 1: <i>verplichte spuiventilatie – afvoer</i>		$0,5 \times C_{\text{argl;out;req}}$		$0,5 \times C_{\text{argl;out;req}}$	-	-		
Luchtstroomzone 1: <i>open verbrandingstoestellen</i>		$0,5 \times C_{\text{comb;in;req}}$		$0,5 \times C_{\text{comb;in;req}}$	-	-		
<b>Rekenzone met <math>15 \text{ m} \leq H &lt; 50 \text{ m}</math></b>								
<i>Infiltratie</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{lea;fde;windward;1}}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{lea}}$	7,5	$C_{\text{lea;fde;leeward;1}}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{lea}}$	-	-		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{lea}} - C_{\text{lea;fde;windward;1}}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{lea}} - C_{\text{lea;fde;leeward;1}}$	-	-		
<i>Natuurlijke toevoer ventilatielucht</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{vent;in;req;windward;1}}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent;in;req}}$	7,5	$C_{\text{vent;in;req;leeward;1}}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent;in;req}}$	-	-		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{path;i}$ m	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$ m	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$	$C_{path;i}$
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{vent;in;req} - C_{vent;in;req;windward;1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{vent;in;req} - C_{vent;in;req;leeward;1}$	-	-		
<i>Natuurlijke afvoer ventilatielucht</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{vent,out;req;windward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{vent,out;req}$	7,5	$C_{vent,out;req;leeward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{vent,out;req}$	-	-		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{vent,out;req} - C_{vent,out;req;windward;1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{vent,out;req} - C_{vent,out;req;leeward;1}$	-	-		
<i>Verplichte spuiventilatie - toevoer</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{argl,in;req;windward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{argl,in;req}$	7,5	$C_{argl,in;req;leeward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{argl,in;req}$	-	-		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{argl,in;req} - C_{argl,in;req;windward;1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{argl,in;req} - C_{argl,in;req;leeward;1}$	-	-		
<i>Verplichte spuiventilatie - afvoer</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{argl,out;req;windward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{argl,out;req}$	7,5	$C_{argl,out;req;leeward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{argl,out;req}$	-	-		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{argl,out;req} - C_{argl,out;req;windward;1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{argl,out;req} - C_{argl,out;req;leeward;1}$	-	-		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
<i>Open verbrandingstoestellen</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{comb;in;req;windward;1}}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{comb;in;req}}$	7,5	$C_{\text{comb;in;req;leeward;1}}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{comb;in;req}}$	-	-		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{comb;in;req}} - C_{\text{comb;in;req;windward;1}}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{comb;in;req}} - C_{\text{comb;in;req;leeward;1}}$	-	-		
<b>Rekenzone met <math>H \geq 50</math> m</b>								
<i>Infiltratie</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{lea;fde;windward;1}}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{lea}}$	7,5	$C_{\text{lea;fde;leeward;1}}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{lea}}$	-	-		
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{\text{lea;fde;windward;2}}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{lea}}$	32,5	$C_{\text{lea;fde;leeward;2}}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{lea}}$	-	-		
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{lea;fde;windward;3}}$ $= 0,5 \times C_{\text{lea}} - C_{\text{lea;fde;windward;1}} - C_{\text{lea;fde;windward;2}}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{lea;fde;leeward;3}}$ $= 0,5 \times C_{\text{lea}} - C_{\text{lea;fde;leeward;1}} - C_{\text{lea;fde;leeward;2}}$	-	-		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{path;i}$ m	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$ m	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$ m	$C_{path;i}$
Natuurlijke toevoer ventilatielucht								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{vent;in;req;windward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{vent;in;req}$	7,5	$C_{vent;in;req;leeward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{vent;in;req}$				
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{vent;in;req;windward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{vent;in;req}$	32,5	$C_{vent;in;req;leeward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{vent;in;req}$				
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{vent;in;req;windward;3}$ $= 0,5 \times C_{vent;in;req} - C_{vent;in;req;windward;1} - C_{vent;in;req;windward;2}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{vent;in;req;leeward;3}$ $= 0,5 \times C_{vent;in;req} - C_{vent;in;req;leeward;1} - C_{vent;in;req;leeward;2}$				
Natuurlijke afvoer ventilatielucht								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{vent;out;req;windward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{vent;out;req}$	7,5	$C_{vent;out;req;leeward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{vent;out;req}$				
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{vent;out;req;windward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{vent;out;req}$	32,5	$C_{vent;out;req;leeward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{vent;out;req}$				

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{path;i}$ m	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$ m	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$	$C_{path;i}$
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{vent;out;req;windward;3}$ $= 0,5 \times C_{vent;out;req} - C_{vent;out;req;windward;1} - C_{vent;out;req;windward;2}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{vent;out;req;leeward;3}$ $= 0,5 \times C_{vent;out;req} - C_{vent;out;req;leeward;1} - C_{vent;out;req;leeward;2}$				
<i>Verplichte spuiventilatie - toevoer</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{argl;in;req;windward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{argl;in;req}$	7,5	$C_{argl;in;req;leeward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{argl;in;req}$	-	-		
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{argl;in;req;windward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{argl;in;req}$	32,5	$C_{argl;in;req;leeward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{argl;in;req}$	-	-		
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{argl;in;req;windward;3}$ $= 0,5 \times C_{argl;in;req} - C_{argl;in;req;windward;1} - C_{argl;in;req;windward;2}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{argl;in;req;leeward;3}$ $= 0,5 \times C_{argl;in;req} - C_{argl;in;req;leeward;1} - C_{argl;in;req;leeward;2}$	-	-		
<i>Verplichte spuiventilatie - afvoer</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{argl;out;req;windward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{argl;out;req}$	7,5	$C_{argl;out;req;leeward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{argl;out;req}$	-	-		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{path;i}$ m	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$ m	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$	$C_{path;i}$	$H_{path;i}$	$C_{path;i}$
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{argl;out;req;windward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{argl;out;req}$	32,5	$C_{argl;out;req;leeward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{argl;out;req}$	-	-		
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{argl;out;req;windward;3}$ $= 0,5 \times C_{argl;out;req} - C_{argl;out;req;windward;1} - C_{argl;out;req;windward;2}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{argl;out;req;leeward;3}$ $= 0,5 \times C_{argl;out;req} - C_{argl;out;req;leeward;1} - C_{argl;out;req;leeward;2}$	-	-		
<i>Open verbrandingstoestellen</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{comb;in;req;windward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{comb;in;req}$	7,5	$C_{comb;in;req;leeward;1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{comb;in;req}$	-	-		
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{comb;in;req;windward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{comb;in;req}$		$C_{comb;in;req;leeward;2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{comb;in;req}$	-	-		
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{comb;in;req;windward;3}$ $= 0,5 \times C_{comb;in;req} - C_{comb;in;req;windward;1} - C_{comb;in;req;windward;2}$		$C_{comb;in;req;leeward;3}$ $= 0,5 \times C_{comb;in;req} - C_{comb;in;req;leeward;1} - C_{comb;in;req;leeward;2}$	-	-		

waarin:

$H_{\text{path};i}$	is de hoogte van de opening $i$ in de gebouwschil, in m;
$C_{\text{path};i}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt van opening $i$ in de gebouwschil, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ ;
$C_{\text{lea}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ , bepaald volgens 11.2.5;
$C_{\text{vent;out;req}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ , bepaald volgens 11.2.2.2;
$C_{\text{vent;in;req}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoevoer naar binnen, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ , bepaald volgens 11.2.2.2;
$C_{\text{argl;in;req}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – toevoer naar binnen, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ , bepaald volgens 11.2.3.1;
$C_{\text{argl;out;req}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – afvoer naar buiten, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ , bepaald volgens 11.2.3.1;
$C_{\text{comb;in;req}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de open verbrandingstoestellen naar binnen, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ , bepaald volgens 11.2.4;
$C_{\text{lea;fde;windward;1,2,3}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ ;
$C_{\text{lea;fde;leeward;1,2,3}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ ;
$C_{\text{vent;in;req;windward;1,2,3}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de ventilatietoevoer van buiten in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ ;
$C_{\text{vent;in;req;leeward;1,2,3}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de ventilatietoevoer van buiten in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ ;
$C_{\text{vent;out;req;windward;1,2,3}}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de ventilatieafvoer naar buiten in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 or 3, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ ;

$C_{vent;out;req;leeward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de ventilatieafvoer naar buiten in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;
$C_{argl;in;req;windward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – toevoer naar binnen in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;
$C_{argl;in;req;leeward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – toevoer naar binnen in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;
$C_{argl;out;req;windward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – afvoer naar buiten in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;
$C_{argl;out;req;leeward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – afvoer naar buiten in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;
$C_{comb;in;req;windward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de open verbrandingstoestellen naar binnen in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;
$C_{comb;in;req;leeward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de open verbrandingstoestellen naar binnen in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;
$H$	is de buitenwerkse gebouwhoogte gemeten van het laagste punt van het maaiveld tot en met het hoogste punt van het gebouw, in m.

**OPMERKING** Sinds het Bouwbesluit van 1992 is kruipruimteventilatie niet meer verplicht. In plaats daarvan wordt sindsdien een eis gesteld aan de luchtdichtheid van de begane grondvloer. Voor bestaande gebouwen (W&U) ouder dan 1992 is een lekfactor opgenomen voor de vloer. Uitgangspunt voor gebouwen hoger dan 15 m en voor gebouwen van na 1992 is dat de lekverliezen via de begane grondvloer verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de lekverliezen via gevel en dak.

### 11.2.1.3 Stromingsexponent ( $n$ )

In tabel 11.2 zijn de te hanteren stromingsexponenten gegeven.

**Tabel 11.2 — Stromingsexponent**

Situatie	Symbol	Waarde
Lekverliezen	$n_{\text{lea}}$	0,67
Ventilatietoervoervoorzieningen	$n_{\text{vent}}$	0,5
Verplichte spuivoorzieningen	$n_{\text{argl}}$	0,5
Open verbrandingstoestellen	$n_{\text{comb}}$	0,5

### 11.2.1.4 Externe druk bij luchtvolumestroom ( $p_{e;\text{path};i,mi}$ )

De externe druk bij luchtvolumestroom  $i$  bij een  $H_{\text{path}}$  boven maaiveld is bepaald volgens:

$$p_{e;\text{path};i,zi,mi} = \rho_{\text{a;ref}} \cdot \frac{T_{\text{e;ref}}}{\vartheta_{\text{e;avg};mi} + 273} \cdot (0,5 \cdot C_{p;i} \cdot u_{\text{site};mi}^2 - H_{\text{path};i} \cdot g) \quad (11.1)$$

waarin:

- $p_{e;\text{path};i,mi}$  is de externe druk bij luchtvolumestroom  $i$  in maand  $mi$ , in Pa;
- $\rho_{\text{a;ref}}$  is de dichtheid van lucht op zeeniveau, bij 293 K en droge lucht, 1,205 kg/m<sup>3</sup>;
- $T_{\text{e;ref}}$  is de referentiebuitentemperatuur, 293 K;
- $\vartheta_{\text{e;avg};mi}$  is de maandgemiddelde buitentemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1;
- $C_{p;i}$  is de winddrukcoëfficiënt voor luchtstroom  $i$ , bepaald volgens tabel 11.3;
- $u_{\text{site};mi}$  is de windsnelheid ter hoogte van de beschouwde zone, in m/s, in maand  $mi$ , bepaald volgens tabel 17.1;
- $H_{\text{path};i}$  is de hoogte van de luchtvolumestroom  $i$ , in m, bepaald volgens tabel 11.1;
- $g$  is de zwaartekrachtversnelling, 9,81 m/s<sup>2</sup>.

**Tabel 11.3 — Dimensieloze winddrukcoëfficiënten**

Hoogte van de luchtstroom op de gevel	Dimensieloze winddrukcoëfficiënt $C_p$			
	Loefzijde $C_p$	Lijzijde $C_p$	Dak $C_p$	Vloer $C_p$
Laag $h_{path} < 15 \text{ m}$	+0,25	-0,50	-0,60	-0,20
Middel $15 \leq h_{path} < 50 \text{ m}$	+0,45	-0,50	-0,60	-
Hoog $h_{path} \geq 50 \text{ m}$	+0,80	-0,70	-0,70	-

**OPMERKING** De dimensieloze winddrukcoëfficiënt ter plaatse van de vloer is ingeschat op basis van de verhouding van de winddruk op de loef- en lijzijde.

### 11.2.1.5 Bepalen massastroomdebieten

De massastroom van een luchtvolumestroom wordt bepaald door het product van de dichtheid van de lucht en de luchtvolumestroom. Voor een luchtstroom die de rekenzone van buitenaf binnentreedt, wordt de massastroom als volgt bepaald:

$$q_m = \rho_{a;e} \cdot q \quad (11.2)$$

In de massabalans in formule (11.5) gaat dat om de volgende stromen:  $q_{m;V;\text{comb};\text{in};zi,mi}$ ,  $q_{m;V;\text{argl};\text{in};zi,mi}$ ,  $q_{m;V;\text{argll};\text{in};zi,mi}$ ,  $q_{m;V;\text{vent};\text{in};zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{lea};\text{in};zi,mi}$ .

De massastroom van een luchtstroom die in de rekenzone wordt aangevoerd, wordt als volgt bepaald:

$$q_m = \rho_{a;z} \cdot q \quad (11.3)$$

In de massabalans in formule (11.5) gaat dat om de volgende stromen:  $q_{m;V;\text{comb};\text{out};zi,mi}$ ,  $q_{m;V;\text{argl};\text{out};zi,mi}$ ,  $q_{m;V;\text{argll};\text{out};zi,mi} + q_{m;V;\text{vent};\text{out};zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{lea};\text{out};zi,mi}$ .

waarin:

$q$  is de luchtstroom bij een drukverschil van 1 Pa, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_m$  is de massastroom bij een drukverschil van 1 Pa, in  $\text{kg}/\text{h}$ ;

$\rho_{a;e}$  is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij  $T_e$ , in  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$\rho_{a;z}$  is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij  $T_i$ , in  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

waarbij:

- $T_e$  is de buitentemperatuur, in K:  $T_e = \vartheta_{e;\text{avg};mi} + 273$ ;  $\vartheta_{e;\text{avg};mi}$  is bepaald volgens tabel 17.1;
- $T_i$  is de temperatuur in de ventilatiezone, in K:  $T_i = \vartheta_{\text{int};\text{set};\text{stc}} + 273$ ;  $\vartheta_{\text{int};\text{set};\text{stc}}$  is bepaald volgens 7.9.4.

De dichtheid van de lucht is afhankelijk van de temperatuur van de lucht en wordt bepaald volgens formule (11.4):

$$\rho_T = \frac{T_{\text{ref}}}{T} \cdot \rho_{a;\text{ref}} \quad (11.4)$$

waarin:

- $\rho_T$  is de dichtheid van lucht behorend bij  $T$ , in kg/m<sup>3</sup>;
- $T_{\text{ref}}$  is de referentitemperatuur, 293 K;
- $T$  is de temperatuur behorend bij  $\rho_T$ , in K;
- $\rho_{a;\text{ref}}$  is de dichtheid van lucht bij 293 K, 1,205 kg/m<sup>3</sup>.

### 11.2.1.6 Interne druk rekenzone

De interne druk  $p_{z;\text{ref}}$  (Pa) die benodigd is voor de berekening van de massa van de volumestroom, wordt voor elke rekenzone  $zi$  per maand  $mi$  bepaald door de volgende massabalansvergelijking op te lossen. Op het moment dat een rekenzone volgens tabel 11.1 wordt opgesplitst in meerdere luchtstroomzones, moet de massabalans per luchtstroomzone worden opgesteld.

$$q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi,mi} + q_{m;V;\text{ETA};\text{dis};zi,mi} + q_{m;V;\text{comb};\text{in};zi,mi} + q_{m;V;\text{comb};\text{out};zi,mi} + q_{m;V;\text{argl};\text{in};zi,mi} + q_{m;V;\text{argl};\text{out};zi,mi} + q_{m;V;\text{argll};\text{in};zi,mi} + q_{m;V;\text{argll};\text{out};zi,mi} + q_{m;V;\text{vent};\text{in};zi,mi} + q_{m;V;\text{vent};\text{out};zi,mi} + q_{m;V;\text{lea};\text{in};zi,mi} + q_{m;V;\text{lea};\text{out};zi,mi} = 0 \quad (11.5)$$

waarin:

- $q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi,mi}$  is de massastroom als gevolg van mechanische luchttoevoer in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kg/h, op basis van  $q_{V;\text{SUP};\text{eff};zi,mi}$  volgens 11.2.2.2. Bepaal de dichtheid van de luchtvolumestroom  $q_{V;\text{SUP};\text{eff};zi,mi}$  volgens formule (11.4), uitgaande van  $T = \vartheta_{\text{SUP};\text{dis};\text{out};zi,mi}$ , volgens 11.3.2;
- $q_{m;V;\text{ETA};\text{dis};zi,mi}$  is de massastroom als gevolg van mechanische luchtafvoer in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kg/h, op basis van  $q_{V;\text{ETA};\text{eff};zi,mi}$  volgens 11.2.2.2. Bepaal de dichtheid van de luchtvolumestroom  $q_{V;\text{ETA};\text{eff};zi,mi}$  volgens formule (11.4), uitgaande van  $T = T_{\text{int};\text{set};\text{stc}}$ ;
- $q_{m;V;\text{comb};\text{in};zi,mi}$  is de in de rekenzone naar binnen komende massastroom als gevolg van open verbrandingstoestellen in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
- $q_{m;V;\text{comb};\text{out};zi,mi}$  is de uit de rekenzone naar buiten gaande massastroom als gevolg van open verbrandingstoestellen in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kg/h, op basis van  $q_{V;\text{comb};\text{out};zi,mi}$  volgens 11.2.4. Voor het bepalen van de massastroom van de luchtvolumestromen  $q_{V;\text{comb};\text{out};zi,mi}$  moet gebruik worden gemaakt van de dichtheid van de lucht zoals beschreven in 11.2.1.7;

$q_{m;V;\text{argI};\text{in};zi,mi}$	is de in de rekenzone naar binnen komende massastroom als gevolg van de vereiste spuiventilatie in rekenzone $zi$ , in maand $mi$ , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;\text{argI};\text{out};zi,mi}$	is de uit de rekenzone naar buiten gaande massastroom als gevolg van de vereiste spuiventilatie in rekenzone $zi$ , in maand $mi$ , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;\text{argII};\text{in};zi,mi}$	is de in de rekenzone naar binnen komende massastroom als gevolg van zomernachtventilatie in rekenzone $zi$ , in maand $mi$ , in kg/h, op basis van $q_{V;\text{argII};\text{in};zi,mi}$ volgens 11.2.3.3. Voor het bepalen van de massastroom van de luchtvolumestromen $q_{V;\text{argII};\text{in};zi,mi}$ moet gebruik worden gemaakt van de dichtheid van de lucht zoals beschreven in 11.2.1.7;
$q_{m;V;\text{argII};\text{out};zi,mi}$	is de uit de rekenzone naar buiten gaande massastroom als gevolg van zomernachtventilatie in rekenzone $zi$ , in maand $mi$ , in kg/h op basis van $q_{V;\text{argII};\text{out};zi,mi}$ volgens 11.2.3.3. Voor het bepalen van de massastroom van de luchtvolumestromen $q_{V;\text{argII};\text{out};zi,mi}$ moet gebruik worden gemaakt van de dichtheid van de lucht zoals beschreven in 11.2.1.7;
$q_{m;V;\text{vent};\text{in};zi,mi}$	is de massastroom als gevolg van natuurlijke luchttoevoer in rekenzone $zi$ , in maand $mi$ , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;\text{vent};\text{out};zi,mi}$	is de massastroom als gevolg van natuurlijke luchtafvoer in rekenzone $zi$ , in maand $mi$ , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;\text{lea};\text{in};zi,mi}$	is de in de rekenzone naar binnen komende massastroom als gevolg van infiltratie in rekenzone $zi$ , in maand $mi$ , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;\text{lea};\text{out};zi,mi}$	is de uit de rekenzone naar buiten gaande massastroom als gevolg van infiltratie in rekenzone $zi$ , in maand $mi$ , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7.

Indien de rekenzone volgens tabel 11.1 wordt opgedeeld in meerdere luchtstroomzones, dan moeten de mechanische luchttoevoer van ventilatielucht ( $q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi,mi}$ ), de mechanische afvoer van ventilatielucht ( $q_{m;V;\text{ETA};\text{dis};zi,mi}$ ), de in- en uitgaande luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie ( $q_{m;V;\text{argII};\text{in};zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{argII};\text{out};zi,mi}$ ) en de verbrandingsluchtafvoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen ( $q_{m;V;\text{comb};\text{out};zi,mi}$ ) volgens het volgende principe worden bepaald (uitgeschreven voor  $q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi,mi}$ , maar voor  $q_{m;V;\text{ETA};\text{dis};zi,mi}$ ,  $q_{m;V;\text{argII};\text{in};zi,mi}$ ,  $q_{m;V;\text{argII};\text{out};zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{comb};\text{out};zi,mi}$  volgens hetzelfde principe te bepalen):

Bij een rekenzone met  $H \leq 50$  m:

$$q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi;\text{luchtstroomzone}1;mi} = \frac{15}{H} \times q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi,mi} \quad (11.6)$$

$$q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi;\text{luchtstroomzone}2;mi} = \frac{(H-15)}{H} \times q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi,mi} \quad (11.7)$$

Bij een rekenzone met  $H > 50$  m:

$$q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi;\text{luchtstroomzone}1;mi} = \frac{15}{H} \times q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi,mi} \quad (11.8)$$

$$q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi;\text{luchtstroomzone}2;mi} = \frac{35}{H} \times q_{m;V;\text{SUP};\text{dis};zi,mi} \quad (11.9)$$

$$q_{m;V;SUP;dis;zi;luchtstroomzone3;mi} = \frac{(H-50)}{H} \times q_{m;V;SUP;dis;zi,mi} \quad (11.10)$$

waarin:

$q_{m;V;SUP;dis;zi;luchtstroomzone\ 1,2,3;mi}$  is de massastroom als gevolg van mechanische luchttoevoer in luchtstroomzone 1, 2 of 3 in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kg/h;

$H$  is de buitenwerkse gebouwhoogte gemeten van het laagste punt van het maaiveld tot en met het hoogste punt van het gebouw, in m;

$q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$  is de massastroom als gevolg van mechanische luchttoevoer in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kg/h op basis van  $q_{V;SUP;eff;zi,mi}$  volgens 11.2.2.2.

Het berekenen van de massastromen op basis van de berekende ventilatiedebieten is beschreven in 11.2.1.5.

**OPMERKING 1** Of er sprake is van een ingaande of uitgaande massastroom in geval van (natuurlijke) toevoervoorzieningen ( $q_{m;V;vent}$ ) en infiltratie ( $q_{m;V;lea}$ ), is afhankelijk van het drukverschil over de openingen ( $\Delta p_{path;i}$ ).

Het drukverschil tussen de rekenzone en buiten over een luchtstroom  $i$  bij een  $H_{path}$  boven maaiveld is bepaald volgens de volgende formules waarbij de interne referentiedruk  $p_{z;ref}$  de onbekende is:

$$\Delta p_{path;i,zi,mi} = p_{e;path;i,zi,mi} - p_{z;path;i,zi,mi} \quad (11.11)$$

$$p_{z;path;i,zi,mi} = p_{z;ref;mi} - \rho_{a;ref} \cdot H_{path;i} \cdot g \cdot \frac{T_{e;ref}}{T_{int;set;zi}} \quad (11.12)$$

$$p_{z;ref} = p_{z;path;i,zi,mi} + \rho_{a;ref} \cdot H_{path;i} \cdot g \cdot \frac{T_{e;ref}}{T_{int;set;zi}} \quad (11.13)$$

waarin:

$\Delta p_{path;i,zi,mi}$  is het drukverschil over luchtstroom  $i$  in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in Pa;

$p_{e;path,i,zi,mi}$  is de externe druk bij luchtvolumestroom  $i$  in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in Pa, berekend volgens 11.2.1.4;

$p_{z;path,i,zi,mi}$  is de interne druk bij luchtvolumestroom  $i$  in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in Pa;

$p_{z;ref;mi}$  is de interne referentiedruk in maand  $mi$ , in Pa;

$\rho_{a;ref}$  is de dichtheid van lucht op zeeniveau, bij 293 K en droge lucht, 1,205 kg/m<sup>3</sup>;

$H_{path;i}$  is de hoogte van de opening, in m, bepaald volgens tabel 11.1;

$g$  is de zwaartekrachtversnelling, 9,81 m/s<sup>2</sup>;

$T_{e;ref}$  is de referentiebuitentemperatuur, 293 K;

$T_{int;set;stc;zi}$  is het normale (thermisch comfortniveau) verwarmingstemperatuursetpoint in rekenzone  $zi$ , in K:  $T_{int;set;stc} = \vartheta_{int;set;stc} + 273$ ;  $\vartheta_{int;set;stc}$  is voor een situatie met koudebehoefte  $\vartheta_{int;set;C;stc;zi,mi}$  en voor een situatie met warmtebehoefte  $\vartheta_{int;set;H;stc;zi,mi}$ , beide bepaald volgens 7.9.4.1.

Bepaal de  $p_{z;\text{ref}}$  zodanig dat het verschil met de som van de massastromen in formule (11.5) ( $\sum q_{m;v;\dots}$ ) voldoet aan de vereiste nauwkeurigheid 'x':  $\text{abs}(\sum q_m) \leq x \text{ kg/h}$ .

De vereiste nauwkeurigheid wordt als volgt bepaald:

$$q_{V;\text{nauwkeurigheid}} = q_{V;\text{ODA;req};zi,mi} + q_{V;\text{comb;in};zi,mi} - q_{V;\text{comb;out};zi,mi} + \\ q_{V;\text{argI;in};zi,mi} + q_{V;\text{argII;in}} + q_{V1;\text{lea;ref}} \quad (11.14)$$

Als  $q_{V;\text{nauwkeurigheid}} \leq 1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ :

$$x = 0,9 \text{ kg/h}$$

Als  $q_{V;\text{nauwkeurigheid}} > 1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ :

$$x = \frac{q_{V;\text{nauwkeurigheid}}}{1\,000} \times 0,9 \text{ kg/h}$$

waarin:

$$\frac{q_{V;\text{nauwkeurigheid}}}{1\,000}$$

naar beneden moet worden afgerond op gehele getallen.

waarin:

$q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , volgens 11.2.2.1;

$q_{V;\text{comb;in};zi,mi}$  is de verbrandingsluchttoevoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , volgens 11.2.4;

$q_{V;\text{comb;out};zi,mi}$  is de verbrandingsluchtafvoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , volgens 11.2.4;

$q_{V;\text{argI;in};zi,mi}$  is de toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste sputventilatie in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , volgens 11.2.3.1;

$q_{V;\text{argII;in}}$  is de ingaande luchtvolumestroom in de rekenzone als gevolg van zomernachtventilatie, volgens 11.2.3.3.1;

$q_{V1;\text{lea;ref}}$  is de luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.5.

De volgende routine moet worden gebruikt voor het bepalen van de  $p_{z;\text{ref}}$ :

- 1) Bereken  $p_{z;\text{path;gem};zi,mi}$  door het gemiddelde te nemen van de minimale en de maximale  $p_{e;\text{path};i,zi,mi}$  in de luchtstroomzone van alle luchtstroombaden (dit zijn de aanwezige openingen met (natuurlijke) luchtvolumestromen) in de luchtstroomzone. Bepaal vervolgens de eerste inschatting voor  $p_{z;\text{ref}}$  waarbij gerekend wordt met  $H_{\text{path}}$  van de lekverliezen in de loefzijde van de luchtstroomzone:

$$p_{z;\text{ref}} = p_{z;\text{path;gem};zi,mi} + \rho_{a;z} \times H_{\text{path;lea}} \times g \quad (11.15)$$

- 2) Bepaal de afzonderlijke massastromen  $q_m$  uit formules (11.2) en (11.3) met de berekende  $p_{z;ref}$  uit stap 1.
- Bij het berekenen van  $q_{m;V;vent;in;zi,mi}$ ,  $q_{m;V;lea;in;zi,mi}$ ,  $q_{m;V;vent;out;zi,mi}$  en  $q_{m;V;lea;out;zi,mi}$ ,  $q_{m;V;argl;in;zi,mi}$ ,  $q_{m;V;argl;out;zi,mi}$ , en  $q_{m;V;comb;in;zi,mi}$  worden formules (11.1), (11.2), (11.3), (11.11), (11.12) en (11.19) op overeenkomstige wijze toegepast. In het algemeen geldt dat bij een ingaande luchtstroom ( $\Delta p_{path;i,mi}$  is positief) de dichtheid van lucht  $\rho_{a,e}$  in formule (11.2) moet worden toegepast, en bij een uitgaande luchtstroom ( $\Delta p_{path;i,mi}$  is negatief) de dichtheid van lucht  $\rho_{a,z}$  in formule (11.3) moet worden toegepast.
  - Bij het berekenen van  $q_{m;V;ETA;dis;zi,mi}$ ,  $q_{m;V;argll;out;zi,mi}$  en  $q_{m;V;comb;out;zi,mi}$  worden formules (11.2) en (11.3) op overeenkomstige wijze toegepast, uitgaande van de dichtheid van lucht bij  $T_{int;set;stc}$  volgens 7.9.4.

Bij het berekenen van  $q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$  en  $q_{m;V;argll;in;zi,mi}$  wordt formule (11.2) op overeenkomstige wijze toegepast. Ga daarbij voor  $q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$  uit van de dichtheid van lucht bij  $\vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi}$  volgens 11.3.2 en ga voor  $q_{m;V;argll;in;zi,mi}$  uit van de dichtheid van lucht bij  $q_{m;V;argll;in;zi,mi}$  volgens tabel 17.1. Bereken de som van de massastromen  $\sum q_m$  volgens formule (11.5).

Indien  $|\sum q_m|$  kleiner dan of gelijk is aan de vereiste nauwkeurigheid van  $x$  in kg/h, ga naar stap 12; indien niet, ga naar stap 3.

- 3) Stel  $p_{z;ref;a}$  gelijk aan de waarde van de in stap 2 gehanteerde  $p_{z;ref}$  en stel  $q_{m;som;a}$  gelijk aan de in stap 2 gevonden waarde voor  $\sum q_m$ .
- 4) Stel  $p_{z;ref;b}$  gelijk aan  $(p_{z;ref;a} + 2 \text{ Pa})$ .
- 5) Bereken de som van de massastromen  $\sum q_m$  uitgaande van  $p_{z;ref=Pz;ref;b}$ , maar verder op dezelfde manier als in stap 2, en stel dan  $q_{m;som;b}$  gelijk aan dit resultaat.

Indien  $|q_{m;som:b}|$  kleiner dan of gelijk is aan de vereiste nauwkeurigheid van  $x$  in kg/h, ga naar stap 12; indien niet, ga naar stap 6.

- 6) Als de waarden van  $q_{m;som;a}$  en  $q_{m;som;b}$  een van elkaar verschillend teken (+/-) hebben, ga naar stap 8.
- 7) In deze stap wordt een nieuwe waarde voor  $p_{z;ref;a}$  of  $p_{z;ref;b}$  gezocht, omdat in de vorige stap bleek dat  $q_{m;som;a}$  (het resultaat met  $p_{z;ref;a}$ ) en  $q_{m;som;b}$  (het resultaat met  $p_{z;ref;b}$ ) hetzelfde teken (+/-) hebben.

Bereken eerst  $r$ :

$$r = \text{sign}(p_{z;ref;b} - p_{z;ref;a}) \times \text{sign}(q_{m;som;b} - q_{m;som;a}) \quad (11.16)$$

De functie  $\text{sign}(x)$  retourneert de waarde  $-1$  als  $x < 0$ , en retourneert de waarde  $+1$  als  $x \geq 0$ .

Als  $|q_{m;som;a}|$  groter is dan  $|q_{m;som;b}|$ , stel dan  $p_{z;ref;a}$  en  $q_{m;som;a}$  gelijk aan  $p_{z;ref;b}$  en respectievelijk  $q_{m;som;b}$ .

Bereken dan:

$$p_{z;ref;b} = p_{z;ref;a} - (2 \text{ Pa}) \times \text{sign}(q_{m;som;a}) \times r \quad (11.17)$$

Ga terug naar stap 5.

- 8) Bereken  $p_{z;ref;c} = (p_{z;ref;a} + p_{z;ref;b})/2$  (11.18)

9) Bereken de som van de massastromen  $\sum q_m$  uitgaande van  $p_{z;ref} = p_{z;ref;c}$ , maar verder op dezelfde manier als in stap 2, en stel dan  $q_{m;som;c}$  gelijk aan dit resultaat.

10) Als  $|q_{m;som;c}|$  kleiner dan of gelijk is aan de vereiste nauwkeurigheid van  $x$  in kg/h, ga naar stap 12.

11) Er is nog geen voldoende nauwkeurige oplossing gevonden.

Als  $\text{sign}(q_{m;som;c})$  gelijk is aan  $\text{sign}(q_{m;som;a})$ , stel dan  $p_{z;ref;a}$  en  $q_{m;som;a}$  gelijk aan  $p_{z;ref;c}$  en respectievelijk  $q_{m;som;c}$ , en anders stel  $p_{z;ref;b}$  en  $q_{m;som;b}$  gelijk aan  $p_{z;ref;c}$  en respectievelijk  $q_{m;som;c}$ .

Ga terug naar stap 8.

12) De waarde van  $p_{z;ref;c}$  is een voldoende nauwkeurige inschatting voor  $p_{z;ref}$ .  $p_{z;ref}$  is daarmee vastgesteld.

**OPMERKING 2** In de stappen 8 tot en met 12 wordt iteratief volgens een bisectiemethode een inschatting voor  $p_{z;ref}$  gezocht. Deze methode kan pas gestart worden wanneer twee waarden voor  $p_{z;ref}$  (in het voorschrift met de variabelen  $p_{z;ref;a}$  en  $p_{z;ref;b}$  aangeduid) gevonden worden die tot sommen van de massastromen  $\sum q_m$  (in het voorschrift met de variabelen  $q_{m;som;a}$  en respectievelijk  $q_{m;som;b}$  aangeduid) met een verschillend teken leiden.

### 11.2.1.7 Bepalen luchtvolumestroom

Op het moment dat de interne referentiedruk,  $p_{z;ref}$ , bepaald is in 11.2.1.6, kan de effectieve luchtvolumestroom worden bepaald. De effectieve luchtvolumestroom wordt bepaald op basis van het drukverschil over de opening, de stromingsexponent en de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt van de opening:

$$q_V = C \times \Delta p^n \quad (11.19)$$

waarin:

$q_V$  is de luchtstroom, in  $m^3/h$ ;

$C$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt van de opening, in  $m^3/h(Pa)^n$ ;

$\Delta p$  is het drukverschil over de luchtstroom, in Pa;

$n$  is de stromingsexponent van de opening.

Er is sprake van een ingaande luchtvolumestroom op het moment dat  $\Delta p_{\text{path};i,mi}$  positief is. Bepaal de effectieve luchtvolumestromen  $q_{V;\text{eff};in;k;zi,mi}$  die de rekenzone ingaan, volgens formule (11.20) met de in 11.2.1.6 vastgestelde  $p_{z;ref,mi}$ , te weten:

- $q_{V;\text{eff};lea;in;zi,mi}$  op basis van elke opening  $i$  die aan de massastromen  $q_{m;V;\text{lea};in;zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{lea};out;zi,mi}$  bijdraagt;
- $q_{V;\text{eff};vent;in;zi,mi}$  op basis van elke opening  $i$  die aan de massastromen  $q_{m;V;\text{vent};in;zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{vent};out;zi,mi}$  bijdraagt;
- $q_{V;\text{eff};argl;zi,mi}$  op basis van elke opening  $i$  die aan de massastromen  $q_{m;V;\text{argl};in;zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{argl};out;zi,mi}$  bijdraagt;
- $q_{V;\text{eff};comb;zi,mi}$  op basis van elke opening  $i$  die aan de massastroom  $q_{m;V;\text{comb};in;zi,mi}$  bijdraagt.

$$q_{V;\text{eff};\text{in};k,zi,mi} = \sum_{path;i,zi} \begin{cases} 0, & \text{als } \Delta p_{\text{path};i,mi} \leq 0 \\ C_{\text{path};i} \times |\Delta p_{\text{path};i,mi}|^{n_i}, & \text{als } \Delta p_{\text{path};i,mi} > 0 \end{cases} \quad (11.20)$$

Er is sprake van een luchtvolumestroom die de rekenzone uitgaat op het moment dat  $\Delta p_{\text{path};i,mi}$  negatief is. Bepaal de effectieve luchtvolumestromen  $q_{V;\text{eff};\text{out};k,zi,mi}$  die de rekenzone uitgaan, volgens formule (11.21) met de in 11.2.1.6 vastgestelde  $p_{z;\text{ref};mi}$  te weten:

- $q_{V;\text{eff};\text{vent};\text{out};zi,mi}$  op basis van elke opening  $i$  die aan de massastromen  $q_{m;V;\text{vent};\text{in};zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{vent};\text{out};zi,mi}$  bijdraagt;
- $q_{V;\text{eff};\text{lea};\text{out};zi,mi}$  op basis van elke opening  $i$  die aan de massastromen  $q_{m;V;\text{lea};\text{in};zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{lea};\text{out};zi,mi}$  bijdraagt;
- $q_{V;\text{eff};\text{argl};\text{out};zi,mi}$  op basis van elke opening  $i$  die aan de massastromen  $q_{m;V;\text{argl};\text{in};zi,mi}$  en  $q_{m;V;\text{argl};\text{out};zi,mi}$  bijdraagt.

$$q_{V;\text{eff};\text{out};k,zi,mi} = \sum_{path;i,zi} \begin{cases} 0, & \text{als } \Delta p_{\text{path};i,mi} \geq 0 \\ -C_{\text{path};i} \times |\Delta p_{\text{path};i,mi}|^{n_i}, & \text{als } \Delta p_{\text{path};i,mi} < 0 \end{cases} \quad (11.21)$$

waarin:

- $q_{V;\text{eff};\text{in};k,zi,mi}$  is de effectieve ingaande luchtstroom  $k$ , in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $q_{V;\text{eff};\text{out};k,zi,mi}$  is de effectieve uitgaande luchtstroom  $k$ , in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $\sum_{path;i,zi}$  is de som van de effectieve luchtstroom over alle openingen van rekenzone  $zi$  (een rekenzone kan uit meerdere luchtstroomzones bestaan);
- $C_{\text{path};i}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt van opening  $i$  in de gebouwschil, in  $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ , volgens 11.3.1.2;
- $\Delta p_{\text{path};i,mi}$  is het drukverschil over opening  $i$ , in maand  $mi$ , in Pa, volgens 11.2.1.6;
- $n_i$  is de stromingsexponent van opening  $i$ , volgens 11.2.1.3.

In tabel 11.4 zijn de effectieve luchtstromen weergegeven die kunnen worden bepaald, met de bijbehorende benamingen. De effectieve luchtstromen worden onder andere in de warmte- en koudebehoefteberekening in hoofdstuk 7 gebruikt.

In tabel 11.4 is tevens opgenomen welke temperatuur er aan de desbetreffende luchtstroom gekoppeld moet worden.

**Tabel 11.4 — Effectieve luchtstromen 'k'**

<b>Effectieve luchtstroom</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Temperatuur luchtvolumestroom</b>
$q_{V;\text{eff};\text{vent;in};zi,mi}$	Effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht, bepaald volgens formule (11.20)	$\vartheta_{\text{SUP;dis;out};zi,mi}$ volgens 11.3.2, in °C
$q_{V;\text{eff};\text{vent;out};zi,mi}$	Effectieve (natuurlijke) afvoer ventilatielucht, bepaald volgens formule (11.21)	$\vartheta_{\text{int;set;stc}}$ volgens 7.9.4.1, in °C
$q_{V;\text{eff};\text{lea;in};zi,mi}$	Effectieve infiltratie, bepaald volgens formule (11.20)	$\vartheta_{e;\text{avg};mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1
$q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi}$	De benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone $zi$ voor maand $mi$ , bepaald volgens 11.2.2.2	$\vartheta_{e;\text{avg};mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1
$q_{V;\text{SUP;eff};zi,mi}$	Effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht, bepaald volgens 11.2.2.2	$\vartheta_{\text{SUP;dis;out};zi,mi}$ volgens 11.3.2, in °C
$q_{V;\text{ETA;eff};zi,mi}$	Effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht, waarbij $q_{V;\text{ETA;eff};zi,mi} = q_{V;\text{SUP;req};zi,mi}$ , bepaald volgens 11.2.2.2	$\vartheta_{\text{int;set;stc}}$ volgens 7.9.4.1, in °C
$q_{V;\text{eff};\text{argI};zi,mi}$	Effectieve vereiste spuicapaciteit, bepaald volgens formule (11.20)	$\vartheta_{e;\text{avg};mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1
$q_{V;\text{eff};\text{argII};zi,mi}$	Effectieve zomernachtventilatie, bepaald volgens 11.2.3.3 als $q_{V;\text{argII};in};zi,mi$	$\vartheta_{e;\text{argII};mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur voor zomernachtventilatie, in °C, bepaald volgens tabel 17.1
$q_{V;\text{eff};\text{comb};zi,mi}$	Effectieve verbrandingslucht, bepaald volgens formule (11.20)	$\vartheta_{e;\text{avg};mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1

## 11.2.2 Aandeel van de ventilatievoorziening

### 11.2.2.1 Benodigde luchtvolumestroom buitenlucht

#### 11.2.2.1.1 Standaard

De benodigde luchtvolumestroom van buitenlucht bij een referentiedrukverschil van 1 Pa wordt, voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , als volgt bepaald:

$$q_{V;ODA;req;zi,mi} = \frac{f_{ctrl;zi,mi} \times f_{sys;zi,mi}}{\varepsilon_V \times f_{prac;req}} \times q_{V;ODA;req;des;zi,mi} \quad (11.22)$$

waarin:

$q_{V;ODA;req;zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$f_{ctrl;zi,mi}$  is de systeemregelcorrectiefactor voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , volgens 11.2.2.3;

$f_{sys;zi,mi}$  is de aan het ventilatiesysteem gerelateerde luchtvolumestroomfactor voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , volgens 11.2.2.3;

$\varepsilon_V$  is de ventilatie-efficiëntie = 1;

$f_{prac;req}$  is de praktijkprestatiefactor voor het vereiste toevoerdebiet.  $f_{prac;req} = 0,95$ ;

**OPMERKING** In de praktijkprestatiefactor voor het vereiste toevoerdebiet,  $f_{prac;req}$ , is rekening gehouden met vervuiling van toe- en afvoerkanalen van ventilatielucht, van ventielen, roosters e.d. en met normale veroudering van componenten.

$q_{V;ODA;req;des;zi,mi}$  is de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.4.1.

#### 11.2.2.1.2 Overventilatie voor warm tapwater en/of verwarming

In bepaalde situaties, zoals bij gebruik van warmtepompen (voor tapwaterboilers en/of voor verwarmingsboilers) met ventilatieretourlucht als warmtebron, kan het voorkomen dat voor het goed functioneren een grotere luchtvolumestroom ('overventilatie') nodig is. In dat geval wordt de in formule (11.22) berekende  $q_{V;ODA;req;zi,mi}$  als volgt bepaald:

$$q_{V;ODA;req;zi,mi} = \frac{f_{ctrl;zi,mi} \times f_{sys;zi,mi}}{\varepsilon_V \times f_{prac;req}} \times (1 - f_{H;\tau;hp-on;mi} - f_{W;\tau;hp-on;mi}) \times q_{V;ODA;req;des;zi,mi} + f_{H;\tau;hp-on;mi} \times q_{V;hp;H;zi,mi} + f_{W;\tau;hp-on;mi} \times q_{V;hp;W;zi,mi} \quad (11.23)$$

$$q_{V;hp;H;zi,mi} = MAX(q_{V;hp;H} \times \frac{A_{g;zi}}{\sum_{zi} A_{g;zi}}; q_{V;ODA;req;zi,mi}) \quad (11.23a)$$

waarin:

- $q_{V;ODA;req;zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $m^3/h$ ;
- $q_{V;ODA;req;des;zi,mi}$  is de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $m^3/h$ , bepaald volgens 11.2.2.4.1.

$f_{ctrl;zi,mi}$  is de systeemregelcorrectiefactor voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , volgens 11.2.2.3.1;

$f_{sys;zi,mi}$  is de aan het ventilatiesysteem gerelateerde luchtvolumestroomfactor voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , volgens 11.2.2.3.1;

$\varepsilon_V$  is de ventilatie-efficiëntie = 1;

$f_{prac;req}$  is de praktijkprestatiefactor voor het vereiste toevoerdebiet.  $f_{prac;req} = 0,95$ ;

**OPMERKING 1** In de praktijkprestatiefactor voor het vereiste toevoerdebiet,  $f_{prac;req}$ , is rekening gehouden met vervuiling van toe- en afvoerkanalen van ventilatielucht, van ventielen, roosters e.d. en met normale veroudering van componenten.

$f_{H;\tau;hp-on;mi}$  is de correctiefactor voor het aantal bedrijfsuren per etmaal van een warmtepomp op ventilatieretourlucht voor ruimteverwarming waarbij sprake is van eventuele overventilatie in maand  $mi$ . De  $f_{\tau;hp-on;H;mi}$  wordt volgens Q.5.3 bepaald als er een kwaliteitsverklaring van de warmtepomp op ventilatieretourlucht beschikbaar is;

$f_{W;\tau;hp-on;mi}$  is de correctiefactor voor het aantal bedrijfsuren per etmaal van een warmtepomp op ventilatieretourlucht voor warm tapwater waarbij sprake is van eventuele overventilatie in maand  $mi$ . De  $f_{\tau;hp-on;W;mi}$  wordt bepaald volgens 13.8.2.4;

$q_{V;hp;H;zi,mi}$  is de luchtvolumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een verwarmingssysteem, bepaald door de voor de warmtepomp (hp) van de in het systeemontwerp opgenomen, voor verwarmingssystemen benodigde, ventilatieretourluchtcapaciteit, in  $m^3/h$ . In geval van een kwaliteitsverklaring wordt  $q_{V;hp;H;zi,mi}$  bepaald met formule (11.23a);

$q_{V;hp;W;zi,mi}$  is de luchtvolumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een warmtapwatersysteem, bepaald door de voor de warmtepomp (hp) van de in het systeemontwerp opgenomen, voor warmtapwater benodigde, ventilatieretourluchtcapaciteit, in  $m^3/h$ , bepaald in 13.8.2.4;

$q_{V;hp;H}$  is de luchtvolumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een verwarmingssysteem volgens opgave van de leverancier, in  $m^3/h$ .

**OPMERKING 2** De gezamenlijke tijdfractie voor tapwater en verwarmen ( $f_{\tau;hp-on;H;mi} + f_{\tau;hp-on;W;mi}$ ) kan niet groter dan 1 zijn. Dat is beschreven in 13.8.2.4.

**OPMERKING 3** Er zijn geen forfaitaire waarden gegeven voor de tijdfractie en het ventilatiedebiet voor overventilatie voor een warmtepomp op ventilatieretourlucht voor ruimteverwarming.

**OPMERKING 4** Er is sprake van overventilatie indien de op een bepaald moment voor het warmtepompwater of verwarmingssysteem benodigde hoeveelheid ventilatieretourlucht groter is dan de benodigde ventilatiecapaciteit.

Indien voor de instelling van de warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een verwarmingssysteem een hoger ventilatiedebiet  $q_{v;hp;H}$  vereist is (bijvoorbeeld bepaald aan de hand van de gebruiksoppervlakte van een woning) dan het debiet dat in de verklaring is opgegeven als minimum, dan moet dit hogere debiet  $q_{v;hp;H}$  als resultaat van de verklaring opgegeven worden.

In bijlage Q wordt de dimensiooze factor voor de contributie van buitenlucht aan de totale bronzijdige (verdamper)luchtvolumestroom,  $f_{buitenlucht}$  met een waarde tussen 0 en 1 gebruikt. Die wordt als volgt bepaald:

$$f_{buitenlucht} = 1 - \frac{q_{V;ODA;req;zi,mi}}{q_{V;hp;H;zi,mi}} \quad (11.24)$$

waarin:

$f_{buitenlucht}$  is de dimensiooze factor voor de contributie van buitenlucht aan de totale bronzijdige (verdamper)luchtvolumestroom;

$q_{V;ODA;req;zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens formule (11.22).

$q_{V;hp;H;zi,mi}$  is de luchtvolumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een verwarmingssysteem, bepaald door de voor de warmtepomp (hp) van de in het systeemontwerp opgenomen, voor verwarmingssystemen benodigde, ventilatieretourluchtcapaciteit, in  $\text{m}^3/\text{h}$ . In geval van een kwaliteitsverklaring wordt  $q_{V;hp;H;zi,mi}$  bepaald met formule (11.23a).

### 11.2.2.2 Benodigde luchtvolumestroom ventilatiesystemen

Afhankelijk van het ventilatiesysteem wordt het toe- en afvoerdebiet van het ventilatiesysteem bepaald. Het debiet kan bestaan uit een natuurlijke luchtvolumestroom en een mechanische luchtvolumestroom. In geval van een natuurlijke luchtvolumestroom ( $q_{V;vent;in;zi}$  en  $q_{V;vent;out;zi}$ ) wordt de effectieve luchtvolumestroom bepaald volgens 11.2.1.7. Hoe de mechanische luchtvolumestromen ( $q_{V;SUP;eff;zi,mi}$  en  $q_{V;ETA;eff;zi,mi}$ ) en de luchtdoorlatendheidscoëfficiënten voor natuurlijke ventilatievoorzieningen worden bepaald, is hierna per ventilatiesysteem beschreven.

#### 11.2.2.2.1 Ventilatie via natuurlijke toevoer – Natuurlijke afvoer

Als VENT\_SYS\_OP = NATURAL\_OP, dan geldt:

$$q_{V;SUP;eff;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ETA;eff;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ODA;eff;zi,mi} = q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$$

waarin:

$q_{V;SUP;eff;zi,mi}$  is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{ETA;eff};zi,mi}$  is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi}$  is de benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{eff;vent;in};zi,mi}$  is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , volgens 11.2.1.7.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom voor ventilatietoevoer naar binnen, wordt als volgt bepaald:

$$C_{\text{vent;in;req}} = \frac{q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}}{(\Delta p)^n} \quad (11.25)$$

waarin:

$C_{\text{vent;in;req}}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoevoer naar binnen, in  $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;

$q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;

$\Delta p$  is een drukverschil van 1 Pa;

$n$  is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom voor ventilatieafvoer naar buiten, wordt als volgt bepaald:

$$C_{\text{vent;out;req}} = \frac{q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}}{(\Delta p)^n} \quad (11.26)$$

waarin:

$C_{\text{vent;out;req}}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in  $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;

$q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;

$\Delta p$  is een drukverschil van 1 Pa;

$n$  is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

### 11.2.2.2 Ventilatie via mechanische toevoer – Natuurlijke afvoer

Als VENT\_SYS\_OP = SUPPLY\_OP, dan geldt:

$$q_{V;\text{SUP;eff};zi,mi} = q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$$

$$q_{V;\text{ETA;eff};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi} = q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$$

waarin:

- $q_{V;SUP;eff;zi,mi}$  is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $m^3/h$ ;
- $q_{V;ODA;req;zi,mi}$  is de in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $m^3/h$ , bepaald volgens 11.2.2.1;
- $q_{V;ETA;eff;zi,mi}$  is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $m^3/h$ ;
- $q_{V;ODA;eff;zi,mi}$  is de benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $m^3/h$ .

Voor de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, geldt:

$$C_{vent;in;req} = 0$$

waarin:

- $C_{vent;in;req}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoevoer naar binnen, in  $m^3/h(Pa)^n$ .

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, wordt als volgt bepaald:

$$C_{vent;out;req} = \frac{q_{V;ODA;req;zi,mi}}{(\Delta p)^n} \quad (11.27)$$

waarin:

- $C_{vent;out;req}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in  $m^3/h(Pa)^n$ ;
- $q_{V;ODA;req;zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $m^3/h$ , bepaald volgens 11.2.2.1;
- $\Delta p$  is een drukverschil van 1 Pa;
- $n$  is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

### 11.2.2.3 Ventilatie via natuurlijke toevoer – Mechanische afvoer

Als VENT\_SYS\_OP = EXTRACT\_OP, dan geldt:

$$q_{V;SUP;eff;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ETA;eff;zi,mi} = -q_{V;ODA;req;zi,mi}$$

$$q_{V;ODA;eff;zi,mi} = q_{V;eff;vent,in;zi,mi}$$

waarin:

- $q_{V;SUP;eff;zi,mi}$  is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $m^3/h$ ;

- $q_{V;\text{ETA;eff};zi,mi}$  is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$  is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;
- $q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi}$  is de benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $q_{V;\text{eff;vent;in};zi,mi}$  is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.1.7.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt, die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, wordt als volgt bepaald:

$$C_{\text{vent;in;req}} = \frac{q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}}{(\Delta p)^n} \quad (11.28)$$

waarin:

- $q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone  $zi$  voormaand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;
- $\Delta p$  is een drukverschil van 1 Pa;
- $n$  is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

Voor de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, geldt:

$$C_{\text{vent;out;req}} = 0$$

waarin:

- $C_{\text{vent;out;req}}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in  $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ .

#### 11.2.2.4 Balansventilatie

Als VENT\_SYS\_OP = BALANCED\_OP, dan geldt:

$$q_{V;\text{SUP;eff};zi,mi} = q_{V;\text{SUP;dis;out};zi,mi}$$

$$q_{V;\text{ETA;eff};zi,mi} = q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi}$$

$$q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi} = q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$$

$$q_{V;\text{eff;vent;in};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{eff;vent;out};zi,mi} = 0$$

waarin:

- $q_{V;\text{SUP;eff};zi,mi}$  is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die naar rekenzone $zi$ in maand $mi$ wordt toegevoerd, in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.3.1.1;
$q_{V;ETA;eff;zi,mi}$	is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.3.1.2;
$q_{V;ODA;eff;zi,mi}$	is de benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone $zi$ voor maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;
$q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;eff;vent;out;zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) afvoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ .

Voor de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, geldt:

$$C_{vent;in;req} = 0$$

waarin:

$C_{vent;in;req}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoevoer naar binnen, in  $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;

$$C_{vent;out;req} = 0$$

waarin:

$C_{vent;out;req}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in  $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ .

### 11.2.2.5 Gecombineerd ventilatiesysteem

Als VENT\_SYS\_OP = BALANCED-DEC\_OP, dan geldt:

Een deel van de rekenzone wordt uitgevoerd met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing. Het overige deel van de rekenzone is voorzien van een ander ventilatiesysteem. De verhouding tussen die beide ventilatiesystemen wordt als volgt bepaald:

$$f_{\text{overig}} = \frac{A_{VG;\text{totaal}} - A_{VG;\text{BAL-DEC}}}{A_{VG;\text{totaal}}} \quad (11.29)$$

$$f_{\text{BAL-DEC}} = \frac{A_{VG;\text{BAL-DEC}}}{A_{VG;\text{totaal}}} \quad (11.30)$$

waarin:

$f_{\text{overig}}$  is het deel van de rekenzone met een ventilatiesysteem anders dan decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing;

$f_{BAL-DEC}$  is het deel van de rekenzone met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing;

$A_{VG;BAL-DEC}$  is de verblijfsgebiedsoppervlakte met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing in de rekenzone, in m<sup>2</sup>;

$A_{VG;totaal}$  is de totale verblijfsgebiedsoppervlakte van de rekenzone, in m<sup>2</sup>.

Voor het gedeelte  $f_{BAL-DEC}$  met ventilatiesysteem D.5a (decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing) volgens tabel 11.5 geldt:

$$q_{V;SUP;eff;zi,mi} = q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} \times f_{BAL-DEC} \quad (11.31)$$

$$q_{V;ETA;eff;zi,mi} = -q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} \times f_{BAL-DEC} \quad (11.32)$$

$$q_{V;ODA;eff;zi,mi} = q_{V;ODA;req;zi,mi} \times f_{BAL-DEC} \quad (11.33)$$

$$q_{V;eff;vent;in;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;eff;vent;out;zi,mi} = 0$$

waarin:

$q_{V;SUP;eff;zi,mi}$  is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h;

$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi}$  is de hoeveelheid lucht die naar rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  wordt toegevoerd, in m<sup>3</sup>/h, bepaald volgens 11.3.1.1;

$f_{BAL-DEC}$  is het deel van de rekenzone met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing;

$q_{V;ETA;eff;zi,mi}$  is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h;

$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h, bepaald volgens 11.3.1.2;

$q_{V;ODA;eff;zi,mi}$  is de benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h;

$q_{V;ODA;req;zi,mi}$  is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h, bepaald volgens 11.2.2.1;

$q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$  is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h;

$q_{V;eff;vent;out;zi,mi}$  is de effectieve (natuurlijke) afvoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h.

Voor de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, geldt:

$$C_{vent;in;req} = 0$$

waarin:

$C_{vent;in;req}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoevoer naar binnen, in  $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;

$$C_{vent;out;req} = 0$$

waarin:

$C_{vent;out;req}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in  $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ .

Bepaal voor het gedeelte  $f_{\text{overig}}$  het ventilatieprincipe volgens tabel 11.5 met daarbij de volgende mogelijkheden: NATURAL\_OP, SUPPLY\_OP, EXTRACT\_OP of BALANCED\_OP. Voor het gedeelte  $f_{\text{overig}}$  geldt, afhankelijk van het ventilatieprincipe, het volgende:

Als VENT\_SYS\_OP  $f_{\text{overig}} = \text{NATURAL\_OP}$ , dan geldt:

$$q_{V;\text{SUP};\text{eff};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{ETA};\text{eff};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{ODA};\text{eff};zi,mi} = q_{V;\text{eff};\text{vent};\text{in};zi,mi} \quad (11.34)$$

$$C_{vent;in;req} = \frac{q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}}}{(\Delta p)^n} \quad (11.35)$$

$$C_{vent;out;req} = \frac{q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}}}{(\Delta p)^n} \quad (11.36)$$

Als VENT\_SYS\_OP  $f_{\text{overig}} = \text{SUPPLY\_OP}$ , dan geldt:

$$q_{V;\text{SUP};\text{eff};zi,mi} = q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}} \quad (11.37)$$

$$q_{V;\text{ETA};\text{eff};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{ODA};\text{eff};zi,mi} = q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}} \quad (11.38)$$

$$C_{vent;in;req} = 0$$

$$C_{vent;out;req} = \frac{q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}}}{(\Delta p)^n} \quad (11.39)$$

Als VENT\_SYS\_OP  $f_{\text{overig}} = \text{EXTRACT\_OP}$ , dan geldt:

$$q_{V;\text{SUP};\text{eff};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{ETA};\text{eff};zi,mi} = -q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}} \quad (11.40)$$

$$q_{V;\text{ODA};\text{eff};zi,mi} = q_{V;\text{eff};\text{vent};\text{in};zi,mi} \quad (11.41)$$

$$C_{vent;in;req} = \frac{q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}}}{(\Delta p)^n} \quad (11.42)$$

$$C_{vent;out;req} = 0$$

Als VENT\_SYS\_OP  $f_{overig}$  = BALANCED\_OP, dan geldt:

$$q_{V;SUP;eff;zi,mi} = q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} \times f_{overig} \quad (11.43)$$

$$q_{V;ETA;eff;zi,mi} = -q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} \times f_{overig} \quad (11.44)$$

$$q_{V;ODA;eff;zi,mi} = q_{V;ODA;req;zi,mi} \times f_{overig} \quad (11.45)$$

$$q_{V;eff;vent;in;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;eff;vent;out;zi,mi} = 0$$

$$C_{vent;in;req} = 0$$

$$C_{vent;out;req} = 0$$

waarin:

$q_{V;SUP;eff;zi,mi}$	is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die naar rekenzone $zi$ in maand $mi$ wordt toegevoerd, in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.3.1.1;
$q_{V;ETA;eff;zi,mi}$	is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.3.1.2;
$q_{V;ODA;eff;zi,mi}$	is de benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone $zi$ voor maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;
$q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;eff;vent;out;zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) afvoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$C_{vent;in;req}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoevoer naar binnen, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone $zi$ voor maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;
$\Delta p$	is een drukverschil van 1 Pa;
$n$	is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3;

$C_{vent,out;req}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in $\text{m}^3/\text{h(Pa)}^n$ ;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone $zi$ voor maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;
$f_{overig}$	is het deel van de rekenzone met een ventilatiesysteem anders dan decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO <sub>2</sub> -sturing, bepaald volgens formule (11.29).

### 11.2.2.3 Kenmerken ventilatiesysteem

Voor de ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ ,  $f_{sys;zi,mi}$ , geldt:

Indien  $f_{sys;tabel\ 11.6} \geq f_{sys;tabel\ 11.5}$ :

$$f_{sys;zi,mi} = (1 - \tau_{sysC;zi,mi}) \times f_{sys;tabel\ 11.5} + \tau_{sysC;zi,mi} \times f_{sys;tabel\ 11.6} \quad (11.46)$$

Indien  $f_{sys;tabel\ 11.6} < f_{sys;tabel\ 11.5}$ :

$$f_{sys;zi,mi} = f_{sys;tabel\ 11.5} \quad (11.47)$$

Voor de correctiefactor voor het regelsysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ ,  $f_{ctrl;zi,mi}$ , geldt:

Indien  $f_{ctrl;tabel\ 11.6} \geq f_{ctrl;tabel\ 11.5}$ :

$$f_{ctrl;zi,mi} = (1 - \tau_{sysC;mi}) \times f_{ctrl;tabel\ 11.5} + \tau_{sysC;zi,mi} \times f_{ctrl;tabel\ 11.6} \quad (11.48)$$

Indien  $f_{ctrl;tabel\ 11.6} < f_{ctrl;tabel\ 11.5}$ :

$$f_{ctrl;zi,mi} = f_{ctrl;tabel\ 11.5} \quad (11.49)$$

waarin:

$f_{sys;tabel\ X}$	is de dimensioze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor ontleend aan tabel 11.5 ( $X = 11.5$ ) of tabel 11.8 ( $X = 11.8$ );
$f_{sys;zi,mi}$	is de dimensioze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor in rekenzone $zi$ in maand $mi$ ;
$\tau_{sysC;zi,mi}$	is de dimensioze temperatuurgewogen tijdfractie maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit in rekenzone $zi$ per maand $mi$ , ontleend aan 11.2.2.3.3, in geval van: <ul style="list-style-type: none"> <li>— koudebehoefte voor ventilatiesysteemvarianten met maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit volgens 11.2.2.3.3;</li> <li>— warmtebehoefte en bij koudebehoefte voor systeemvarianten zonder maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit, <math>\tau_{sysC;mi} = 0</math>;</li> </ul>
$f_{ctrl;tabel\ X}$	is de dimensioze correctiefactor voor het regelsysteem ontleend aan tabel 11.5 ( $X = 11.5$ ) of tabel 11.6 ( $X = 11.6$ );

$f_{ctrl;zi,mi}$  is de dimensieloze correctiefactor voor het regelsysteem in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ .

De vormgeving van formules (11.46) t/m (11.49) zou aanleiding kunnen zijn om te denken dat hiermee een gewogen gemiddelde voor warmtebehoefte en koudebehoefte wordt berekend. Dit is niet het geval. De getalswaarden voor  $f_{sys,mi}$  en  $f_{ctrl,mi}$  moeten voor warmtebehoefte (H) en voor koudebehoefte (C) apart worden berekend.

### 11.2.2.3.1 Systeemgerelateerde ventilatie bij warmte- en koudebehoefte

De rekenwaarden voor de ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor,  $f_{sys}$ , en correctiefactor voor het regelsysteem,  $f_{ctrl}$ , van gebouwen worden voor gangbare systeemvarianten voor warmte- en koudebehoefte gegeven in tabel 11.5.

OPMERKING 1 Het effect van regelstanden is in de systeemregelcorrectiefactor,  $f_{ctrl}$ , verdisconteerd.

**Tabel 11.5 — Rekenwaarde luchtvolumestroomfactor en correctiefactor voor het regelsysteem per ventilatievoorziening bij warmte- en koudebehoefte**

Ventilatievoorziening	$f_{sys}$	$f_{ctrl}$	
		Woon-functie	Andere gebruiksfunctie
<b>A VENT_SYS_OP = NATURAL_OP</b> Systemen met natuurlijke toe- en afvoer			
A.1 <sup>a</sup>	Standaard	1,00	1,00
A.2a <sup>g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa		0,85
A.2b <sup>g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $1 \text{ Pa} < \Delta p \leq 5$ Pa		0,90
A.2c <sup>g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $5 \text{ Pa} < \Delta p \leq 10$ Pa		0,93
<b>B VENT_SYS_OP = SUPPLY_OP</b> Systemen met mechanische toevoer en natuurlijke afvoer			
B.1 <sup>a</sup>	Standaard	1,00	1,00
B.2	Tijdsturing op toevoer, zonder zonering		0,85
B.3 <sup>c, d, e</sup>	CO <sub>2</sub> -meting per verblijfsruimte, CO <sub>2</sub> -sturing op toevoer, met zonering		0,57
B.3 <sup>c</sup>	CO <sub>2</sub> -sturing per verblijfsruimte		N.v.t.
<b>C VENT_SYS_OP = EXTRACT_OP</b> Systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer			
C.1 <sup>a</sup>	Standaard	1,00	1,00
C.2a <sup>g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa		0,83
C.2b <sup>g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $1 \text{ Pa} < \Delta p \leq 5$ Pa		0,88
C.2c <sup>g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $5 \text{ Pa} < \Delta p \leq 10$ Pa		0,93
C.3a	Tijdsturing afvoer, zonder zonering		0,90

C.3b <sup>g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, tijdsturing afvoer, zonder zonering		0,75	0,92
C.3c	Tijdsturing toevoer, afvoer zonder zonering		0,68	N.v.t.
C.3c	Tijdsturing toe- en afvoer zonder zonering		N.v.t.	0,84
C.4a <sup>c, g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO <sub>2</sub> -meting in de woonkamer, zonder zonering		0,80	N.v.t.
C.4b <sup>c, d, g</sup>	CO <sub>2</sub> -sturing op de toevoer in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, in overige verblijfsruimten luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa. Gecombineerd met sturing op afvoer door CO <sub>2</sub> -metingen in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, zonder zonering		0,52	N.v.t.
C.4b <sup>c</sup>	CO <sub>2</sub> -sturing indirect op toevoer per verblijfsruimte, zonder zonering		N.v.t.	0,61
C.4c <sup>c, d, g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO <sub>2</sub> -metingen in de woonkamer en ten minste de hoofdslaapkamer, zonder zonering		0,59	N.v.t.
C.4c <sup>c, g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, CO <sub>2</sub> -sturing op afvoer per verblijfsruimte, zonder zonering		N.v.t.	0,82
C.5a <sup>c, d, e, g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO <sub>2</sub> -metingen in de woonkamer en ten minste de hoofdslaapkamer, met zonering		0,56	N.v.t.
C.5b <sup>c, d, e, g</sup>	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO <sub>2</sub> -metingen in de woonkamer en ten minste de hoofdslaapkamer, met zonering en afzonderlijke afvoerpunten per verblijfsruimte		0,55	N.v.t.
<b>D VENT_SYS_OP = BALANCED_OP</b> <b>Systemen met mechanische toe- en afvoer; balansventilatie</b>				
D.1 <sup>a</sup>	Standaard	1,00	1,00	1,00
D.2 <sup>a</sup>	Centrale WTW-installatie zonder zoneringen en zonder sturing		1,00	1,00
D.3	Centrale WTW, sturing op toe- of afvoer door CO <sub>2</sub> -meting in de woonkamer, zonder zonering		0,80	N.v.t.
D.3	Centrale WTW. CO <sub>2</sub> -sturing op toe- of afvoer		N.v.t.	1,00
D.4a <sup>f</sup>	Tijdsturing zonder zonering		0,90	1,00
D.4b <sup>e, f</sup>	Tijdsturing met zonering		0,80	N.v.t.

D.4b <sup>f</sup>	Tijdsturing met twee of meer zones (of verblijfsgebieden)		N.v.t.	1,00
D.5a <sup>c, d, e, f</sup>	CO <sub>2</sub> -metingen in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, sturing op toe- of afvoer door CO <sub>2</sub> -metingen in de woonkamer en de hoofdslaapkamer, met zonering		0,52	N.v.t.
D.5a	Centrale WTW. CO <sub>2</sub> -metingen in verblijfsruimten en sturing op toe- of afvoer		N.v.t.	0,67
D.5b <sup>c, d, e</sup>	Decentrale WTW. CO <sub>2</sub> -metingen in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, sturing op toe- of afvoer door CO <sub>2</sub> -metingen in de woonkamer en de hoofdslaapkamer, met zonering		0,52	N.v.t.
D.5b	Decentrale WTW. CO <sub>2</sub> -metingen in verblijfsruimten en sturing op toe- of afvoer		N.v.t.	0,67
D.5c <sup>c, d</sup>	Centrale WTW. CO <sub>2</sub> -metingen in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, sturing op toe- of afvoer door CO <sub>2</sub> -metingen in de woonkamer en de hoofdslaapkamer, zonder zonering		0,59	N.v.t.
E	<b>VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP</b> <b>Gecombineerde systemen</b>			
E.1 <sup>b</sup>	Systeemdeel D: decentrale WTW (systeem D.5b); Systeemdeel met een ander ventilatiesysteem	$f_{sysE.1}$	$f_{ctrlE.1}$	$f_{ctrlE.1}$

a Met handmatige bediening.

b De  $f_{\text{sysE.1}}$  en  $f_{\text{ctrlE.1}}$  worden als volgt bepaald:

$$f_{\text{sysE.1}} = \frac{A_{\text{VG;HRU}} \times 1,0 + (A_{\text{VG;totaal}} - A_{\text{VG;HRU}}) \times f_{\text{sys;overig}}}{A_{\text{VG;totaal}}} \quad (11.50)$$

Voor woonfuncties geldt:

$$f_{\text{ctrlE.1}} = \frac{A_{\text{VG;HRU}} \times 0,52 + (A_{\text{VG;totaal}} - A_{\text{VG;HRU}}) \times f_{\text{ctrl;overig}}}{A_{\text{VG;totaal}}} \quad (11.51)$$

Voor andere gebruiksfuncties geldt:

$$f_{\text{ctrlE.1}} = \frac{A_{\text{VG;HRU}} \times 0,67 + (A_{\text{VG;totaal}} - A_{\text{VG;HRU}}) \times f_{\text{ctrl;overig}}}{A_{\text{VG;totaal}}} \quad (11.52)$$

waarin:

- $f_{\text{sysE.1}}$  is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor voor ventilatiesysteem E.1;
- $f_{\text{ctrlE.1}}$  is de dimensieloze correctiefactor voor het regelsysteem voor ventilatiesysteem E.1;
- $A_{\text{VG;HRU}}$  is de verblijfsgebiedsoppervlakte met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing in de rekenzone, in m<sup>2</sup>;
- $A_{\text{g;totaal}}$  is de totale gebruiksoppervlakte van de rekenzone;
- $f_{\text{sys;overig}}$  is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor van het ventilatiesysteem, in m<sup>2</sup>, dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing in de rekenzone wordt toegepast;
- $f_{\text{ctrl;overig}}$  is de dimensieloze correctiefactor volgens deze tabel voor het regelsysteem van het ventilatiesysteem dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing in de rekenzone wordt toegepast.

- c Het setpoint voor CO<sub>2</sub>-sturing is maximaal 1 200 ppm.
- d Wanneer de woonkamer en hoofdslaapkamer dezelfde verblijfsruimte zijn, bijvoorbeeld bij studio's of studentenwoningen, dan kan worden volstaan met één CO<sub>2</sub>-meting. Hiermee wordt dan zowel in de dag- als nachtperiode de ventilatielucht geregeld en wordt voldaan aan het principe van het betreffende systeem.
- e Bij systemen met zonering zijn de woonkamer en hoofdslaapkamer niet in één zone gelegen.
- f Systeem kan zowel met als zonder WTW worden toegepast.
- g Wanneer is vastgesteld dat er sprake is van een luchtdrukgestuurde toevoer, maar er kan niet vastgesteld worden welk type luchtdrukgestuurde toevoer is toegepast moet het volgende worden aangehouden bij de bepaling van het type toevoerrooster:
  - gebouwen met bouwjaar na 2003: Luchtdrukgestuurde toevoer  $\Delta p \leq 1 \text{ Pa}$ ;
  - voor luchtdrukgestuurde roosters die na 2003 zijn geplaatst: Luchtdrukgestuurde toevoer  $\Delta p \leq 1 \text{ Pa}$ ;
  - overige gevallen: Luchtdrukgestuurde toevoer  $5 \text{ Pa} < \Delta p \leq 10 \text{ Pa}$ .

Indien uitsluitend het hoofdprincipe van het ventilatiesysteem (systeem, A, B, C, D of E) kan worden vastgesteld, dan moet voor de berekening de standaardsysteemvariant van het betreffende ventilatiesysteem worden gehanteerd.

OPMERKING 2 De verschillende ventilatiesystemen zijn in bijlage S nader toegelicht.

### 11.2.2.3.2 Systeemgerelateerde ventilatie bij koudebehoefte onder maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit

Voor situaties met koudebehoefte waarbij de, voor de door het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving nagestreefde ventilatiiedoelen, geïnstalleerde ventilatiecapaciteit maximaal wordt benut voor koelen, worden in tabel 11.6 rekenwaarden gegeven voor de luchtvolumestroomfactor,  $f_{sys}$ , en de correctiefactor voor het regelsysteem,  $f_{ctrl}$ .

Alleen in die situaties waar voor koudebehoefte explicet de geïnstalleerde capaciteit volledig wordt benut (passieve koeling), worden  $f_{sys;zi,mi}$  en  $f_{ctrl;zi,mi}$  bepaald door verdiscontering temperatuurgewogen tijdfractie,  $\tau_{sysC}$ , waarbij sprake is van volledige benutting van de maximale ventilatiecapaciteit. Dit betekent dat er ten minste sprake moet zijn van een automatische sturing van het ventilatiesysteem waarbij die sturing afhankelijk is van de actuele gemeten binnen- én buitentemperatuur. Alleen een bypass bij gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning is onvoldoende om ervan uit te gaan dat de geïnstalleerde capaciteit van het ventilatiesysteem maximaal wordt benut.

**Tabel 11.6 — Rekenwaarde ventilatiesysteemfactor en systeemregelcorrectiefactor per ventilatievoorziening bij koudebehoefte onder maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit**

	<b>Ventilatievoorziening</b>	 W		 U	
		$f_{sys}$	$f_{ctrl}$	$f_{sys}$	$f_{ctrl}$
A	<b>Systemen met natuurlijke toe- en afvoer</b>	1,00		1,00	1,00
B	<b>Systemen met mechanische toevoer en natuurlijke afvoer</b>	1,00			
C	<b>Systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer</b>	1,00			
D	<b>Systemen met mechanische toe- en afvoer; balansventilatie</b>	1,00			
E	<b>Gecombineerde systemen</b>				
E.1 <sup>a</sup>	Systeemdeel D: decentrale WTW (systeem D.5b); systeemdeel met een ander ventilatiesysteem	$f_{sysE.1}$	$f_{ctrlE.1}$	$f_{sysE.1}$	$f_{ctrlE.1}$

<sup>a</sup> De  $f_{sysE.1}$  en  $f_{ctrlE.1}$  worden als volgt bepaald:

$$f_{sysE.1} = \frac{A_{VG;HRU} \times 1,0 + (A_{VG;totaal} - A_{VG;HRU}) \times f_{sys;overig}}{A_{VG;totaal}} \quad (11.53)$$

$$f_{\text{ctrlE},1} = \frac{A_{\text{VG;HRU}} \times 1,0 + (A_{\text{VG;totaal}} - A_{\text{VG;HRU}}) \times f_{\text{ctrl;overig}}}{A_{\text{VG;totaal}}} \quad (11.54)$$

waarin:

- $f_{\text{sysE},1}$  is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor voor ventilatiesysteem E.1;
- $f_{\text{ctrlE},1}$  is de dimensieloze correctiefactor voor het regelsysteem voor ventilatiesysteem E.1;
- $A_{\text{VG;HRU}}$  is de verblijfsgebiedsoppervlakte met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing in de rekenzone, in m<sup>2</sup>;
- $A_{\text{VG;totaal}}$  is de totale verblijfsgebiedsoppervlakte van de rekenzone, in m<sup>2</sup>;
- $f_{\text{sys;overig}}$  is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor van het ventilatiesysteem dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing in de rekenzone wordt toegepast;
- $f_{\text{ctrl;overig}}$  is de dimensieloze correctiefactor voor het regelsysteem van het ventilatiesysteem dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing in de rekenzone wordt toegepast.

### 11.2.2.3.3 Tijdfractie bij koudebehoefte

Bij ventilatiesysteemontwerpen waar voor koudebehoefte explicet de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit volledig wordt benut, worden de temperatuurgewogen tijdfracties voor de maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit,  $\tau_{\text{sysC}}$ , ontleend aan tabel 11.7. In tabel 11.7 zijn eveneens de tijdfractie voor spuivoorzieningen bij een koelbehoefte,  $\tau_{\text{argIC},mi}$ , en de temperatuurgewogen tijdfracties voor de inzet van een WTW-bypassvoorziening,  $\tau_{\text{bypass}}$ , de tijdfractie voor zomernachtventilatie,  $\tau_{\text{argII},mi}$ , en de tijdfractie dat er sprake is van koudeterugwinning via de WTW,  $\tau_{\text{C},mi}$ , opgenomen.

**Tabel 11.7 — Temperatuurgewogen tijdfracties**

Maand (mi)	$\tau_{\text{sysC},mi}$	$\tau_{\text{bypass},mi}$	$\tau_{\text{argIC},mi}$	$\tau_{\text{argII},mi}$	$\tau_{\text{C},mi}$
Januari	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Februari	0,11	0,11	0,01	0,02	0,00
Maart	0,08	0,08	0,02	0,00	0,00
April	0,30	0,30	0,04	0,00	0,00
Mei	0,73	0,73	0,06	0,12	0,15
Juni	0,88	0,88	0,08	0,18	0,08
Juli	1,00	1,00	0,08	0,28	0,17
Augustus	0,93	0,93	0,08	0,25	0,17
September	0,89	0,89	0,06	0,17	0,08
Oktober	0,56	0,56	0,04	0,06	0,00
November	0,17	0,17	0,02	0,01	0,00
December	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00

**OPMERKING 1** De in tabel 11.7 gegeven temperatuurgewogen tijdf fracties ( $\tau_{\text{sysC};mi}$  en  $\tau_{\text{bypass};mi}$ ) zijn afgeleid uit een warmtebalansberekening op uurbasis.

**OPMERKING 2** De  $\tau_{\text{arglC};mi}$  is in de zomermaanden beperkt tot gemiddeld circa twee uur per dag (half uur in de ochtend voor 'luchten' en anderhalf uur in de avond zodra de buitentemperatuur voldoende is gezakt) om onjuist gebruik van spuivoorzieningen (ramen openen bij hoge buitentemperaturen) niet te waarderen, aangezien dat door de maandgemiddelde waarden niet tot uitdrukking zou komen in een berekening volgens deze bepalingsmethode. Voor aanvullende natuurlijke ventilatie koeling (zomernachtventilatie) wordt verwezen naar 11.2.3.3.

**OPMERKING 3** Bij de bepaling van de tijdsfractie voor zomernachtventilatie volgens 11.2.3.3 ( $\tau_{\text{argll};mi}$ ) is verondersteld dat er sprake is van zomernachtventilatie bij  $13^{\circ}\text{C} < T_e < 24^{\circ}\text{C}$  in de periode tussen 22:00 uur en 06:00 uur.

## 11.2.2.4 Volumestroom van systeemgerelateerde ventilatie in gebouwen

### 11.2.2.4.1 Algemeen

De aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht,  $q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};\text{inst};zi,mi}$ , wordt, voor rekenzone  $zi$  per maand  $mi$ , als volgt afgeleid uit de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit, indien deze bekend is:

$$q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};\text{inst};zi,mi} = f_{\tau} \times (f_{\text{terugregel};zi} \times q_{V;\text{inst};zi}) \times 3,6 \quad (11.55)$$

De minimale aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht,  $q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};\text{reken};zi,mi}$ , wordt, voor rekenzone  $zi$  per maand  $mi$ , als volgt afgeleid uit de volgens de bouwregelgeving minimaal vereiste ventilatiecapaciteit:

$$q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};\text{reken};zi,mi} = f_{\text{lea};\text{du};zi} \times f_{\text{lea};\text{ahu};\text{uzi}} \times f_{\tau} \times (q_{\text{usi};\text{spec};\text{functieg}} \times A_g) \times 3,6 \quad (11.56)$$

Voor de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht,  $q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};zi,mi}$ , geldt vervolgens, voor rekenzone  $zi$  per maand  $mi$ :

indien de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit onbekend is:

$$q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};zi,mi} = q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};\text{reken};zi,mi} \quad (11.57)$$

in overige situaties:

$$q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};zi,mi} = \max [q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};\text{inst};zi,mi}; q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};\text{reken};zi,mi}] \quad (11.58)$$

waarin:

$q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};zi,mi}$  is de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};\text{inst};zi,mi}$  is de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht op basis van de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;ODA;req;des;reken;zi,mi}$  is de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpvluchtvolumestroom van buitenlucht op basis van de volgens de bouwregelgeving minimaal vereiste ventilatiecapaciteit voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

- $f_\tau$  is de dimensioze correctiefactor voor de bezettingstijd, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfunctie  $usi$  in de beschouwde rekenzone, bepaald volgens tabel 11.8;
- $f_{terugregel;zi}$  is de dimensioze correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht voor rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 11.2.2.4.2;
- $q_{V;inst;zi}$  is de daadwerkelijk geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit voor rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 11.2.2.4.2, in  $\text{dm}^3/\text{s}$ ;
- $f_{le;a;du;zi}$  is de dimensioze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchttoevoerkanalen voor rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 11.2.2.5.2;
- $f_{le;a;hu;zi}$  is de dimensioze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchtbehandelingskasten voor rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 11.2.2.5.2;
- $q_{usi;spec;functieg}$  is de aan de specifieke ventilatiecapaciteit, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties (functie  $g$ ) in de beschouwde rekenzone, bepaald volgens tabel 11.8, in  $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$ ;
- $A_g$  is de gebruiksoppervlakte van de rekenzone, bepaald volgens NEN 2580, in  $\text{m}^2$ ;
- $\max[a;b]$  is de functie ter bepaling van de hoogste waarde van de parameters  $a$  en  $b$ .

### 11.2.2.4.2 Correctie voor geïnstalleerde capaciteit hoger dan op basis van regelgeving vereist is

De hierna volgende aanvullende gegevens zijn nodig voor de bepaling van de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde luchtvolumestroom,  $q_{V;ODA;req;des;inst;mi}$  volgens 11.2.2.4.1, afgeleid uit de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit:

$$f_{terugregel;zi} = f_{terugregel;recirculatie;zi} \times f_{terugregel;debietregeling;zi} \quad (11.59)$$

waarin:

- $f_{terugregel;zi}$  is de dimensioze correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht voor rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 11.2.2.4.2;
- $f_{terugregel;recirculatie}$  is de dimensioze correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht als gevolg van recirculatie, bepaald volgens 11.2.2.4.2;
- $f_{terugregel;debietregeling;zi}$  is de dimensioze correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht als gevolg van debietregeling.

Voor de correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht,  $f_{terugregel;zi}$ , geldt:

— voor de berekening van de koudebehoefte geldt:  $f_{terugregel;zi} = 1$ ;

— voor de berekening van de warmtebehoefte geldt:

a) voor woningen:  $f_{terugregel;zi} = 1$ ;

b) voor categorie utiliteitsbouw en woongebouwen met een collectieve ventilatievoorziening:

- 1) bij voorzieningen voor menging van rechtstreeks van buiten komende verse lucht met retourlucht, waarbij  $x$  % van de retourlucht ( $q_{V;\text{ETA};\text{dis};\text{out};zi}$ ) kan worden gerecirkuleerd:

$$f_{terugregel;\text{recirculatie};zi} = 1 - x/100 \quad (11.60)$$

waarin:

$$x = 20.$$

**OPMERKING 1** De waarde van  $x$  wordt bepaald door het systeemontwerp. Indien kan worden aangetoond dat een hogere waarde van  $x$  op het systeem van toepassing is, mag  $x$  dienovereenkomstig worden aangepast, naar beneden afgerond op veelvouden van 10.

Als het niet bekend is of er sprake is van recirculatie, dan geldt:  $f_{terugregel;\text{recirculatie};zi} = 1$ .

- 2) bij voorzieningen voor debietregeling, waarbij de luchtvolumestroom door de centrale luchtbehandelingsinstallatie tot ten minste  $x$  % van  $q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des};zi,mi}$  kan worden teruggeregeld:

$$f_{terugregel;\text{debietregeling};zi} = x/100 \quad (11.61)$$

waarin:

$$x = 80.$$

**OPMERKING 2** De waarde van  $x$  wordt bepaald door het systeemontwerp. Indien kan worden aangetoond dat een lagere waarde voor  $x$  op het systeem van toepassing is, mag  $x$  dienovereenkomstig worden aangepast, naar boven afgerond op veelvouden van 10.

Als het niet bekend is of er sprake is van een debietregeling, dan geldt:

$$f_{terugregel;\text{debietregeling};zi} = 1.$$

- 3) in alle andere gevallen  $f_{terugregel;zi} = 1$ .

De daadwerkelijk geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit,  $q_{V;\text{inst}}$ , wordt bepaald volgens 5.1 van NEN 1087:2001 voor nieuwbouw en 4.1 van NEN 8087:2001 voor bestaande bouw, in  $\text{dm}^3/\text{s}$ :

$$q_{V;\text{inst};zi} = q_{V;\text{inst};1a;zi} + q_{V;\text{inst};1b;zi} + q_{V;\text{inst};1c;zi} + q_{V;\text{inst};1d;zi} \quad (11.62)$$

waarin:

$q_{V;\text{inst};1a}$  is de geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit van natuurlijke toevoer van buitenlucht voor rekenzone  $zi$ , in  $\text{dm}^3/\text{s}$ ;

$q_{V;\text{inst};1b}$  is de geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit van natuurlijke toevoer van buitenlucht door een ruimte (zoals een serre of atrium) waar natuurlijke opwarming plaatsvindt voor rekenzone  $zi$ , in  $\text{dm}^3/\text{s}$ ;

$q_{V;\text{inst};1c}$  is de geïnstalleerde/te installeren (decentrale) ventilatiecapaciteit van mechanische toevoer van buitenlucht voor rekenzone  $zi$ , in  $\text{dm}^3/\text{s}$ ;

$q_{V;\text{inst};1d}$  is de geïnstalleerde/te installeren (centrale) ventilatiecapaciteit aan mechanische toevoer van door een daartoe aangebrachte voorziening voorverwarmde of gekoelde buitenlucht voor rekenzone  $zi$ , in  $\text{dm}^3/\text{s}$ .

De daadwerkelijk geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit,  $q_{V;\text{inst};zi}$ , geldt niet ( $q_{V;\text{inst};zi} = 0$ ) in situaties:

- bij warmtebehoefte voor ventilatiesystemen met vraagsturing (bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>-sturing) in woningen;

**OPMERKING 3** Bij de volgende ventilatiesystemen is er sprake van een vraagsturing: B2, B3, C3a, C3b, C3c, C4a, C4b, C4c, C5a, C5b, D3, D4a, D4b, D5a, D5b, D5c en E1.

**OPMERKING 4** De daadwerkelijk geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit,  $q_{V;\text{inst};zi}$ , is de ventilatiecapaciteit inclusief de eventueel geïnstalleerde capaciteit ten behoeve van passieve koeling zoals bedoeld in 11.2.2.3.2.

### 11.2.2.5 Systeemgerelateerde specifieke ventilatiecapaciteit

#### 11.2.2.5.1 Algemeen

De hierna volgende aanvullende gegevens zijn nodig voor de bepaling van de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde toevoerluchtvolumestroom,  $q_{V;\text{ODA};\text{req};\text{des}}$  in 11.2.2.4.1.

De aan de gebruiksfunctie (functie  $g$ ) gerelateerde specifieke ventilatiecapaciteit,  $q_{\text{usi};\text{spec};\text{functieg}}$ , wordt ontleend aan tabel 11.8, in  $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$ , waarbij voor woningen de volgende ondergrens moet worden aangehouden:

$$(q_{\text{usi};\text{spec};\text{functieg}} \times A_g) \geq 35 \text{ (dm}^3/\text{s}) \quad (11.63)$$

Bij een rekenzone waarbinnen meer dan één ( $N_{\text{Woon};zi}$ ) afzonderlijke woonfunctie is gecombineerd (zoals in woongebouwen), geldt de minimumwaarde per individuele woonfunctie, in welk geval:

$$(q_{\text{usi};\text{spec};\text{functieg}} \times A_g) \geq (35 \times N_{\text{Woon};zi}) \text{ (dm}^3/\text{s}) \quad (11.64)$$

waarin:

$N_{\text{Woon};zi}$  is het aantal woonfuncties per rekenzone, bepaald volgens 6.6.6;

$q_{\text{usi};\text{spec};\text{functieg}}$  is de aan de gebruiksfunctie (functie  $g$ ) gerelateerde specifieke ventilatiecapaciteit, bepaald volgens tabel 11.8, in  $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$ .

Bij opsplitsing van een woning in rekenzones geldt de minimumwaarde voor de gehele woning; in dat geval geldt als ondergrens:

$$(q_{\text{usi};\text{spec};\text{functieg}} \times A_{g;zi}) \geq (35 \times (A_{g;zi} / A_g)) \text{ (dm}^3/\text{s}) \quad (11.65)$$

waarin:

$A_g$  is de gebruiksoppervlakte van de gehele woning, in  $\text{m}^2$ .

OPMERKING 1 De minimale waarde is gebaseerd op art. 4.122 (nieuwbouw) en art 3.67 (bestaande bouw) van het Besluit bouwwerken leefomgeving voor een kleine woning met keuken en gecombineerde bad-/toiletruimte.

Voor een ruimte in een utiliteitsgebouw met daarin een zwembad wordt de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht,  $q_{V;ODA;req;des;zi,mi}$ , berekend volgens (11.57) waarbij voor de bepaling van de  $q_{usi;spec;functieg}$  de  $Q_{usi;spec;sportfunctie}$  volgens tabel 11.8 vermenigvuldigd wordt met 2.

OPMERKING 2 Voor ruimtes met daarin een zwembad wordt gerekend met een vastgesteld ventilatiedebiet. Dit komt doordat het verschil tussen gebouwgebonden ventilatie dat wordt meegenomen in de berekening en procesgebonden ventilatie dat niet wordt meegenomen, niet goed te bepalen is.

OPMERKING 3 Indien er naast een zwembad ook nog andere ruimtes in een rekenzone zijn gelegen, dan moet de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht,  $q_{V;ODA;req;des;zi,mi}$ , van die andere ruimten worden bepaald volgens (11.57).

**Tabel 11.8 — Aan gebruiksfunctie gerelateerde specifieke ventilatiecapaciteit en correctiefactor voor de bezettingstijd van een gebouw of deel van een gebouw**

(Sub)gebruiksfunctie			$q_{vr;spec;Bb}^a$ $dm^3/(s \times m^2)$	$f_{nut}^b$	$f_{vg}^b$	$q_{usi;spec}^b$ $dm^3/(s \times m^2)$	Correctie-factor $f_\tau$
<b>Categorie woningbouw</b>							
Woonfunctie			0,9	1,25	0,7	0,50	0,80
<b>Categorie utiliteitsbouw</b>	<b>Specifieke capaciteit volgens bouwregelgeving</b> $dm^3/s$ per persoon	Ontwerp-aantal pers. per $m^2VG$ <sup>a</sup>	$q_{vr;spec;Bb}^a$ $dm^3/(s \times m^2)$	$f_{nut}^b$	$f_{vg}^b$	$q_{usi;spec}^b$ $dm^3/(s \times m^2)$	$f_\tau$ -
Bijeenkomstfunctie							
a) Voor kinderopvang	6,5	0,535	3,48			2,78	0,30
b) Andere bijeenkomst-functie	4	0,535	2,14			1,71	0,15
Celfunctie voor cel	12	0,088	1,05			0,84	0,80
Gezondheidszorgfunctie							
a) Bedgebied	12	0,213	2,55			2,04	0,80
b) Ander verblijfsgebied	6,5	0,213	1,38			1,11	0,30
Industriefunctie	6,5						
Kantoorfunctie	6,5	0,213	1,38			1,11	0,30
Logiesfunctie zijnde een logiesgebouw	12	0,088	1,05			0,84	0,40
Onderwijsfunctie	8,5	0,535	4,55			3,64	0,30
Sportfunctie	6,5	0,088	0,57			0,46	0,30
Winkelfunctie	4	0,088	0,35			0,28	0,40

<sup>a</sup> Specifieke capaciteit respectievelijk ontwerpaantal personen per  $m^2$  verblijfsgebied (VG) volgens bouwregelgeving. De waarden zijn ontleend aan de in het Besluit bouwwerken leefomgeving voor nieuwbouw gegeven capaciteitseisen voor verblijfsruimten.

<sup>b</sup>  $f_{vg}$  is de conversie van verblijfsruimte naar gebruiksoppervlak;  $f_{nut}$  is de verrekening van nuttig dubbel gebruik van systeemventilatielucht voor verschillende ruimten  $q_{usi;spec} = f_{vg} \times (1/f_{nut}) \times q_{vr;spec;Bb}$ .

### 11.2.2.5.2 Correctie voor luchtlekken in ventilatiekanalen en AHU's

Bij systemen met mechanische ventilatie via kanalen moet de specifieke systeemstroom worden gecorrigeerd met de in tabel 11.9 gegeven correctiefactor voor luchtlekken in de ventilatiekanalen  $f_{le;a;du}$ . De correctiefactor is een maat voor de overmaat aan onbenutte ventilatie door luchtlekken in toe- en afvoerkanalen, gecorrigeerd voor het effect hiervan op het warmte- of koudeverlies.

**Tabel 11.9 — Correctiefactor voor warmteverlies door luchtlekken uit of naar ventilatiekanalen**

Ventilatievoorziening	Luchtdichtheidsklasse	$f_{le;a;du}$
Met toe- en/of afvoerkanaal	Onbekend	1,10
	LUKA A, B, C <sup>a</sup>	1,05
	LUKA D <sup>a</sup>	1,00
Zonder kanaal	1,00 <sup>b</sup>	
<sup>a</sup> Uitgaande van een luchtkanalensysteem compleet uitgevoerd in luchtdichtheidsklasse LUKA A, resp. B, C of D, bepaald volgens NEN-EN 1507 [10], NEN-EN 12237 [11] en/of NEN-EN 15727 [12]. Bij kanalen die over meer dan 75 % van hun lengte zijn ingestort, voor kunststof leidingsystemen en voor metalen kanalen waarvan de verbindingen zijn afgedicht, kan zonder meting worden uitgegaan van klasse A, B, C.		
<sup>b</sup> Pro-formarekenwaarde voor systemen met natuurlijke ventilatie (VENT_SYS_OP = NATURAL_OP) en kanaalloze mechanische ventilatie.		

Bij systemen met een AHU moet de specifieke systeemstroom worden gecorrigeerd met een correctiefactor voor luchtlekken in de AHU,  $f_{le;a;ahu}$  van 1,02. De correctiefactor is een maat voor de overmaat aan onbenutte ventilatie door luchtlekken in de AHU.

Bij het ontbreken van een AHU geldt:  $f_{le;a;ahu} = 1,0$ .

**OPMERKING 1** Bij een goed ingeregeld systeem worden de toe- en afvoervoorzieningen in de ruimten op de ontwerpcapaciteiten ingesteld. Leklucht die op andere plekken binnen de gebouwschil uit de toevoerkanalen lekt of naar de afvoerkanalen lekt, wordt daarom geacht de ventilatie te verhogen. De extra ventilatie door leklucht zorgt niet altijd voor een evenredig groot warmte- of koudeverlies. Ook het al of niet behandelen (verwarmen of koelen) van ventilatielucht door toevoerkanalen is van invloed. De correctiefactoren  $f_{le;a;du}$  in tabel 11.9 zijn voor deze effecten globaal gecorrigeerd.

**OPMERKING 2** De waarde  $f_{le;a;ahu}$  van 1,02 is gebaseerd op een AHU-luchtdichtheidsklasse A3, B3 of C3 volgens NEN-EN 13142.

### 11.2.3 Aandeel van de spuivoorziening

Het aandeel van de spuivoorzieningen wordt bepaald door de in- en uitgaande luchtvolumestroom als gevolg van spuien,  $q_{V;argl;in;zi,mi}$  en  $q_{V;argl;out;zi,mi}$  zoals bepaald in 11.2.3.1, en de luchtvolumestroom als

gevolg van de luchtvolumestroom om de koelbehoefte (zomernachtventilatie) te beperken,  $q_{V;\text{argII};\text{in};zi,mi}$  en  $q_{V;\text{argII};\text{out};zi,mi}$  zoals bepaald in 11.2.3.3.

waarin:

$q_{V;\text{argI};\text{in};zi,mi}$  is de toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{argI};\text{out};zi,mi}$  is de afvoer luchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{argII};\text{in};zi,mi}$  is de luchtvolumestroom die de rekenzone binnentreedt als gevolg van zomernachtventilatie, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{argII};\text{out};zi,mi}$  is de luchtvolumestroom die de rekenzone verlaat als gevolg van zomernachtventilatie, in  $\text{m}^3/\text{h}$ .

### 11.2.3.1 Luchtvolumestroom door vereiste spuiventilatie

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de toe- en afvoer van de vereiste spuiventilatie wordt als volgt bepaald:

$$C_{\text{argI};\text{in};\text{req}} = \frac{q_{V;\text{argI};\text{in};zi,mi}}{(\Delta p)^{n_{\text{argI}}}} \quad (11.66)$$

$$C_{\text{argI};\text{out};\text{req}} = \left| \frac{q_{V;\text{argI};\text{out};zi,mi}}{(\Delta p)^{n_{\text{argI}}}} \right| \quad (11.67)$$

waarin:

$C_{\text{argI};\text{in};\text{req}}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – toevoer naar binnen, in  $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;

$C_{\text{argI};\text{out};\text{req}}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – afvoer naar buiten, in  $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$ ;

$q_{V;\text{argI};\text{in};zi,mi}$  is de toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{argI};\text{out};zi,mi}$  is de afvoer luchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$\Delta p$  is een drukverschil van 1 Pa;

$n_{\text{argI}}$  is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

De toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie  $q_{V;\text{argI};\text{in};zi,mi}$ , volgt uit:

$$q_{V;\text{argI};\text{in};zi,mi} = \tau_{\text{argI};mi} \times q_{ve;\text{spec};\text{spui};zi,mi} \times A_{g;zi} \times 3,6 \quad (11.68)$$

$$q_{V;\text{argI};\text{out};zi,mi} = -q_{V;\text{argI};\text{in};zi,mi} \quad (11.69)$$

waarin:

$q_{V;\text{argl};\text{in};zi,mi}$	is de toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;\text{argl};\text{out};zi,mi}$	is de afvoer luchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\tau_{\text{argI};mi}$	is de correctiefactor voor sputijd, bepaald volgens 11.2.3.2;
$q_{ve;\text{spec};\text{spui};zi,mi}$	is de specifieke spuiventilatiecapaciteit, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties in de beschouwde rekenzone, in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , bepaald volgens 11.2.3.2, in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$ ;
$A_{g;zi}$	is de gebruiksoppervlakte van rekenzone $zi$ .

OPMERKING 1 Een spuivoorziening is verplicht voor de volgende gebouwen op basis van art. 4.130 (nieuwbouw) resp. art 3.72 (bestaande bouw) van het Besluit bouwwerken leefomgeving:

- gebouwen met een woonfunctie (nieuwbouw en bestaande bouw),
- gebouwen met een bijeenkomstfunctie voor kinderopvang (nieuwbouw en bestaande bouw), en
- gebouwen met een onderwijsfunctie voor basisonderwijs (nieuwbouw).

OPMERKING 2 Verondersteld is dat het drukverschil 1 Pa bedraagt bij deze luchtvolumestroom. Uitgangspunt volgens NEN 1087 is:  $\Delta T$ : 5 K, windsnelheid 2 m/s.

Voorgaande veronderstelling houdt in dat het uitgangspunt gekozen is dat er spuien via één gevel/dak plaatsvindt.

### 11.2.3.2 Specifieke spuiventilatiecapaciteit

De specifieke spuiventilatiecapaciteit,  $q_{ve;\text{spec};\text{spui}}$ , bij warmte- en koudebehoefte volgt uit tabel 11.10.

**Tabel 11.10 — Specifieke spuiventilatiecapaciteit**

Categorie	Specifieke spuiventilatiecapaciteit, $q_{ve;\text{spec};\text{spui}}$ $\text{dm}^3/\text{s} \times \text{m}^2$
Woonfunctie	4,2
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	4,8
Alle andere gebruiksfuncties	0

OPMERKING 1 Voor een onderwijsfunctie voor basisonderwijs (nieuwbouw) wordt een eis gesteld aan de spuicapaciteit. Er wordt in de berekening van de energieprestatie geen onderscheid gemaakt in deze subgebruiksfunctie. Om deze reden is de specifieke spuiventilatiecapaciteit voor de onderwijsfunctie op 0  $\text{dm}^3/\text{s} \times \text{m}^2$  gesteld.

Voor de categorie woningbouw wordt voor de koudebehoefte  $\tau_{\text{argIC};mi}$  bepaald uit tabel 11.7, voor de warmtebehoefte geldt  $\tau_{\text{argIH};mi} = 0,01$ .

Voor de categorie utiliteit geldt:

$$\tau_{\text{argIH};mi} = \tau_{\text{argIC};mi} = 0,01.$$

OPMERKING 2 De  $\tau_{\text{argIH};mi}$  is gebaseerd op de aanname dat er gemiddeld 15 min per dag wordt gespuid.

### 11.2.3.3 Luchtvolumestroom zomernachtventilatie

#### 11.2.3.3.1 Algemeen

De luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie wordt uitsluitend in de berekening van de koudebehoefte meegenomen. Voor de berekening van de warmtebehoefte geldt:

$$q_{V;\text{argII;in};zi,mi} = q_{V;\text{argII;out};zi,mi} = 0.$$

De luchtvolumestroom voor zomernachtventilatie moet in rekening worden gebracht indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De voorzieningen voor zomernachtventilatie die bereikbaar zijn volgens NEN 5087, zijn in geopende stand inbraakwerend volgens NEN 5096.
- Het gebruik van de voorzieningen voor zomernachtventilatie leidt niet tot een toename van insecten en ongedierte in het gebouw:

  - voor woonfuncties is in uitwendige scheidingsconstructies met een hellingshoek  $> 45^\circ$  een gaas of perforatie met een maaswijdte van maximaal 3 mm vereist, of sleufvormige openingen van maximaal  $10 \times 3$  mm;
  - voor andere gebruiksfuncties is in uitwendige scheidingsconstructies met een hellingshoek  $> 45^\circ$  een gaas of perforatie van maximaal 10 mm vereist.

- De voorzieningen zijn regenwerend volgens NEN 2778.
- De voorzieningen zijn bedienbaar op maximaal 1,8 m boven het vloeroppervlak.

De randvoorwaarde aan de inbraakwerendheid betekent dat als de openingen 'bereikbaar' zijn, er sprake moet zijn van een rooster of van lamellen waarmee in geopende stand aan de eis kan worden voldaan. Dergelijke roosters zijn als standaardproduct verkrijgbaar.

OPMERKING 1 De bepaling van zomernachtventilatie in deze paragraaf betreft uitsluitend het aanvullende aandeel via specifieke bouwkundige voorzieningen, zoals ventilatieluiken. Extra benutting van de beschikbare mechanische ventilatiecapaciteit om de koelbehoefte te reduceren, is opgenomen in 11.2.2.3.

De randvoorwaarden voor insectenwerendheid zijn voor een woonfunctie strenger, omdat er sprake kan zijn van slaapvertrekken. Daarbij wordt in platte (en licht hellende) daken een naar buiten gerichte luchtstroom verondersteld door thermiek, zodat daar een insectenwering niet strikt noodzakelijk is. Bij insectenwering wordt uitgegaan van vaste of beweegbare horren of gaasconstructies die aard- en nagelvast aan de opening zijn verbonden.

OPMERKING 2 Voor andere gebruiksfuncties met slaapfuncties (bijvoorbeeld logiesgebouwen) wordt geadviseerd eenzelfde maaswijdte aan te houden. De maat is ontleend aan veelvoorkomende producten op de markt, die in maaswijdte variëren tussen ca. 1,5 mm en 2,8 mm.

Voor andere gebruiksfuncties is de maat afgeleid uit de eis voor de wering van ongedierte (ratten en muizen) uit Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving.

De randvoorwaarde aan de regenwerendheid komt overeen met de eis uit Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving voor bijvoorbeeld een buitenberging of trappenhuis. Dat betekent dat er

enige doorslag van regenwater mogelijk is, maar er geen plassen mogen ontstaan. Voor dakopeningen voor zomernachtventilatie betekent dit over het algemeen dat deze uitgerust moeten zijn met een regensor en automatische bediening.

Er is sprake van dwarsventilatie indien voorzieningen voor zomernachtventilatie:

- in twee of meer gevels zijn opgenomen waarvan de oriëntatie van ten minste twee gevels minimaal 90° verschilt ten opzichte van elkaar;
- in een gevel en het dak is opgenomen waarbij het dak een maximale hoek van 60° heeft.

In overige gevallen is er sprake van enkelzijdige ventilatie.

In geval van enkelzijdige ventilatie moeten  $q_{V;\text{argII;in};zi,mi}$  en  $q_{V;\text{argII;out};zi,mi}$  volgens 11.2.3.3.2 worden bepaald. In geval van dwarsventilatie moeten  $q_{V;\text{argII;in};zi,mi}$  en  $q_{V;\text{argII;out};zi,mi}$  volgens 11.2.3.3.3 worden bepaald.

De vrije hoogte voor spuiventilatie wordt gegeven door:

$$h_{w;\text{st}} = \max_{i=1 \text{ tot } N_w} \left( h_{w;\text{path},i} + \frac{h_{w;\text{fa},i}}{2} \right) - \min_{i=1 \text{ tot } N_w} \left( h_{w;\text{path},i} - \frac{h_{w;\text{fa},i}}{2} \right) \quad (11.70)$$

waarin:

$h_{w;\text{st}}$	is de vrije hoogte voor spuiventilatie, in m;
$h_{w;\text{path},i}$	is de hoogte tot het midden van raamopening $i$ gemeten ten opzichte van het laagste punt van het maaiveld, in m;
$h_{w;\text{fa},i}$	is de hoogte van de nettodoorlaat van raamopening $i$ , in m;
$N_w$	is de getalswaarde van het aantal raamopeningen dat aan de voorwaarden voldoet om zomernachtventilatie in rekening te moeten brengen.

De oppervlakte van de nettodoorlaat van raam  $k$  wordt gegeven door:

$$A_{w,k} = R_{w;\text{arg},k} \cdot A_{w;\text{max},k} \quad (11.71)$$

De totale oppervlakte van de doorlaten wordt gegeven door:

$$A_{w;\text{tot}} = \sum_{k=1}^{N_w} A_{w,k} \quad (11.72)$$

waarin:

$A_{w,k}$	is de effectieve oppervlakte van raam $k$ , in $\text{m}^2$ , bepaald volgens NEN 1087;
$R_{w;\text{arg},k}$	is de verhouding tussen de oppervlakte van de nettodoorlaat en de effectieve oppervlakte van raam $k$ . $R_{w;\text{arg},k}$ is gelijk aan $J(\Psi)$ van NEN 1087:2001, 5.4;
$A_{w;\text{max},k}$	is de oppervlakte van de nettodoorlaat van raam $k$ , in $\text{m}^2$ ;
$A_{w;\text{tot}}$	is de totale oppervlakte van de doorlaten, in $\text{m}^2$ ;

$N_w$  is de getalswaarde van het aantal raamopeningen dat aan de voorwaarden voldoet om zomernachtventilatie in rekening te moeten brengen.

Bij de bepaling van de nettodoorlaat moet rekening gehouden worden met de werkelijk aanwezige doorlaat inclusief de belemmering door lamellen, perforaties of gaas.

Indien geen specificaties aanwezig zijn van de lamellen, perforaties of gaas, moet voor de bepaling van  $A_{w;\max,k}$  de oppervlakte van de nettodoorlaat van de opening, bepaald volgens NEN 1087, vermenigvuldigd worden met een factor 0,5.

**OPMERKING 1** De factor 0,5 is een weerstandsfactor die is ontleend aan standaard op de markt verkrijgbare lamelroosters en horrengas, die een doorlaat hebben tussen 30 % en 40 % en een K-factor van 40 Pa bij 1 Pa.

**OPMERKING 2** De  $R_{w;\arg;k}$  kan worden berekend met de volgende formule:  $R_{w;\arg;k} = (1,46 \times \Psi) / (\Psi + 41,0)$ , met een maximum van  $R_{w;\arg;k}$  van 1, waarbij  $\Psi$  de maximale openingshoek van de spuicomponent is, in °.

De correctiefactor voor de bediening van de voorzieningen voor de zomernachtventilatie,  $f_{\arg\text{II}}$ , maakt onderscheid in de volgende drie situaties:

- 1) De voorzieningen voor de zomernachtventilatie worden handmatig bediend:  $f_{\arg\text{II}} = 0,5$ ;
- 2) De voorzieningen voor de zomernachtventilatie worden automatisch (mechanisch) bediend:  $f_{\arg\text{II}} = 0,9$ ;
- 3) De voorzieningen voor de zomernachtventilatie worden automatisch (mechanisch) bediend, met temperatuurmeting:  $f_{\arg\text{II}} = 1,0$ .

### 11.2.3.3.2 Enkelzijdige ventilatie

De ingaande luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie wordt per luchtstroomzone als volgt bepaald:

$$q_{V;\arg\text{II};in} = 3600 \times \frac{\rho_{a;ref}}{\rho_{a;e;\arg\text{II}}} \cdot \frac{A_{w;\text{tot}}}{2} \cdot \max\left(C_{\text{wnd}} \cdot u_{10;\text{site};mi}^2; C_{\text{st}} \cdot h_{w;\text{st}} \cdot \text{abs}(T_{z;mi} - T_{e;\arg\text{II};mi})\right)^{0,5} \cdot (\tau_{\arg\text{II};mi} \cdot f_{\arg\text{II}}) \quad (11.73)$$

De uitgaande luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie is per luchtstroomzone als volgt bepaald:

$$q_{V;\arg\text{II};out} = -3600 \times \frac{\rho_{a;ref}}{\rho_{a;z}} \cdot \frac{A_{w;\text{tot}}}{2} \cdot \max\left(C_{\text{wnd}} \cdot u_{10;\text{site};mi}^2; C_{\text{st}} \cdot h_{w;\text{st}} \cdot \text{abs}(T_{z;mi} - T_{e;\arg\text{II};mi})\right)^{0,5} \cdot (\tau_{\arg\text{II};mi} \cdot f_{\arg\text{II}}) \quad (11.74)$$

waarin:

$q_{V;\arg\text{II};in}$  is de ingaande luchtvolumestroom in de rekenzone als gevolg van zomernachtventilatie, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\arg\text{II};out}$  is de uitgaande luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$\rho_{a;ref}$  is de dichtheid van lucht bij 293 K, 1,205  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$\rho_{a;e;\arg\text{II}}$  is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij  $T_{e;\arg\text{II};mi}$ , in  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$\rho_{a;z}$	is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij $T_{int;set;stc}$ , in kg/m <sup>3</sup> ;
$T_{int;set;C;stc}$	is het gebruikelijke ('thermisch comfortniveau') setpoint voor de temperatuur bij koeling in de rekenzone $zi$ , in K: $T_{int;set;C;stc} = \vartheta_{int;set;C;stc} + 273$ , $\vartheta_{int;set;C;stc}$ is voor een situatie met koudebehoefte $\vartheta_{int;set;C;stc;zi,mi}$ bepaald volgens 7.9.4.1;
$T_{int;set;H;stc}$	is het gebruikelijke ('thermisch comfortniveau') setpoint voor de temperatuur bij verwarming in de rekenzone $zi$ , in K: $T_{int;set;H;stc} = \vartheta_{int;set;H;stc} + 273$ , $\vartheta_{int;set;H;stc}$ is bepaald volgens 7.9.4.1;
$A_{w;tot}$	is de totale oppervlakte van de doorlaten, in m <sup>2</sup> ;
$C_{wnd}$	is een factor voor het in rekening brengen van de windsnelheid in de beluchtingsberekeningen, 0,001;
$u_{10;site;mi}$	is de windsnelheid ter plaatse op een hoogte van 10 m in maand $mi$ , in m/s;
$C_{st}$	is een factor voor het in rekening brengen van spuiventilatie in beluchtingsberekeningen, 0,003 5, in (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )/(m×K);
$h_{w;st}$	is de vrije hoogte voor spuiventilatie, in m;
$T_{z;mi}$	is de temperatuur bij koeling in de rekenzone voor ventilatie in maand $mi$ , in K, $T_z = T_{int;set;C;stc}$ ;
$T_{e,argII;mi}$	is de maandgemiddelde buitentemperatuur zomernachtventilatie in maand $mi$ , in K: $T_{e,argII;mi} = \vartheta_{e,argII;mi} + 273$ , $\vartheta_{e,argII;mi}$ is bepaald volgens tabel 17.1;
$\tau_{argII;mi}$	is de tijdsfractie voor zomernachtventilatie volgens tabel 11.7;
$f_{argII}$	is de correctiefactor voor de bediening van de voorzieningen voor de zomernachtventilatie volgens 11.2.3.3.1.

### 11.2.3.3 Dwarsventilatie

De ingaande luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie is per luchtstroomzone als volgt bepaald:

$$q_{V,argII;in} = 3600 \times \frac{\rho_{a;ref}}{\rho_{a;e;argII}} \cdot \max \left( \begin{array}{l} C_{D;w} \cdot A_{w;cros} \cdot \min(u_{10;site}; u_{10;site;max}) \cdot (\Delta C_p)^{0,5} \\ ; \frac{A_{w;tot}}{2} \cdot (C_{st} \cdot h_{w;st} \cdot \text{abs}(T_{z;mi} - T_{e;argII;mi}))^{0,5} \end{array} \right) \cdot (\tau_{argII;mi} \cdot f_{argII}) \quad (11.75)$$

De uitgaande luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie is per luchtstroomzone als volgt bepaald:

$$q_{V,argII;out} = -3600 \times \frac{\rho_{a;ref}}{\rho_{a;z}} \cdot \max \left( \begin{array}{l} C_{D;w} \cdot A_{w;cros} \cdot \min(u_{10;site}; u_{10;site;max}) \cdot (\Delta C_p)^{0,5} \\ ; \frac{A_{w;tot}}{2} \cdot (C_{st} \cdot h_{w;st} \cdot \text{abs}(T_{z;mi} - T_{e;mi}))^{0,5} \end{array} \right) \cdot (\tau_{argII;mi} \cdot f_{argII}) \quad (11.76)$$

waarin:

$q_{V;\text{argII;in}}$	is de ingaande luchtvolumestroom in de rekenzone als gevolg van zomernachtventilatie, in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;\text{argII;out}}$	is de uitgaande luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie, in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$\rho_{\text{a;ref}}$	is de dichtheid van lucht bij 293 K: 1,205 $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
$\rho_{\text{a;e;argII}}$	is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij $T_{\text{e;argII};mi}$ , in $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
$\rho_{\text{a;z}}$	is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij $T_{\text{int;set;stc}}$ , in $\text{kg}/\text{m}^3$ ; $T_{\text{int;set;stc}}$ is het gebruikelijke ('thermisch comfortniveau') setpoint voor de temperatuur bij koeling in de rekenzone $zi$ , in K: $T_{\text{int;set;stc}} = \vartheta_{\text{int;set;C;stc}} + 273$ , $\vartheta_{\text{int;set;C;stc}}$ is voor een situatie met koudebehoefte $\vartheta_{\text{int;set;C;stc};zi,mi}$ bepaald volgens 7.9.4.1;
$C_{D,w}$	is de afvoerfactor voor doorlaten, 0,67;
$A_{w;cros}$	is de equivalente oppervlakte van de doorlaten voor dwarsventilatie, in $\text{m}^2$ ;
$u_{10;\text{site};mi}$	is de windsnelheid ter plaatse op een hoogte van 10 m in maand $mi$ , in $\text{m}/\text{s}$ ;
$u_{10;\text{site};\text{max}}$	is de maximale windsnelheid ter plaatse op een hoogte van 10 m; voor dwarsventilatie, 3 $\text{m}/\text{s}$ ;
$\Delta C_p$	is het verschil in winddrukcoëfficiënt tussen de loefzijde en lijzijde uit tabel 11.3;
$A_{w;\text{tot}}$	is de totale oppervlakte van de doorlaten, in $\text{m}^2$ ;
$C_{\text{st}}$	is een factor voor het in rekening brengen van spuiventilatie in beluchtingsberekeningen, 0,003 5, in $(\text{m}^2/\text{s}^2)/(\text{m} \times \text{K})$ ;
$h_{w;\text{st}}$	is de vrije hoogte voor spuiventilatie, in m;
$T_{z;mi}$	is de temperatuur bij koeling in de rekenzone voor ventilatie in maand $mi$ , in K; $T_z = T_{\text{int;set;C;stc}}$ ;
$T_{\text{e};mi}$	is de buitentemperatuur, in K: $T_{\text{e};mi} = \vartheta_{\text{e;avg};mi} + 273$ , $\vartheta_{\text{e;avg};mi}$ is bepaald volgens tabel 17.1;
$T_{\text{e;argII};mi}$	is de maandgemiddelde buitentemperatuur zomernachtventilatie in maand $mi$ , in K: $T_{\text{e;argII};mi} = \vartheta_{\text{e;argII};mi} + 273$ ; $\vartheta_{\text{e;argII};mi}$ is bepaald volgens tabel 17.1;
$\tau_{\text{argII};mi}$	is de tijdsfractie voor zomernachtventilatie volgens tabel 11.7;
$f_{\text{argII}}$	is de correctiefactor voor de bediening van de voorzieningen voor de zomernachtventilatie volgens 11.2.3.3.1.

$A_{w;cros}$  wordt bepaald met de volgende procedure:

Voor  $i = 1$  tot 2

Voor  $j = 1$  tot 4

$$A_{w;or,j} = 0$$

$$\alpha_{ref} = (i-1) \times 45^\circ + (j-1) \times 90^\circ$$

$$\alpha_{max} = \alpha_{ref} + 45^\circ$$

$$\alpha_{min} = \alpha_{ref} - 45^\circ$$

Voor  $k = 1$  tot  $N_w$ , als  $\alpha_{min} \leq \alpha_{w,k} < \alpha_{max}$ :

$$A_{w;or,j} = A_{w;or,j} + A_{w,k} \quad (11.77)$$

Einde voor  $k$

Einde voor  $j$

$$A_{w;cros,i} = \frac{1}{4} \times \sum_{\substack{j=1 \text{ tot } 4 \\ A_{w;or,j} > 0}} \left( \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{A_{w;or,j}^2} + \frac{1}{(A_{w;tot} - A_{w;or,j})^2}}} \right) \quad (11.78)$$

Einde voor  $i$

$$A_{w;cros} = \min(A_{w;cros;1}, A_{w;cros;2}) \quad (11.79)$$

waarin:

$\alpha_{w,k}$  is de oriëntatie ( $0^\circ$  = zuid,  $90^\circ$  = west,  $270^\circ$  = oost,  $180^\circ$  = noord) van doorlaat  $k$ ;

$\beta_{w,k}$  is de hellingshoek ( $0^\circ$  = horizontaal,  $90^\circ$  = verticaal) van doorlaat  $k$ ;

$A_{w;or,j}$  is de equivalente oppervlakte van de doorlaten in verhouding tot de betreffende oriëntatie;

$A_{w,k}$  is de oppervlakte van de nettodoorlaat van raam  $k$ , in  $m^2$ , bepaald volgens formule (11.717).

### 11.2.4 Aandeel van de verbrandingslucht voor open verbrandingstoestellen

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor open verbrandingstoestellen wordt als volgt bepaald:

$$C_{\text{comb;in;req}} = \frac{q_{V;\text{comb;in};zi,mi}}{(\Delta p)^{n_{\text{comb}}}} \quad (11.80)$$

waarin:

$C_{\text{comb;in;req}}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor open verbrandingstoestellen, in  $\text{m}^3/\text{h} \times \text{Pa}^n$ ;

$q_{V;\text{comb;in};zi,mi}$  is de verbrandingsluchttoevoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$\Delta p$  is een drukverschil van 1 Pa;

$n_{\text{comb}}$  is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

De totale ingaande en uitgaande luchtvolumestroom als gevolg van open verbrandingstoestellen in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , wordt bepaald door de som van de aanwezige luchtvolumestromen als gevolg van open verbrandingstoestellen in rekenzone  $zi$ :

$$q_{V;\text{comb;in};zi,mi} = \sum_i q_{V;\text{comb;in};i} \quad (11.81)$$

$$q_{V;\text{comb;out};zi,mi} = - \sum_i q_{V;\text{comb;out};i} \quad (11.82)$$

Als ‘verbrandingstoestel’ = ‘Afvoerloze open toestellen’, dan geldt:

—  $q_{V;\text{comb;in};i} = q_{V;\text{comb},i}$ ;

—  $q_{V;\text{comb;out};i} = 0$ .

Als ‘verbrandingstoestel’ = ‘open toestellen met rookgasafvoerkanaal’, dan geldt:

—  $q_{V;\text{comb;in};i} = 0$ ;

—  $q_{V;\text{comb;out};i} = q_{V;\text{comb},i}$ .

**OPMERKING 1** Bij afvoerloze open verbrandingstoestellen is verondersteld dat er sprake is van een toevoervoorziening voor de verbrandingslucht in de gevel. Er is daarbij verondersteld dat er geen aparte afvoervoorziening aanwezig is.

**OPMERKING 2** Bij een open toestel met rookgasafvoer is verondersteld dat de afvoervoorziening de vereiste rookgasafvoer realiseert. Er is geen rekening gehouden met een aparte toevoervoorziening voor de verbrandingslucht; verondersteld is dat die op een andere manier tot stand komt zoals via infiltratie of ventilatieroosters.

Voor open verbrandingstoestellen wordt de tijdgemiddelde verbrandingsluchttoevoercapaciteit bij 1 Pa drukverschil berekend met:

$$q_{V;\text{comb},i} = f_{\tau;\text{verbr}} \times f_{as} \times f_{ff} \times P_{h;fi} \times 3,6 \quad (11.83)$$

waarin:

- $q_{V;\text{comb};in;zi,mi}$  is de verbrandingsluchttoevoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $q_{V;\text{comb};out;zi,mi}$  is de verbrandingsluchtafvoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $f_{as}$  is de verbrandingsluchttoevoercapaciteit voor het open verbrandingstoestel  $i$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $f_{\tau;\text{verbr}}$  is de tijdcorrectiefactor voor de bedrijfstijd van open verbrandingstoestellen, volgens tabel 11.12;
- $f_{as}$  is de toesteltypefactor, volgens tabel 11.11;
- $f_{ff}$  is de brandstofstroomfactor – de specifieke luchtvolumestroom nodig voor open verbrandingstoestel  $i$ , in  $\text{dm}^3/\text{s} \times \text{kW}$ , volgens tabel 11.12;
- $P_{h;fi}$  is de nominale belasting ('heating fuel input power') van open verbrandingstoestel  $i$ , als opgegeven door de fabrikant, in kW, met als minimum de in tabel 11.12 voor het desbetreffende toesteltype gegeven minimale belasting  $P_{h;fi;\min}$ .

**Tabel 11.11 — Toesteltypefactor**

Aanvoer verbrandingslucht	Rookgasafvoer	Verbrandingstoesteltype	Toestel-typefactor $f_{as}$
Verbrandingslucht komt uit de binnenlucht	Rookgas wordt naar de ruimte afgevoerd	— Keukenfornuis	0
		— Gastoestel volgens CEN/TR 1749 Type A	1
Verbrandingslucht komt uit de binnenlucht	Rookgas wordt afgevoerd via een apart luchtkanaal	— Open haard	0
		— Gastoestel volgens CEN/TR 1749 Type B	1
Verbrandingslucht komt uit de binnenlucht	Rookgas wordt afgevoerd via een apart luchtkanaal, gelijktijdig met de mechanische afvoer van ventilatielucht	— Specifiek gastoestel	a

Aanvoer verbrandingslucht	Rookgasafvoer	Verbrandingstoesteltype	Toestel-typefactor $f_{as}$
Verbrandingslucht wordt rechtstreeks van buiten aangevoerd via een apart luchtkanaal, dat van de binnenlucht is afgescheiden	Rookgas wordt afgevoerd via een apart luchtkanaal	— Gastoestel volgens CEN/TR 1749 Type C ('room air sealed systems') — Gesloten haard (hout-, kolen- of gashaard met hout/kolen-effect)	0

<sup>a</sup> Beschouwd als een mechanisch afvoersysteem, maar met variabele luchtstroom, zowel afhankelijk van de afvoer als van het verbrandingstoestel.

OPMERKING Een  $f_{as}$  van '0' leidt ertoe dat geen luchtvolumestroom voor het open verbrandingstoestel wordt meegenomen. De noodzaak om die toestellen mee te nemen in de energieprestatieberekening is er dus niet.

**Tabel 11.12 — Rekenwaarde specifieke verbrandingsluchttoevoercapaciteit voor verbrandingstoestellen**

Verbrandingstoestel	Brandstof	$P_{h;fi;\min}$ <sup>a</sup> kW	$f_{t;verbr}$		$f_{ff}$ dm <sup>3</sup> / (s×kW)
<b>Afvoerloze open toestellen (A11 <sup>b</sup>)</b>					
Geisers	Aardgas	13	0,05		1,62
Open sfeertoestellen	Aardgas	10	0,20	0,05	1,62
<b>Open toestellen met rookgasafvoerkanaal <sup>a</sup> (B11 <sup>c</sup>)</b>					
Badgeisers	Aardgas	35	0,05		0,78
Gasboilers	Aardgas	15	0,05		0,78
Cv-ketels	Aardgas	30	0,20	0,00	0,78
Sfeerhaard, natuurlijke afvoer blokkenvuur, type I <sup>b</sup>	Aardgas	10	0,20	0,05	0,78
Sfeerhaard, mechanische afvoer blokkenvuur, type II <sup>b</sup>	Aardgas	10	0,20	0,05	1,34
Sfeerhaard, blokkenvuur, type II <sup>b</sup>	Aardgas	15	0,20	0,05	3,35
Open haard	Vaste brandstof	25	0,20	0,05	2,80
Kachel	Aardgas	10	0,20	0,00	0,78

<b>Verbrandingstoestel</b>	<b>Brandstof</b>	$P_{h;fi;\min}$ <sup>a</sup> kW	$f_{t,verbr}$		$f_{ff}$ $\text{dm}^3/\text{s} \times \text{kW}$
Kachel	Olie	10	0,20	0,00	0,32
Kachel	Kolen	15	0,20	0,00	0,52
Kachel	Vaste brandstof anders dan kolen	25	0,20	0,00	2,80

<sup>a</sup> Met trekonderbreker en valwindafleider.  
<sup>b</sup> Blokkenvuur als bedoeld in NPR 3378-20:1991.  
<sup>c</sup> Typeomschrijving als bedoeld in NPR 1749:2009.

Open verbrandingstoestellen, waaronder sfeerhaarden, die niet worden gebruikt voor de warmteopwekking voor ruimteverwarming volgens hoofdstuk 9 en/of voor de warmteopwekking voor warm tapwater volgens hoofdstuk 13 worden als inrichting beschouwd. Om die reden worden ze in de berekening van de energieprestatie niet meegewogen.

Indien niet kan worden vastgesteld welk type verbrandingstoestel is toegepast, dan moet de volgende richtlijn worden gevolgd:

- Een VR- of HR-ketel wordt gerekend als een gesloten toestel.
- Een conventionele ketel wordt gerekend als een open toestel.
- Grote installaties worden niet als een open toestel aangemerkt.

Daarbij gelden de volgende waarden:

- Individuele conventionele ketel: rekenwaarde overeenkomstig 'Cv-ketels', 'Aardgas'.
- Lokale gasverwarming voor ruimteverwarming: rekenwaarde overeenkomstig 'Kachel', 'Aardgas'.
- Geiser en badgeiser: rekenwaarde overeenkomstig 'Badgeisers', 'Aardgas'.

Indien het vermogen van het verbrandingstoestel niet kan worden vastgesteld, dan geldt  $P_{h,fi} = P_{h,fi;\min}$ .

### 11.2.5 Aandeel van de infiltratie

Voor gerealiseerde gebouwen kan de feitelijke luchtdoorlatendheid (de luchtgeleiding of reciproque luchtweerstand van de luchtlekken, uitgedrukt in de doorgelaten luchtvolumestroom bij een uniform drukverschil van 10 Pa) door meting op basis van NEN 2686 worden bepaald. Ingeval de specifieke luchtvolumestroom die wordt doorgelaten bij 10 Pa,  $q_{v10;\text{lea};\text{ref}}$ , op basis van meting is vastgesteld, wordt deze waarde voor de berekening van de luchtstroom door infiltratie gebruikt.

Wanneer gebouwen onder een kwaliteitsborgingsprocedure worden gebouwd en binnen die procedure de specifieke luchtdoorlatendheid,  $q_{v10;\text{lea};\text{ref}}$ , van het gebouw is vastgelegd/wordt gecontroleerd, moet die waarde worden gebruikt.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen wordt als volgt bepaald:

$$C_{\text{lea}} = \frac{q_{v1;\text{lea};\text{ref}}}{(\Delta p)^n} \quad (11.84)$$

waarin:

- $C_{\text{lea}}$  is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen, in  $\text{m}^3/\text{h} \times \text{Pa}^n$ ;
- $q_{v1;\text{lea};\text{ref}}$  is de luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.5;
- $\Delta p$  is een drukverschil van 1 Pa;
- $n$  is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

$$q_{v1;\text{lea};\text{ref}} = q_{v10;\text{lea};\text{ref}} \times \frac{1}{10^{n_{\text{lea}}}} \times A_g \times 3,6 \quad (11.85)$$

waarin:

- $q_{v1;\text{lea};\text{ref}}$  is de luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $q_{v10;\text{lea};\text{ref}}$  is de specifieke luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 10 Pa, in  $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$ ;
- $n_{\text{lea}}$  is de stromingsexponent, bepaald volgens 11.2.1.3;
- $A_g$  is de gebruiksoppervlakte van de rekenzone, in  $\text{m}^2$ .

$q_{v10;\text{lea};\text{ref}}$  kan met een meting, op basis van NEN 2686, worden vastgesteld of, indien er geen meetwaarde beschikbaar is, met onderstaande formule als volgt worden bepaald:

$$q_{v10;\text{lea};\text{ref}} = f_{\text{type}} \times f_y \times q_{v10;\text{spec};\text{reken}} \quad (11.86)$$

waarin:

- $q_{v10;\text{lea};\text{ref}}$  is de specifieke luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 10 Pa, in  $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$ ;
- $f_{\text{type}}$  is de van het gebouwtype afhankelijke correctiefactor voor de rekenwaarde van de luchtdoorlatendheid, bepaald volgens 11.2.5.2;
- $f_y$  is de bouwjaarcorrectiefactor voor de rekenwaarde van de luchtdoorlatendheid, bepaald volgens tabel 11.13 van 11.2.5.1;
- $q_{v10;\text{spec};\text{reken}}$  is de rekenwaarde voor de specifieke luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 10 Pa, bepaald volgens 11.2.5.2, in  $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$ .

**OPMERKING 1** De index '10' geeft aan dat de specifieke luchtdoorlatendheid is afgeleid uit de door luchtdoorlatendheidsmetingen bepaalde volumestroom/druk karakteristiek als de volumestroom die het snijpunt vormt bij een uniform drukverschil over alle lekken van 10 Pa. Dit ter onderscheiding van de analoge luchtdoorlatendheidscoëfficiënt ( $C$ -waarde) die bij 1 Pa geldt.

OPMERKING 2 De  $q_{v10;\text{lea};\text{ref}}$  wordt bepaald door de  $q_{v10;\text{gemeten};i}$  volgens NEN 2686 te delen door de gebruiksoppervlakte van deel  $i$  van het gebouw.

### 11.2.5.1 Bouwjaarcorrectiefactor voor de rekenwaarde van de luchtdoorlatendheid

De luchtdoorlatendheid is door verbetering van de bouwkwaliteit over de jaren verminderd. Daarom moet de rekenwaarde van de specifieke luchtdoorlatendheid,  $q_{v10;\text{spec};\text{reken}}$ , worden gecorrigeerd met de in tabel 11.13 gegeven bouwjaarcorrectiefactor,  $f_j$ .

**Tabel 11.13 — Bouwjaarcorrectiefactor voor de rekenwaarde van de luchtdoorlatendheid**

Bouwjaar/renovatiejaar $j$	$F_j$
$j < 1970$	3,0
$1970 \leq j < 1980$	2,5
$1980 \leq j < 1990$	2,0
$1990 \leq j < 2000$	1,5
$2000 \leq j < 2010$	1,0
$j \geq 2010$	0,7

OPMERKING 1 De waarden van  $f_j$  in tabel 11.13 zijn ontleend aan zowel praktijkmetingen als modelonderzoek.

OPMERKING 2 In bovenstaande tabel is aangenomen dat bij renovatie voldoende aandacht is besteed aan infiltratie. De infiltratie wordt bepaald door het totaal van de bouwkundige aansluitingen; daarbij spelen aansluitingen in een kap, in de aansluiting dak/gevel, rondom kozijnaansluitingen en in de begane grondvloer een rol.

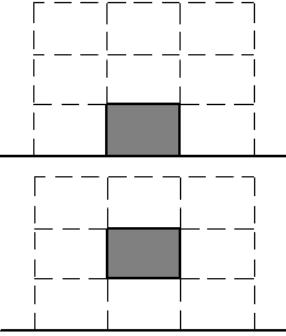
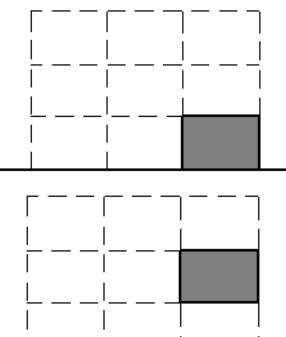
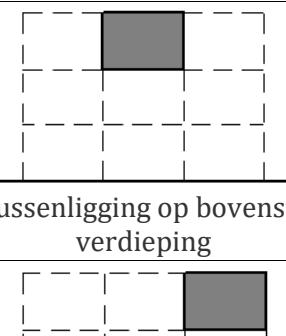
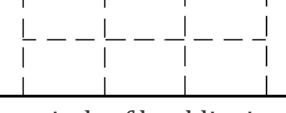
Het renovatiejaar mag worden aangehouden als er sprake is van (nagenoeg) volledige renovatie. Hierbij mag het incidenteel handhaven of hergebruik van bestaande delen (zoals een voordeur) in dit verband beschouwd worden als volledige renovatie. Het uitsluitend verbeteren van een enkel aspect (zoals de kierdichting van kozijnen) is onvoldoende om te mogen rekenen met het renovatiejaar.

### 11.2.5.2 Rekenwaarde voor specifieke luchtdoorlatendheid en correctie voor het gebouwtype

Tabel 11.14 geeft de rekenwaarde voor de specifieke luchtdoorlatendheid per gebouwtype,  $q_{v10;spec;calc}$ , en de van de gebouwuitvoering afhankelijke correctiefactor op deze rekenwaarde,  $f_{type}$ .

**Tabel 11.14 — Rekenwaarde voor de specifieke luchtdoorlatendheid per gebouwtype en de bijbehorende correctiefactor voor de uitvoeringsvariant**

Gebouwtype	$q_{v10;spec;calc}$ dm <sup>3</sup> /(s×m <sup>2</sup> ) (bij een uniform drukverschil van 10 Pa)	Uitvoeringsvariant	$f_{type}$
<b>Grondgebonden gebouwen</b>			
Eengezinswoningen met kap en enkellaagse utiliteitsbouw met kap	1,0	 Tussenligging	1,0
		 Kop-, eind- of hoekligging	1,2
		 Vrijstaand gebouw, hellend dak	1,4
		 Vrijstaand gebouw, deels plat dak	1,2
Eengezinswoningen met plat dak en overige enkellaagse utiliteitsbouw	0,7	 Tussenligging	1,0
		 Kop-, eind- of hoekligging	1,2
		 Vrijstaand gebouw, plat dak	1,4

Gebouwtype	$q_{v10;spec;calc}$ dm <sup>3</sup> /(s×m <sup>2</sup> ) (bij een uniform drukverschil van 10 Pa)	Uitvoeringsvariant	$f_{type}$
<b>Meerlaagse gebouwen <sup>a</sup></b>			
			1,0
			1,3
Etages van meerlaagse categorie utiliteitsbouw, flat- en portiekwoningen	0,5		1,2
			1,4

<sup>a</sup> Voor combinaties van eenheden in een meerlaags gebouw kan worden aangehouden:

- voor het gebouw als geheel:  $f_{type} = 1,2$ ;
- voor de gehele bovenste gebouwlaag:  $f_{type} = 1,3$ ;
- voor een volledige tussengelegen gebouwlaag:  $f_{type} = 1,2$ ;

Gebouwtype	$q_{V10;spec;calc}$ dm <sup>3</sup> /(s×m <sup>2</sup> ) (bij een uniform drukverschil van 10 Pa)	Uitvoeringsvariant	$f_{type}$
— voor de hele onderste gebouwlaag: $f_{type} = 1,1$ . Deze waarden zijn afgeleid van de hierboven vermelde waarden voor $f_{type}$ .			

## 11.3 Distributie

In deze paragraaf worden de mechanische luchtvolumestromen van de toe- en afvoer van de ventilatielucht in de rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  berekend ( $q_{V;SUP;dis;out;zi,mi}$  en  $q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$ ). Van deze luchtvolumestromen, en van de natuurlijke toe- en afvoer van de ventilatielucht, wordt vervolgens in 11.3.2 (toevoer) en 11.3.3 (afvoer) de temperatuur bepaald.

### 11.3.1 Debiet

#### 11.3.1.1 Mechanische toevoer

De hoeveelheid lucht die in de rekenzone mechanisch wordt toegevoerd, is afhankelijk van het ventilatiesysteem en wordt als volgt bepaald:

Als VENT\_SYS\_OP = EXTRACT\_OP of als VENT\_SYS\_OP = NATURAL\_OP, dan geldt:

$$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} = 0$$

Als VENT\_SYS\_OP = BALANCED-DEC\_OP, dan geldt voor het gedeelte  $f_{overig}$  volgens formule (11.29), voor zover dat kan worden aangemerkt als 'EXTRACT\_OP' of 'NATURAL\_OP', het volgende:

$$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} = 0$$

Voor de overige gevallen geldt:

$$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} = q_{V;ODA;req;zi,mi} / (f_{lea;du} \times f_{lea;ahu}) \quad (11.87)$$

**OPMERKING** Verondersteld wordt dat de mechanische toevoer naar de ruimte gelijk is aan het ontworpen ('required') debiet.  $q_{V;ODA;req;zi,mi}$  kan daarom in bovenstaande formule gelijk worden gesteld aan  $q_{V;ODA;eff;zi,mi}$  volgens 11.2.1.7.

De hoeveelheid lucht die naar de rekenzone gaat (en de AHU of de ventilatie-unit verlaat), wordt als volgt bepaald:

$$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} = q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} \times f_{lea;du} \quad (11.88)$$

waarin:

$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die naar rekenzone $zi$ in maand $mi$ wordt toegevoerd, in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die rekenzone $zi$ in maand $mi$ in gaat, in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;
$f_{le;a;du}$	is de dimensioze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchttoevoerkanalen, bepaald volgens 11.2.2.5.2. Indien er bij VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP sprake is van twee gecombineerde ventilatiesystemen met verschillende waardes voor $f_{le;a;du}$ , dan moet de hoogste waarde van $f_{le;a;du}$ worden aangehouden;
$f_{le;a;ahu}$	is de dimensioze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchtbehandelingskasten, bepaald volgens 11.2.2.5.2. Indien er bij VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP sprake is van twee gecombineerde ventilatiesystemen met verschillende waardes voor $f_{le;a;ahu}$ , dan moet de hoogste waarde van $f_{le;a;ahu}$ worden aangehouden.

### 11.3.1.2 Mechanische afvoer

#### 11.3.1.2.1 Ventilatie via natuurlijke toevoer – Natuurlijke afvoer of via mechanische toevoer – Natuurlijke afvoer

Als VENT\_SYS\_OP = NATURAL\_OP of VENT\_SYS\_OP = SUPPLY\_OP, dan geldt:

$$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} = 0$$

waarin:

$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ ;
$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in $\text{m}^3/\text{h}$ .

#### 11.3.1.2.2 Ventilatie via natuurlijke toevoer – Mechanische afvoer

Als VENT\_SYS\_OP = EXTRACT\_OP, dan geldt:

Het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ ,  $q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$ , is gelijk aan het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd:

$$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} = q_{V;ODA;req;zi,mi} \quad (11.89)$$

Het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ ,  $q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$ , wordt als volgt bepaald:

$$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} = q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} / f_{le;a;du} \quad (11.90)$$

waarin:

- $q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $q_{V;\text{SUP;dis;in};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd (vanuit de AHU of de ventilatie-unit) naar rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $f_{\text{lea;du}}$  is de dimensioze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchttoevoerkanalen, bepaald volgens 11.2.2.5.2;
- $q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1.

### 11.3.1.2.3 Balansventilatie

Als VENT\_SYS\_OP = BALANCED\_OP, dan geldt:

Het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ ,  $q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi}$ , is gelijk aan het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd:

$$q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} = q_{V;\text{SUP;dis;in};zi,mi} \quad (11.91)$$

Het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ ,  $q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi}$ , wordt als volgt bepaald:

$$q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi} = q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} / f_{\text{lea;du}} \quad (11.92)$$

waarin:

- $q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $q_{V;\text{SUP;dis;in};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd (vanuit de AHU of de ventilatie-unit) naar rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
- $f_{\text{lea;du}}$  is de dimensioze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchttoevoerkanalen, bepaald volgens 11.2.2.5.2.

### 11.3.1.2.4 Gecombineerd ventilatiesysteem

Als VENT\_SYS\_OP = BALANCED-DEC\_OP, dan geldt:

Er is sprake van een gecombineerd ventilatiesysteem. Voor het gedeelte met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing geldt:

Het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ ,  $q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi}$ , bedraagt:

$$q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} = q_{V;\text{SUP;dis;in};zi,mi} \times f_{\text{BAL-DEC}} \quad (11.93)$$

Het ventilatiedebiet dat de ventilatie-unit in gaat in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ ,  $q_{V;\text{ETA;dis;out};zi;mi}$ , wordt als volgt bepaald:

$$q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi} = q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} / f_{\text{lea;du}} \quad (11.94)$$

Bepaal voor het gedeelte  $f_{\text{overig}}$  het ventilatieprincipe volgens tabel 11.5 met daarbij de volgende mogelijkheden: NATURAL\_OP, SUPPLY\_OP, EXTRACT\_OP of BALANCED\_OP. Voor het gedeelte  $f_{\text{overig}}$  geldt, afhankelijk van het ventilatieprincipe, het volgende:

Als VENT\_SYS\_OP  $f_{\text{overig}} = \text{NATURAL\_OP}$  of VENT\_SYS\_OP  $f_{\text{overig}} = \text{SUPPLY\_OP}$ , dan geldt:

$$q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi} = 0$$

Als VENT\_SYS\_OP  $f_{\text{overig}} = \text{EXTRACT\_OP}$ , dan geldt:

$$q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} = q_{V;\text{ODA;req};zi,mi} \times f_{\text{overig}} \quad (11.95)$$

$$q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi} = q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} / f_{\text{lea;du}} \quad (11.96)$$

Als VENT\_SYS\_OP  $f_{\text{overig}} = \text{BALANCED\_OP}$ , dan geldt:

$$q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} = q_{V;\text{SUP;dis;in};zi,mi} \times f_{\text{overig}} \quad (11.97)$$

$$q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi} = q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} / f_{\text{lea;du}} \quad (11.98)$$

waarin:

$q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$q_{V;\text{SUP;dis;in};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd (vanuit de AHU of de ventilatie-unit) naar rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$f_{\text{lea;du}}$  is de dimensioze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchttoevoerkanalen, bepaald volgens 11.2.2.5.2;

$q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1;

$f_{\text{overig}}$  is het deel van de rekenzone met een ventilatiesysteem anders dan decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing, bepaald volgens formule (11.29);

$f_{\text{BAL-DEC}}$  is het deel van de rekenzone met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing, bepaald volgens formule (11.30).

### 11.3.2 Temperatuur toevoerlucht

De methode voor het bepalen van de temperatuur van de toevoerlucht is afhankelijk van het ventilatieprincipe.

Als VENT\_SYS\_OP = BALANCED-DEC\_OP, dan geldt:

Er is sprake van een gecombineerd ventilatiesysteem. Voor het gedeelte  $f_{BAL-DEC}$ , bepaald volgens formule (11.30), geldt: VENT\_SYS\_OP = BALANCED\_OP.

Bepaal voor het gedeelte  $f_{overig}$ , bepaald volgens formule (11.29), het ventilatieprincipe volgens tabel 11.5, met daarbij de volgende mogelijkheden: NATURAL\_OP, SUPPLY\_OP, EXTRACT\_OP of BALANCED\_OP. Het vastgestelde ventilatieprincipe bepaalt vervolgens op welke van de twee onderstaande manieren de temperatuur van de toevoerlucht moet worden bepaald.

Als VENT\_SYS\_OP = EXTRACT\_OP en als VENT\_SYS\_OP = NATURAL\_OP, dan geldt:

$$\vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi} = \vartheta_{ODA} + \Delta T_{preh;roosters;zi,mi} \quad (11.99)$$

waarin:

$\vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi}$  is de temperatuur van de lucht die de rekenzone in komt, in °C;

$\vartheta_{ODA}$  is de gemiddelde buitentemperatuur ( $\vartheta_{ODA} = \vartheta_{e;avg;mi}$ ), bepaald volgens tabel 17.1, in °C;

$\Delta T_{preh;roosters;zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de naverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom, bepaald volgens 11.3.2.9, in K.

Als VENT\_SYS\_OP = BALANCED\_OP en als VENT\_SYS\_OP = SUPPLY\_OP, dan geldt:

Als er sprake is van koeling en naverwarming van de ventilatielucht, dan is de temperatuur van de lucht die de rekenzone in wordt geblazen,  $\vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi}$ , gegeven in tabel 11.15.

Als er sprake is van koeling van de ventilatielucht en er is geen sprake van naverwarming van de ventilatielucht, dan geldt:

Als  $\vartheta_{SUP;dis;out;tabel\ 11.15} \geq \vartheta_{SUP;dis;out;formule\ 11.104}$  waarbij  $\Delta\vartheta_{c;zi,mi} = 0$  in de bepaling van  $\vartheta_{SUP;dis;out;formule\ 11.104}$ , dan geldt:

Naverwarming is gewenst, maar er is geen naverwarming van de ventilatielucht aanwezig.

$$\vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi} = \vartheta_{SUP;dis;out;formule\ 11.104} \text{ waarbij } \Delta\vartheta_{c;zi,mi} = 0 \quad (11.100)$$

$$\Delta\vartheta_{c;zi,mi} = \Delta T_{c;zi,mi}$$

Als  $\vartheta_{SUP;dis;out;tabel\ 11.15} < \vartheta_{SUP;dis;out;formule\ 11.104}$ , dan geldt:

Koeling is gewenst.

$$\vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi} = \vartheta_{SUP;dis;out;tabel\ 11.15} \quad (11.101)$$

Als er sprake is van naverwarming van de ventilatielucht en er is geen sprake van koeling van de ventilatielucht, dan geldt:

Als  $\vartheta_{\text{SUP;dis;out;tabel 11.16}} \leq \vartheta_{\text{SUP;dis;out;formule 11.104}}$   
waarbij  $\Delta T_{\text{rh;zi,mi}} = 0$  in de bepaling van  $\vartheta_{\text{SUP;dis;out;formule 11.104}}$ , dan geldt:

Koeling is gewenst, maar er is geen sprake van koeling van de ventilatielucht.

$$\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP;dis;out;formule 11.104}} \text{ waarbij } \Delta T_{\text{rh;zi,mi}} = 0$$

Als  $\vartheta_{\text{SUP;dis;out;tabel 11.15}} > \vartheta_{\text{SUP;dis;out;formule 11.104}}$ , dan geldt:

Koeling is gewenst.

$$\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP;dis;out;tabel 11.15}}$$

OPMERKING 1 In de berekening van de koudebehoefte wordt verondersteld dat er geen sprake is van naverwarming van de ventilatielucht ( $\vartheta_{\text{rh;zi,mi}} = 0^\circ\text{C}$ ). In de berekening van de warmtebehoefte wordt verondersteld dat er geen sprake is van koeling van de ventilatielucht ( $Q_{\text{c;ahuU;in;air;zi,mi}} = 0$ ).

De temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast/ventilatie-unit verlaat (de kanalen ‘in gaat’),  $\vartheta_{\text{SUP;dis;in;zi,mi}}$ , wordt als volgt bepaald:

$$\vartheta_{\text{SUP;dis;in;zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}} + \Delta T_{\text{du;zi,mi}} \quad (11.102)$$

In alle andere gevallen wordt de temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast/ventilatie-unit verlaat (de kanalen ‘in gaat’), als volgt bepaald:

$$\begin{aligned} \vartheta_{\text{SUP;dis;in;zi,mi}} = & \vartheta_{\text{ODA}} + \Delta T_{\text{preh;zi,mi}} + \Delta T_{\text{prec;zi,mi}} + \Delta T_{\text{hr;zi,mi}} + \Delta T_{\text{RCA;zi,mi}} + \Delta T_{\text{c;zi,mi}} + \\ & \Delta T_{\text{hu;zi,mi}} + \Delta T_{\text{rh;zi,mi}} + \Delta T_{\text{fan;zi,mi}} \end{aligned} \quad (11.103)$$

OPMERKING 2 Voor de volledigheid zijn in formule (11.103)  $\Delta T_{\text{c;zi,mi}}$  en  $\Delta T_{\text{rh;zi,mi}}$  opgenomen. Op het moment dat er geen sprake is van naverwarming of koeling van de ventilatielucht, zijn beide waarden gelijk aan 0 K.

OPMERKING 3 In geval van ventilatiesysteem SUPPLY\_OP is een deel van de temperatuursprongen in formule (11.103) niet van toepassing. Die bedragen in dat geval dus 0 K.

De temperatuur van de lucht die de rekenzone in wordt geblazen,  $\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}}$ , wordt als volgt bepaald:

$$\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP;dis;in;zi,mi}} - \Delta T_{\text{du;zi,mi}} \quad (11.104)$$

waarin:

$\vartheta_{\text{SUP;dis;in;zi,mi}}$  is de temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast/ventilatie-unit verlaat (de kanalen ‘in gaat’), in °C;

$\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}}$  is de temperatuur van de lucht die de rekenzone in wordt geblazen, in °C;

$\vartheta_{\text{ODA}}$  is de gemiddelde buitentemperatuur ( $\vartheta_{\text{ODA}} = \vartheta_{\text{e;avg;mi}}$ ), bepaald volgens tabel 17.1, in °C;

$\Delta T_{\text{preh};zi,mi}$ 

is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het voorverwarmen van het ventilatiedebiet in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, als gevolg van:

- vorstbeveiliging door opwarmen van de toevoer van ventilatielucht.

In geval van VENT\_SYS\_OP = BALANCED\_OP mét WTW geldt:

$\Delta T_{\text{preh};zi,mi} = \Delta T_{\text{defrost}}$ , waarden hiervoor zijn gegeven in tabel 11.16.

In geval van VENT\_SYS\_OP = BALANCED\_OP zonder WTW of

VENT\_SYS\_OP = SUPPLY\_op, geldt:  $\Delta T_{\text{preh};k} = 0$  K;

- met de aanwezigheid van een grondbuis voor de voorverwarming van de ventilatielucht wordt vooralsnog geen rekening gehouden;

- met de aanwezigheid van een zonnepaneel voor de voorverwarming van de ventilatielucht wordt vooralsnog geen rekening gehouden;

 $\Delta T_{\text{prec};zi,mi}$ 

is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het voorkoelen van het ventilatiedebiet in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  als gevolg van de toepassing van een grondbuis, in K. Hiermee wordt vooralsnog geen rekening gehouden.

$\Delta T_{\text{prec};zi,mi} = 0$ ;

 $\Delta T_{\text{hr};zi,mi}$ 

is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.2;

 $\Delta T_{\text{RCA};zi,mi}$ 

is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.3;

 $\Delta T_{\text{c};zi,mi}$ 

is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van koeling in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.4;

 $\Delta T_{\text{hu};zi,mi}$ 

is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van bevochtiging in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.5;

 $\Delta T_{\text{rh};zi,mi}$ 

is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van naverwarming in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.6;

 $\Delta T_{\text{fan};zi,mi}$ 

is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de toevoerventilator in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.7;

 $\Delta T_{\text{du};zi,mi}$ 

is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteverlies in kanalen in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.8;

 $\Delta T_{\text{defrost}}$ 

is de temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging, in K.

**Tabel 11.15 — Temperatuur van de lucht die de zone in wordt geblazen op het moment dat er sprake is van een luchtbehandelingskast (met koeling en verwarming)**

<b>Maand</b>	<b>Temperatuur van de lucht die de zone in wordt geblazen op het moment dat er sprake is van een luchtbehandelingskast (met koeling en verwarming)</b>	
	$\vartheta_{\text{SUP;dis;out}}$	°C
	<b>Sportfunctie</b>	<b>Andere gebruiksfuncties</b>
Januari	16	18
Februari	16	18
Maart	16	17,5
April	16	17,5
Mei	16	17
Juni	16	16,5
Juli	16	16,5
Augustus	16	16,5
September	16	17
Oktober	16	17
November	16	17,5
December	16	18

### 11.3.2.1 Temperatuursprong vorstbeveiliging

#### 11.3.2.1.1 Temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging

Indien er sprake is van een mechanische luchttoevoer, dan moet rekening worden gehouden met een temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging zoals in tabel 11.16 is weergegeven.

**Tabel 11.16 — Temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging**

Maand	$\Delta T_{\text{defrost}}$	
	Woonfunctie K	Andere gebruiksfunctie K
Januari	0,2	0
Februari	0,2	
Maart	0	
April	0	
Mei	0	
Juni	0	
Juli	0	
Augustus	0	
September	0	
Oktober	0,2	
November	0,2	
December	0,2	

**OPMERKING** Voor utiliteitsbouw wordt geen rekening gehouden met een temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging. Hiervoor is gekozen in verband met het beperkte risico van invriezen als gevolg van beperkte vochtproductie ten opzichte van woningbouw.

#### 11.3.2.1.2 Energiegebruik vorstbeveiliging toevoerluchtvolumestroom

Bepaal het elektrische-energiegebruik voor de vorstbeveiliging van de toevoerluchtvolumestroom in een rekenzone per maand  $mi$ , volgens:

$$E_{V;\text{eldf};zi,mi} = \frac{P_{\text{eldf},mi} \times t_{mi}}{1000} \quad (11.105)$$

waarin:

$E_{V;\text{eldf},zi,mi}$  is het elektrische-energiegebruik voor vorstbeveiliging van de toevoerluchtvolumestroom in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh;

$P_{\text{eldf},mi}$  is het verwarmingsvermogen van de elektrische vorstbeveiliging in maand  $mi$ , in W, bepaald volgens formule (11.106);

$t_{mi}$  is de lengte van de maand  $mi$ , in h, volgens tabel 17.1.

Bepaal het verwarmingsvermogen van de elektrische naverwarming in maand  $mi$  volgens:

$$P_{\text{eldf},mi} = q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi} \times \frac{\rho_a \times c_a}{3600} \times \Delta T_{\text{defrost}} \quad (11.106)$$

waarin:

$q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi}$  is de benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht volgens de berekening voor de warmtebehoefte voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , volgens 11.2.2.2;

$\rho_a$  is de dichtheid van lucht, =  $1,205 \text{ kg/m}^3$ ;

$c_a$  is de specifieke warmtecapaciteit van lucht, =  $1\,006 \text{ J/kg} \times \text{K}$ ;

$\Delta T_{\text{defrost}}$  is de temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging, in K, volgens 11.3.2.1.

**OPMERKING** Bij het bepalen van het energiegebruik voor vorstbeveiliging wordt uitgegaan van een elektrische vorstbeveiliging. Er zijn andere vormen van vorstbeveiliging mogelijk maar hiervoor is geen bepalingsmethode uitgewerkt.

### 11.3.2.2 Temperatuursprong warmteterugwinning

De temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  wordt als volgt bepaald:

Indien er sprake is van een 100%-bypass, dan geldt bij een koudebehoefte:

$$\Delta T_{\text{hr};zi,mi} = 0$$

Indien er sprake is van een 100%-bypass én de WTW is met koudeterugwinning uitgevoerd, dan geldt bij een koudebehoefte:

$$\Delta T_{\text{hr};zi,mi} = (\vartheta_{i;zi,mi} - \vartheta_{\text{ODA;preh;WTWC};zi,mi}) \times \eta_{\text{hr}} \times \tau_{C,mi} \quad (11.106a)$$

waarbij geldt:

indien:  $\vartheta_{i;zi,mi} \geq \vartheta_{\text{ODA;preh;WTWC};zi,mi}$

dan geldt:  $\Delta T_{\text{hr};zi,mi} = 0$

waarin:

$\Delta T_{\text{hr};zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K;

$\vartheta_{i;zi,mi}$  is de (effectieve) binnentemperatuur, die gelijkgesteld is aan de rekentemperatuur van de zone, in  $^{\circ}\text{C}$ , volgens 7.9.4 ( $\vartheta_{\text{int;set};C;\text{stc};mi}$ );

$\vartheta_{ODA;preh;WTWC;zi;mi}$  is de maandgemiddelde temperatuur van de toevoerlucht vóór de WTW gedurende de periode dat er sprake is van koudeterugwinning via de WTW, in °C, bepaald volgens tabel 17.1;

$\eta_{hr}$  is het rendement van de warmteterugwinning, volgens NEN-EN 13141-7, NEN-EN 13141-8; NEN-EN 13142, NEN-EN 13053, dan wel ontleend aan tabel 11.18;

$\tau_{C;mi}$  is de tijdfractie dat er sprake is van koudeterugwinning via de WTW in maand  $mi$ , ontleend aan tabel 11.7.

Er is sprake van een WTW met koudeterugwinning als de WTW is uitgevoerd met een 100%-bypass en er:

- ten minste sprake is van een automatische sturing van het ventilatiesysteem waarbij die sturing afhankelijk is van de actuele gemeten binnen- én buitentemperatuur, en
- er geen gebruik wordt gemaakt van de bypass als de actueel gemeten binnentemperatuur lager is dan de actueel gemeten buitentemperatuur, en
- uit een BCRG-verklaring blijkt dat er sprake is van koudeterugwinning.

In alle overige gevallen (geen 100%-bypass en bij een warmtebehoefte) geldt:

$$\Delta T_{hr;zi,mi} = (f_{prac;hr} \times \eta_{hr} \times \eta_{bypass} - (f_{le;a;ahu} - 1) - f_{ins;ahu}) \times (\vartheta_{ETA;dis,out,zi,mi} - \vartheta_{ODA;preh,zi,mi}) \quad (11.107)$$

$$\vartheta_{ODA;preh,zi,mi} = \vartheta_{ODA} + \Delta T_{preh,zi,mi} \quad (11.108)$$

Indien niet kan worden vastgesteld of er sprake is van een bypass of de mate van bypass kan niet worden vastgesteld, dan geldt:

- in geval van woningbouw met een bouw- of fabricagejaar van 2010 of later: 100%-bypass;
- in geval van woningbouw met een onbekend fabricagejaar van de AHU of ventilatie-unit of een bouw- of fabricagejaar van de AHU of ventilatie-unit van vóór 2010 waarbij niet kan worden vastgesteld dat er sprake is van een bypass: 0%-bypass;
- in geval van woningbouw met een onbekend fabricagejaar van de AHU of ventilatie-unit of een bouw- of fabricagejaar van de AHU of ventilatie-unit van vóór 2010 waarbij kan worden vastgesteld dat er sprake is van een bypass: 70%-bypass;
- in geval van utiliteitsbouw: 0%-bypass ( $f_{bypass} = 0$ ).

waarin:

$\Delta T_{hr;zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K;

$f_{prac;hr}$  is de praktijkprestatiefactor voor warmteterugwinning, als volgt bepaald:  
 $f_{prac;hr} = 1 - f_{rend;iso} - f_{rend;onb} - f_{rend;cond}$ , waarbij geldt: voor woningbouw:  $f_{prac;hr} \leq 0,9$ ; voor utiliteitsbouw:  $f_{prac;hr} \leq 0,95$ ;

$f_{rend;iso}$  is de aftrek voor warmtelekken via de isolatie van het toevoerkanaal tussen buiten en het WTW-toestel.

Voor de bepaling van  $f_{\text{rend};\text{iso}}$  geldt:

$$f_{\text{rend};\text{iso}} = \frac{0,01}{0,25 + d/\lambda} \times L_{\text{bu}} \quad (11.109)$$

waarin:

$d$  is de dikte van de isolatie om de genoemde buitenaansluiting, in m;

$\lambda$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het isolatiemateriaal, in W/(m×K);

$L_{\text{bu}}$  is de lengte van het toevoerkanaal tussen buiten en het WTW-toestel, in m; het betreft de lengte van het kanaaldeel dat zich binnen de gebouwschil bevindt.

Bij onbekende eigenschappen van de isolatie van de buitenaansluiting geldt:

—  $f_{\text{rend},\text{iso}} = 0,04 \times L_{\text{bu}}$  voor een niet-geïsoleerd kanaal;

—  $f_{\text{rend},\text{iso}} = 0,02 \times L_{\text{bu}}$  voor een geïsoleerd kanaal.

Er is sprake van een geïsoleerd kanaal op het moment dat het kanaal over minimaal 90 % van de kanaallengte een warmteweerstand van minimaal 0,3 m<sup>2</sup>K/W heeft;

—  $f_{\text{rend},\text{iso}} = 0,04 \times L_{\text{bu}}$  indien onbekend is of het kanaal is geïsoleerd.

Bij onbekende lengte  $L_{\text{bu}}$  geldt:

—  $L_{\text{bu}} = 4$  m bij een eengezinswoning;

—  $L_{\text{bu}} = 0,5 \times H$  bij een appartement(gebouw), waarbij  $H$  de buitenwerkse gebouwhoogte gemeten van het laagste punt van het maaiveld tot en met het hoogste punt van het gebouw is, in m, volgens 11.2.1.2;

—  $L_{\text{bu}} = 4$  m bij een utiliteitsgebouw.

**OPMERKING 1** Omdat de lengte van buitenaansluitingen in de binnenruimte bij decentrale systemen veelal nihil is, zal de aftrek hiervoor verwaarloosbaar zijn.

**OPMERKING 2** Hoewel hier uitsluitend de warmtelekken in de buitenaansluiting van de toevoer worden beschouwd, treedt een vergelijkbaar warmtelek op in de buitenaansluiting van de afvoer. Dit aandeel komt niet tot uiting in het praktijkrendement en is verwerkt in de temperatuursprong  $\Delta T_{\text{SUP},\text{du};\text{nc};\text{in}}$ , die bij de bepaling van  $\vartheta_{\text{ETA};\text{dis};\text{out},\text{zi},\text{mi}}$ , in 11.3.3 is bepaald.

**OPMERKING 3** Indien er meerdere WTW-toestellen zijn gelegen binnen een klimatiseringszone, en die WTW-toestellen hebben dezelfde kenmerken, behoudens de lengte van het toevoerkanaal, dan mag worden gerekend met de gemiddelde lengte van het toevoerkanaal tussen buiten en de WTW-toestellen ( $L_{\text{bu}}$ ).

$f_{\text{rend};\text{onb}}$  is de aftrek voor onbalans door weerstandsveranderingen in aangesloten distributie- en verzamelkanalen en in het WTW-toestel zelf.

Voor  $f_{\text{rend},\text{onb}}$  gelden de waarden:

—  $f_{\text{rend},\text{onb}} = 0,05$  bij centrale systemen;

—  $f_{\text{rend},\text{onb}} = 0,02$  bij decentrale systemen (ventilatiesysteem D.5b);

—  $f_{rend,omb} = 0,0$  bij toepassing van een constantvolumeregeling (mogelijk bij zowel centrale als decentrale systemen).

Omdat bij decentrale systemen distributiekanalen in het gebouw ontbreken, wordt de aftrek voor onbalans teruggebracht tot uitsluitend een aandeel ten gevolge van filtervervuiling.

Een constantvolumeregeling compenseert drukveranderingen door de toe- en afvoerlucht bij te regelen. Omdat de balans tussen toe- en afvoer wordt hersteld, vervalt de aftrek voor onbalans, mits de regeling bij alle schakelstanden van de ventilatie actief is. Indien niet kan worden vastgesteld dat er sprake is van een constantvolumeregeling, ga er dan van uit dat er geen sprake is van constantvolumeregeling.

**OPMERKING 4** Een constantvolumeregeling wordt doorgaans alleen toegepast waar WTW en ventilator zijn gecombineerd, zoals bij woningbouw-units. In een luchtbehandelingskast zijn WTW en ventilator vaak gescheiden en is er doorgaans geen sprake van een constant volumeregeling.

$f_{rend,cond}$  is de aftrek voor vermindering van warmteoverdracht door condensvorming in het WTW-blok.

Voor  $f_{rend,cond}$  gelden de waarden volgens tabel 11.17, afhankelijk van het toestelrendement.

**Tabel 11.17 — Aftrekwaarden voor vermindering van warmteoverdracht door condensvorming in het WTW-blok**

	$f_{rend,cond}$
<b>Toestelrendement volgens NEN-EN 13141-7, NEN-EN 13141-8, NEN-EN 13142</b>	
≥ 80 %	0,025
≥ 85 %	0,05
≥ 90 %	0,075
≥ 95 %	0,10
Onbekend/overig	0,10
<b>Toestelrendement volgens NEN-EN 13053</b>	0,00

Indien het rendement van het WTW-systeem wordt bepaald volgens tabel 11.18, dan geldt  $f_{\text{rend,cond}} = 0$ .

waarbij:

- $\eta_{\text{bypass}}$  is de factor waarmee het effect van een WTW-bypassvoorziening op de transmissie- en ventilatiewarmteverliezen in rekening wordt gebracht, waarbij:
  - bij warmtebehoefte:  $\eta_{\text{bypass};mi} = 1,00$ ;
  - bij koudebehoefte:  $\eta_{\text{bypass};mi} = (1 - \tau_{\text{bypass};mi} \times f_{\text{bypass}})$ ;

waarin:

- $\tau_{\text{bypass};mi}$  is de temperatuurgewogen tijdfractie van de inzet van de WTW-bypassvoorziening bij koudebehoefte in maand  $mi$ , ontleend aan tabel 11.7;
- $f_{\text{bypass}}$  is het bypassaandeel van de WTW-installatie bij koudebehoefte, bepaald volgens het systeemontwerp.

**OPMERKING 5** Het gunstige effect van een WTW-bypassvoorziening op de transmissie- en ventilatiewarmteverliezen is niet op eenvoudige wijze in rekening te brengen en hangt af van momentane verschillen in de binnen- en buitenluchttemperatuur en gebouweigenschappen.

Met de factor  $\eta_{\text{bypass}}$  wordt de effectiviteit van een WTW-bypassvoorziening gerelateerd aan een temperatuurgewogen tijdfractie voor inzet van de bypassvoorziening. Deze temperatuurgewogen tijdfracties zijn afgeleid vanuit koellastberekeningen op urbasis.

**OPMERKING 6** Voor een WTW-installatie met gedeeltelijke bypassvoorziening geldt bij voorbeeld een installatie waarbij 50 % van de lucht kan worden gebypassed,  $f_{\text{bypass}} = 0,50$ .

$\eta_{\text{hr}}$  is het rendement van de warmteterugwinning, volgens NEN-EN 13141-7, NEN-EN 13141-8; NEN-EN 13142, NEN-EN 13053, dan wel ontleend aan tabel 11.18;

In het geval dat  $\eta_{\text{hr}}$  bepaald wordt volgens NEN-EN 13053 dan moet gebruik worden gemaakt van het droog temperatuurrendement (bij gelijke massastromen), de  $\eta_t$  uit NEN-EN 13053.

$f_{\text{lea,ahu}}$  is een maat voor de overmaat aan onbenutte ventilatie door luchtlekken in de AHU volgens 11.2.2.5.2;

$f_{\text{ins,ahu}}$  is de isolatiefactor van de AHU. Indien er geen sprake is van een AHU of de AHU staat in de thermische zone, geldt  $f_{\text{ins,ahu}} = 0,00$ . In alle overige gevallen geldt  $f_{\text{ins,ahu}} = 0,02$ ;

**OPMERKING 7** De waarde  $f_{\text{ins,ahu}}$  van 0,02 is gebaseerd op een AHU die is getest volgens NEN-EN 13141-7 met een thermische weerstand van de wand van de kast ( $R_{\text{cas}}$ ) van 0,50 m<sup>2</sup>K/W tot 0,75 m<sup>2</sup>K/W.

$\vartheta_{\text{ETA,dis;out};zi,mi}$  is de gemiddelde temperatuur van de afgezogen lucht uit rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in °C, bepaald volgens 11.3.3, formule (11.130);

$\vartheta_{\text{ODA;preh};zi,mi}$  is de gemiddelde temperatuur van de ventilatielucht na voorverwarming in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , °C;

$\vartheta_{\text{ODA}}$  is de gemiddelde buitentemperatuur ( $\vartheta_{\text{ODA}} = \vartheta_{\text{e,avg};mi}$ ), in °C, bepaald volgens tabel 17.1;

$\Delta T_{\text{preh};zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het voorverwarmen van het ventilatiedebiet in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, volgens 11.3.2.

**Tabel 11.18 — Rendement van WTW-installaties**

WTW-systeem	$\eta_{\text{HR}}$
Geen warmteterugwinning	0,00
Koude laden met luchtbehandelingskast	0,40
Platen- of buizenwarmtewisselaar	0,65
Kruisstroomwarmtewisselaar	0,55
Twee-elementensysteem	0,60
Warmebuisapparaat ('heat pipe')	0,60
Langzaam roterende of intermitterende warmtewisselaar	0,70
Enthalpiewisselaar	0,75
Tegenstroomwarmtewisselaar:	
Aluminium	0,75
Kunststof	0,80

OPMERKING 8 In de rendementen van WTW-installaties zoals weergegeven in tabel 11.18 is het effect van dissipatie reeds inbegrepen.

### 11.3.2.3 Temperatuursprong als gevolg van recirculatie

Is er sprake van recirculatie, dan wordt de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie als volgt bepaald:

$$\Delta T_{\text{RCA};zi,mi} = \frac{q_{V;\text{RCA};zi,mi}}{q_{V;\text{SUP};\text{RCA};zi,mi}} \cdot (\vartheta_{\text{ETA;dis;out};zi,mi} - \vartheta_{\text{SUP;hr};zi,mi}) \quad (11.110)$$

$$q_{V;\text{RCA};zi,mi} = q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi} \times (1 - f_{\text{terugregel;recirculatie}}) \quad (11.111)$$

$$q_{V;\text{SUP};\text{RCA};zi,mi} = q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi} + q_{V;\text{RCA};zi,mi} \quad (11.112)$$

$$\vartheta_{\text{SUP;hr};zi,mi} = \vartheta_{\text{ODA}} + \Delta T_{\text{preh};zi,mi} + \Delta T_{\text{prec};zi,mi} + \Delta T_{\text{hr};zi,mi} \quad (11.113)$$

waarin:

$\Delta T_{\text{RCA};zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K;

$Q_{V;\text{RCA};zi,mi}$  is het gerecirculeerde ventilatiedebiet in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$Q_{V;\text{SUP};\text{RCA};zi,mi}$  is het ventilatiedebiet na bijmenging van gerecirculeerde ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ ,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$\vartheta_{\text{ETA;dis;out};zi,mi}$  is de temperatuur van de luchtvolumestroom die kanalen verlaten naar de AHU of ventilatie-unit, in  $^{\circ}\text{C}$ , bepaald volgens 11.3.3;

$\vartheta_{\text{SUP;hr};zi,mi}$	is de temperatuur van de toevoerlucht na een (eventuele) naverwarming, voorkoeling en warmteterugwinning, in °C;
$q_{V;\text{ETA;dis;out};zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in m <sup>3</sup> /h, bepaald volgens 11.3.1.2;
$f_{\text{terugregel;recirculatie}}$	is een correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht als gevolg van recirculatie, bepaald volgens 11.2.2.4.2. Uit 11.2.2.4.2 blijkt dat voor woonfuncties zonder een collectieve ventilatievoorziening geldt dat $f_{\text{terugregel;recirculatie}} = 1$ ;
$q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi}$	is de effectieve toevoer ventilatielucht, in m <sup>3</sup> /h, bepaald volgens 11.2.2.2;
$\vartheta_{\text{ODA}}$	is de gemiddelde buitentemperatuur ( $\vartheta_{\text{ODA}} = \vartheta_{e;\text{avg};mi}$ ), in °C, bepaald volgens tabel 17.1;
$\Delta T_{\text{preh};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het voorverwarmen van het ventilatiedebiet in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in K, volgens 11.3.2;
$\Delta T_{\text{prec};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het voorkoelen van het ventilatiedebiet in rekenzone $zi$ in maand $mi$ als gevolg van de toepassing van een grondbuis, in K, volgens 11.3.2;
$\Delta T_{\text{hr};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.2.

#### 11.3.2.4 Temperatuursprong koeling (en ontvochtiging) ventilatielucht

Als er geen sprake is van voorkoeling van de ingaande lucht of als er niet kan worden vastgesteld dat er sprake is van voorkoeling van de ingaande lucht en/of in geval van de berekening van de warmtebehoefte, geldt:

$$Q_{C;\text{ahu};in;air;zi,mi} = 0$$

OPMERKING 1 In de berekening van de warmtebehoefte wordt verondersteld dat er geen sprake is van koeling van de ventilatielucht in de luchtbehandelingskast.

Als er sprake is van voorkoeling van de ingaande lucht, dan wordt de temperatuursprong van de lucht als gevolg van die voorkoeling per maand als volgt bepaald:

$$\Delta\vartheta_{c;zi,mi} = - \frac{Q_{C;\text{ahu};in;air;zi,mi}}{q_{V;\text{SUP;dis;in};zi,mi} \times (\rho \times c)_a \times t_{mi}} \quad (11.114)$$

waarin:

$$Q_{C;\text{ahu};in;air;zi,mi} = -(q_{V;\text{SUP;dis;in};zi,mi} \times (\rho \times c)_a \times t_{mi}) \times (\vartheta_{\text{SUP;dis;in};zi,mi} - \vartheta_{\text{SUP;RCA};zi,mi}) \quad (11.115)$$

waarin:

$$Q_{C;\text{ahu};in;air;zi,mi} \geq 0$$

Als  $Q_{C;\text{ahu};in;air;zi,mi} < 0$ , dan geldt:

$$Q_{C;\text{ahu};in;air;zi,mi} = 0$$

$$Q_{C;ahu;in;req;zi,mi} = \frac{Q_{C;ahu;in;air;zi,mi}}{\eta_{c,AHU}} \quad (11.116)$$

OPMERKING 2  $Q_{C;ahu;in;req;zi,mi}$  en  $Q_{C;ahu;in;air;zi,mi}$  zijn nodig in hoofdstuk 10.

$$\vartheta_{SUP;RCA;zi,mi} = \vartheta_{SUP;hr;zi,mi} + \Delta T_{RCA;zi,mi} \quad (11.117)$$

waarin:

- $\Delta T_{c;zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van koeling in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K;
- $Q_{C;ahu;in;req;zi,mi}$  is de hoeveelheid warmte die aan de ventilatielucht onttrokken wordt via de koelbatterij, in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{C;ahu;in;air;zi,mi}$  is de koudebehoefte van luchtstroom door het luchtbehandelingssysteem van thermische zone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;
- $\eta_{c,ahu}$  is het rendement van het koelblok vastgesteld op 0,98;
- $q_{V;SUP;dis;in;zi,mi}$  is de hoeveelheid lucht die naar de rekenzone gaat, in  $m^3/h$ , bepaald volgens 11.3.1;
- $\rho_a$  is de dichtheid van lucht, in  $kg/m^3$  bepaald volgens formule (11.4), bij  $T = \vartheta_{SUP;RCA;zi,mi}$ ;
- $c_a$  is de specifieke warmtecapaciteit van lucht: 0,000 027 9 kWh/(kg×K);
- $t_{mi}$  is de lengte van de maand  $mi$ , in h, volgens tabel 17.1;
- $\vartheta_{SUP;dis;in;zi,mi}$  is de temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit verlaat (de kanalen 'in gaan'), in °C, bepaald volgens 11.3.2;
- $\vartheta_{SUP;RCA;zi,mi}$  is de temperatuur van de lucht na (eventuele) recirculatie van ventilatielucht in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , °C, bepaald volgens formule (11.117);
- $\vartheta_{SUP;hr;zi,mi}$  is de temperatuur van de toevoerlucht na een (eventuele) naverwarming, voorkoeling en warmteterugwinning, in °C, bepaald volgens 11.3.2.3;
- $\Delta T_{RCA;zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.3.

### 11.3.2.5 Temperatuursprong bevochtiging

Bepaal de temperatuursprong van de lucht als gevolg van bevochtiging als volgt:

$$\Delta T_{HU} = 0$$

OPMERKING In hoofdstuk 12 wordt het energiegebruik voor bevochtiging berekend. Daarbij wordt uitsluitend de latente energie voor verdamping van het toegevoerde water voor de bevochtigingsfunctie berekend. Gesteld is dat er geen sprake is van voelbare warmte als gevolg van bevochtiging waardoor er geen temperatuursprong van de ventilatielucht is als gevolg van bevochtiging.

### 11.3.2.6 Temperatuursprong naverwarming ventilatielucht

Als er geen sprake is van verwarming van de ingaande lucht en/of in geval van de berekening van de koudebehoefte, geldt:  $\Delta\theta_{rh;zi,mi} = 0$ .

**OPMERKING 1** In de berekening van de koudebehoefte wordt verondersteld dat er geen sprake is van verwarming van de ventilatielucht in de luchtbehandelingskast.

Als er sprake is van naverwarming van de ingaande lucht, dan wordt de temperatuursprong van de lucht als gevolg van die naverwarming per maand als volgt bepaald:

$$\Delta\theta_{rh;zi,mi} = \frac{Q_{H;ahu;in;air;zi,mi}}{q_{V,SUP;dis;zi,mi} \times (\rho \times c)_a \times t_{mi}} \quad (11.118)$$

$$Q_{H;ahu;in;air;zi,mi} = \left( q_{V,SUP;dis;in;zi,mi} \times (\rho \times c)_a \times t_{mi} \right) \times \left( \vartheta_{SUP;dis;in;zi,mi} - \vartheta_{SUP;hu;zi,mi} \right) \quad (11.119)$$

waarin:

$$Q_{H;ahu;in;air;zi,mi} \geq 0$$

Als  $Q_{H;ahu;in;air;zi,mi} < 0$ , dan geldt  $Q_{H;ahu;in;air;zi,mi} = 0$ .

$$Q_{H;AHU;in;req;zi,mi} = \frac{Q_{H;ahu;in;air;zi,mi}}{\eta_{H;ahu}} \quad (11.120)$$

**OPMERKING 2**  $Q_{H;ahu;in;req;zi,mi}$  is nodig in hoofdstuk 9.

$$\vartheta_{SUP;hu;zi,mi} = \vartheta_{SUP;hr;zi,mi} + \Delta T_{RCA;zi,mi} + \Delta T_{c;zi,mi} + \Delta T_{hu;zi,mi} \quad (11.121)$$

waarin:

$\vartheta_{rh,zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van naverwarming in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K;

$Q_{H;ahu;in;air;zi,mi}$  is de hoeveelheid warmte die aan de ventilatielucht toegevoegd wordt via de verwarmingsbatterij, in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{H;ahu;in;req;zi,mi}$  is de warmtebehoefte van de luchtstroom door het luchtbehandelingssysteem van thermische zone  $zi$  in maand  $mi$ , in kWh;

$\eta_{H;ahu}$  is het rendement van het verwarmingsblok vastgesteld op 0,98;

$q_{V,SUP;dis;in;zi,mi}$  is de hoeveelheid lucht die naar de rekenzone gaat, in m<sup>3</sup>/h, bepaald volgens 11.3.1;

$\rho_a$  is de dichtheid van lucht, in kg/m<sup>3</sup>, bepaald volgens formule (11.4), bij  $T = (\vartheta_{SUP;hu;zi,mi} + 273)$ ;

$c_a$  is de specifieke warmtecapaciteit van lucht: 0,000 027 9 kWh/(kg×K);

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , in h, bepaald volgens tabel 17.1;

$\vartheta_{\text{SUP;dis;in},zi,mi}$	is de temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit verlaat (de kanalen ‘in gaat’), in °C, bepaald volgens 11.3.2;
$\vartheta_{\text{SUP;hu},zi,mi}$	is de temperatuur van de lucht na (eventuele) bevochtiging van ventilatielucht, in °C, bepaald volgens formule (11.121);
$\vartheta_{\text{SUP;hr},zi,mi}$	is de temperatuur van de toevoerlucht na een (eventuele) naverwarming, voorkoeling en warmteterugwinning, in °C bepaald volgens 11.3.2.3;
$\Delta T_{\text{RCA},zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in °C, bepaald volgens 11.3.2.3;
$\Delta T_{c,zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van koeling in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in °C, bepaald volgens 11.3.2.4;
$\Delta T_{\text{hu},zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van bevochtiging in rekenzone $zi$ in maand $mi$ , in °C, bepaald volgens 11.3.2.5.

### 11.3.2.7 Temperatuursprong ventilator

De temperatuurverhoging van de lucht als gevolg van dissipatie van ventilatoren in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  wordt als volgt bepaald:

- voor de berekening van de warmtebehoefte:
  - indien de lucht via een warmteterugwinvoorziening stroomt waarbij de dissipatie al is ingebrepen in de rekenwaarde van het WTW-rendement:  $\Delta T_{\text{H;fan},zi,mi} = 0 \text{ K}$ ;
  - in alle andere situaties:  $\Delta T_{\text{H;fan},zi,mi} = 1 \text{ K}$ ;
- voor de berekening van de koudebehoefte:
  - indien de lucht via een warmteterugwinvoorziening stroomt waarvan de dissipatie al is ingebrepen in de rekenwaarde van het WTW-rendement en er tevens geen bypass aanwezig is:  $\Delta T_{\text{C;fan},zi,mi} = 0 \text{ K}$ ;
  - in alle andere situaties:
    - voor woningbouw:  $\Delta T_{\text{C;fan},zi,mi} = 0,7 \text{ K}$ ;
    - voor utiliteitsbouw:  $\Delta T_{\text{C;fan},zi,mi} = 1,5 \text{ K}$ .

OPMERKING Bij de bepaling van het WTW-rendement volgens NEN-EN 13141-7 of NEN-EN 13141-8 is al rekening gehouden met de temperatuurverhoging door dissipatie van ventilatoren.

### 11.3.2.8 Temperatuursprong luchtkanalen

Is er sprake van kanalen van de AHU naar de rekenzone, dan wordt de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteverlies in die kanalen als volgt bepaald:

$$\Delta T_{\text{du},zi,mi} = \Delta T_{\text{SUP;du;nc;in},zi,mi} + \Delta T_{\text{SUP;du;cnd;in},zi,mi} \quad (11.122)$$

waarin:

$\Delta T_{\text{du},zi,mi}$	is de temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, in K;
------------------------------	--

$\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{nc};\text{in};\text{zi},\text{mi}}$  is de temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, voor zover die aan een ruimte grenzen buiten een thermische zone voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K. Indien er geen kanalen buiten de thermische zone zijn gelegen, dan geldt  $\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{nc};\text{in};\text{zi},\text{mi}} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Voor overige gevallen wordt  $\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{nc};\text{in};\text{zi},\text{mi}}$  bepaald volgens tabel 11.19;

$\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{cnd};\text{in};\text{zi},\text{mi}}$  is de temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, voor zover die binnen een rekenzone zijn gelegen of zijn gelegen in de AVR voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K. Uitgangspunt:  $\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{cnd};\text{in};\text{zi},\text{mi}} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Tabel 11.19 — Temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, voor zover die aan een ruimte grenzen buiten een thermische zone**

<b>Maand</b>	<b><math>\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{nc};\text{in}}</math> K</b>	<b><math>\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{nc};\text{in}}</math> K</b>	<b><math>\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{nc};\text{in}}</math> K</b>
	<b>Situatie 1</b>	<b>Situatie 2</b>	<b>Situatie 3</b>
Januari	0,0	2,82	5,72
Februari		2,47	4,99
Maart		2,29	4,63
April		1,73	3,51
Mei		0,86	1,73
Juni		0,63	1,28
Juli		0,32	0,64
Augustus		0,25	0,5
September		0,71	1,44
Oktober		1,56	3,16
November		1,95	3,95
December		2,6	5,26
Situatie 1: lengte van het kanaal is $\leq 20 \text{ m}$ en geïsoleerd ( $R \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ )			
Situatie 2: lengte van het kanaal is $20 \text{ m} - 40 \text{ m}$ en geïsoleerd ( $R \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) of, lengte van het kanaal is $\leq 20 \text{ m}$ en niet geïsoleerd ( $R < 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) of de isolatiewaarde van het kanaal is onbekend			
Situatie 3: lengte van het kanaal is $\geq 40 \text{ m}$ en geïsoleerd ( $R \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) of, lengte van het kanaal is $> 20 \text{ m}$ en niet geïsoleerd ( $R < 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) of, lengte van het kanaal en/of thermische kwaliteit kanaal is onbekend			

**OPMERKING** Indien er sprake is van meerdere kanalen van de AHU naar de rekenzone, dan moet de gemiddelde kanaallengte worden bepaald. Hetzelfde geldt indien mate van isolatie (R-waarde) verschilt, dan moet de gemiddelde isolatie worden bepaald.

### 11.3.2.9 Voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom

#### 11.3.2.9.1 Temperatuursprong voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom

Indien sprake is van voorverwarming van de toevoerlucht in een component voor natuurlijke toevoer (bijvoorbeeld een ventilatierooster met verwarmingslint), bepaal dan de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de elektrische voorverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in de natuurlijke toevoerroosters, als volgt:

Voor de bepaling van de koudebehoefte:

$$\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi} = 0$$

Voor de bepaling van de warmtebehoefte volgens de volgende vergelijking:

$$\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi} = \min \left[ \frac{P_{\text{elvv;max}} \cdot 1000}{\rho_a \cdot c_a}; \Delta T_{\text{preh;roosters;max}} \right] \quad (11.123)$$

Als  $\vartheta_{\text{ODA}} \geq \vartheta_{\text{aan}}$

en/of  $\vartheta_{\text{ODA}} \geq \vartheta_{\text{supl;elvv;max}}$

dan geldt:  $\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi} = 0$

Indien onvoldoende informatie beschikbaar is om  $\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi}$  te bepalen volgens formule (11.123), bepaal  $\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi}$  dan als volgt:

$$\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi} = (\vartheta_{\text{int;set;H;stc}} - 4) - \vartheta_{\text{ODA}} \quad (11.124)$$

**OPMERKING 1** Uitgangspunt is dat met 4 °C ondertemperatuur tocht wordt voorkomen.

waarin:

$\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in de natuurlijke toevoerroosters, in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in K,  $\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi} \geq 0$ . Als  $\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi} < 0$ , dan geldt  $\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi} = 0$ ;

$P_{\text{elvv;max}}$  is het maximale beschikbare verwarmingsvermogen per  $\text{dm}^3/\text{s}$  toevoerluchtvolumestroom,  $\text{W}/(\text{dm}^3/\text{s})$ ;

$\rho_a$  is de dichtheid van lucht op zeeniveau, bij 293 K en droge lucht,  $1,205 \text{ kg/m}^3$ ;

$c_a$  is de specifieke warmtecapaciteit van lucht,  $= 1005, \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;

$\Delta T_{\text{preh;roosters;max}}$  is de maximale temperatuursprong als gevolg van de elektrische voorverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in de natuurlijke toevoerroosters, in °C;

$\vartheta_{\text{ODA}}$  is de gemiddelde buitentemperatuur ( $\vartheta_{\text{ODA}} = \vartheta_{\text{e;avg};mi}$ ), in °C, bepaald volgens tabel 17.1;

- $\vartheta_{\text{int;set};H;\text{stc}}$  is het normale (thermisch comfortniveau) verwarmingstemperatuursetpoint in rekenzone  $zi$ , in °C, volgens 7.9.4.1;
- $\vartheta_{\text{aan}}$  is de buitenluchttemperatuur waaronder de elektrische voorverwarming wordt ingeschakeld, bepaald volgens het systeemontwerp, in °C;
- $\vartheta_{\text{SUP1;elvv;max}}$  is de maximale inblaastemperatuur waarop wordt geregeld, bepaald volgens het systeemontwerp, in °C.

**OPMERKING 2** Er is verondersteld dat systemen met een bouw- of installatiejaar voor 2010 niet zijn voorzien van voorverwarming van de toevoerlucht in een component voor natuurlijke toevoer.

### 11.3.2.9.2 Elektrische-energiegebruik voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom

Bepaal het elektrische-energiegebruik voor de voorverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in een rekenzone per maand  $mi$ , volgens:

$$E_{V,\text{elvv};zi,mi} = \frac{P_{\text{elvv};mi} \times t_{mi}}{1\,000} \quad (11.125)$$

waarin:

- $E_{V,\text{elvv};zi,mi}$  is het elektrische-energiegebruik voor voorverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh;
- $P_{\text{elvv};mi}$  is het verwarmingsvermogen van de elektrische voorverwarming in maand  $mi$ , in W, bepaald volgens formule (11.126);
- $t_{mi}$  is de lengte van de maand  $mi$ , in h, volgens tabel 17.1.

Bepaal het verwarmingsvermogen van de elektrische voorverwarming in maand  $mi$  volgens:

$$P_{\text{elvv};mi} = q_{V,\text{nat};\text{elvv};mi} \times \frac{\rho_a \cdot c_a}{3\,600} \times \Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi} \quad (11.126)$$

waarin:

- $q_{V,\text{nat};\text{elvv};mi}$  is de tijdgemiddelde elektrisch voorverwarmde toevoerluchtvolumestroom in maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h, bepaald volgens formule (11.127);
- $\rho_a$  is de dichtheid van lucht, = 1,205 kg/m<sup>3</sup>;
- $c_a$  is de specifieke warmtecapaciteit van lucht = 1 006 J/kgK;
- $\Delta T_{\text{preh;roosters};zi,mi}$  is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in de natuurlijke toevoerroosters, in K, volgens 11.3.2.9.1.

$$q_{V,\text{nat};\text{elvv};mi} = q_{V,\text{eff};\text{vent};\text{in};zi,mi} \times f_{\text{pre;nat};\text{elvv}} \quad (11.127)$$

waarin:

- $q_{V,\text{eff};\text{vent};\text{in};zi,mi}$  is de effectieve (natuurlijke) toevoer van ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h, volgens 11.2.1.7;

$$f_{\text{pre;nat;elvv;zi}}$$

is het aandeel van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom door de ventilatievoorziening dat wordt opgewarmd door elektrische voorverwarming in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , bepaald met de volgende vergelijking:

$$f_{\text{pre;nat;elvv;zi}} = \frac{q_{V;\text{sys;nat;elvv;zi}}}{(q_{V;\text{inst;1a;zi}} + q_{V;\text{inst;1b;zi}}) \times 3,6} \quad (11.128)$$

waarbij geldt:  $f_{\text{pre;nat;elvv;zi};mi} \leq 1$

waarin:

$$q_{V;\text{sys;nat;elvv;zi}}$$

is de ontworpen hoeveelheid luchtvolumestroom door de ventilatievoorziening die wordt opgewarmd door de elektrische voorverwarming, voor rekenzone  $zi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ . Indien  $q_{V;\text{sys;nat;elvv;zi}}$  niet bekend is, dan geldt:  $f_{\text{pre;nat;elvv;zi}} = 1$ ;

$$q_{V;\text{inst;1a}}$$

is de geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit van natuurlijke toevoer van buitenlucht voor rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 5.1 van NEN 1087:2001 voor nieuwbouw en 4.1 van NEN 8087:2001 voor bestaande bouw in  $\text{dm}^3/\text{s}$ ;

$$q_{V;\text{inst;1b}}$$

is de geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit van natuurlijke toevoer van buitenlucht door een ruimte (zoals een serre of atrium) waar natuurlijke opwarming plaatsvindt voor rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 5.1 van NEN 1087:2001 voor nieuwbouw en 4.1 van NEN 8087:2001 voor bestaande bouw in  $\text{dm}^3/\text{s}$ .

### 11.3.3 Temperatuur afvoerlucht

De temperatuur van de luchtvolumestroom die in de rekenzone wordt afgezogen en van de luchtvolumestroom die de kanalen verlaat naar de AHU of ventilatie-unit wordt als volgt bepaald:

$$\vartheta_{\text{ETA;dis;in};zi,mi} = \vartheta_{\text{int;calc};zi,mi} \quad (11.129)$$

$$\vartheta_{\text{ETA;dis;out};zi,mi} = \vartheta_{\text{ETA;dis;in};zi,mi} - \Delta T_{\text{SUP;du;nc;in};zi,mi} \quad (11.130)$$

waarin:

$\vartheta_{\text{ETA;dis;in};zi,mi}$  is de temperatuur van de luchtvolumestroom die in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  wordt afgezogen, in  $^\circ\text{C}$ ;

$\vartheta_{\text{int;calc};zi,mi}$  is de rekentemperatuur van de zone, in  $^\circ\text{C}$ , volgens 7.9.4 ( $\vartheta_{\text{int;set;H;stc};mi}$  en  $\vartheta_{\text{int;set;C;stc};mi}$ ), in  $^\circ\text{C}$ ;

$\vartheta_{\text{ETA;dis;out};zi,mi}$  is de temperatuur van de luchtvolumestroom die de kanalen verlaat naar de AHU of ventilatie-unit,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta T_{\text{SUP;du;nc;in};zi,mi}$  is de temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, voor zover die aan een ruimte grenzen buiten een thermische zone voor rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in K, bepaald volgens 11.3.2.8.

**OPMERKING** De temperatuur van de luchtvolumestroom die in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  wordt afgezogen, is gelijkgesteld aan de rekentemperatuur van de binnenlucht in de rekenzone.

## 11.4 Ventilatoren

### 11.4.1 Principe

Het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie van lucht in het gebouw wordt bepaald door de draaitijd en het effectieve vermogen. Het effectieve vermogen wordt per ventilator herleid uit het gespecificeerde vermogen, gecorrigeerd voor de regeling. De basis voor de correctie is een naar inschakeltijden gewogen kwadratische middeling van de volumestromen die bij de toegepaste regeling optreden. De kwadratische relatie ontstaat omdat het elektrisch vermogen van een ventilator evenredig is met de volumestroom tot de derde macht gedeeld door het rendement, dat globaal evenredig afneemt met de volumestroom.

**OPMERKING** Het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie wordt in beginsel voor iedere rekenzone per maand bepaald voor zowel warmtebehoefte als koudebehoefte afzonderlijk, ook al zijn in deze norm de bijbehorende indexen H respectievelijk C weggelaten. Dit kan gewenst zijn om het energiegebruik van ventilatoren en de interne warmtelast van afzonderlijke rekenzones nauwkeurig te bepalen. Als vereenvoudigde benadering kan bij beperkte variatie van het regelgedrag per maand worden uitgegaan van een jaarberekening met representatieve ventilatorstanden voor zowel warmte- als koudebehoefte, waarna een met de maandduur evenredig deel wordt aangehouden als maandelijks elektrische-energiegebruik van de ventilatoren.

### 11.4.2 Elektrische-energiegebruik

#### 11.4.2.1 Elektrische-energiegebruik in een gebouw

Bepaal het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie van de thermische zone per maand  $mi$ , als de som van de elektrische-energiegebruiken van de verschillende rekenzones  $zi$  in het gebouw met:

$$E_{V;el;mi} = \sum_{zi} E_{V;el;zi,mi} \quad (11.131)$$

waarin:

$E_{V;el;mi}$  is het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie in de thermische zone in maand  $mi$ , in kWh;

$E_{V;el;zi,mi}$  is het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 11.4.3.2.2.

#### 11.4.2.2 Elektrische-energiegebruik per rekenzone

Bepaal het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie in een rekenzone  $zi$ , per maand  $mi$  volgens:

$$E_{V;el;zi,mi} = \left( \frac{P_{eff;zi,mi} \times t_{mi}}{f_{prac;vent}} \right) / 1\,000 \quad (11.132)$$

waarin:

$E_{V;el;zi,mi}$  is het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh;

$P_{\text{eff};zi;mi}$	is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in rekenzone $zi$ , in maand $mi$ , in W, bepaald volgens 11.4.3.2 op basis van werkelijk opgestelde vermogens of volgens 11.4.3.3 op basis van de forfaitaire methode;
$t_{mi}$	is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand $mi$ , in h, bepaald volgens tabel 17.1;
$f_{\text{prac};\text{vent}}$	is de praktijkprestatiemfactor voor ventilatoren; $f_{\text{prac};\text{vent}} = 0,9$ .

### 11.4.3 Effectief ventilatorvermogen

#### 11.4.3.1 Principe

Het effectieve elektrisch ventilatorvermogen wordt bepaald op basis van de optelling van de werkelijk opgestelde ventilatorvermogens, waarbij een weging voor de regeling wordt toegepast. Als alternatief kan het effectieve ventilatorvermogen forfaitair worden bepaald aan de hand van de ventilatiecapaciteit, het specifieke ventilatorvermogen en de correctiefactor voor de bezettingstijd.

#### 11.4.3.2 Effectief ventilatorvermogen op basis van werkelijk opgesteld vermogen

##### 11.4.3.2.1 Effectief ventilatorvermogen per rekenzone op basis van werkelijk opgesteld vermogen

Bepaal het effectieve ventilatorvermogen voor de thermische zone per maand  $mi$  volgens:

$$P_{\text{eff};mi} = \sum_i (P_{\text{nom};\text{el};i} \times f_{\text{regfan};i,mi}) \times f_{\text{gebouw};si;v} \quad (11.133)$$

waarin:

$P_{\text{eff};mi}$	is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in de thermische zone, in maand $mi$ , in W;
$P_{\text{nom};\text{el};i}$	is het nominale elektrisch vermogen van ventilator $i$ , in W, bepaald volgens 11.4.3.2.3;
$f_{\text{regfan};i,mi}$	is de dimensioze reductiefactor voor de luchtvolumestroomregeling voor het omrekenen van het nominale vermogen naar het gemiddeld vermogen voor ventilator $i$ , in maand $mi$ , bepaald volgens 11.4.3.2.4;
$f_{\text{gebouw};si;v}$	is de dimensioze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie ventilatoren wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel, dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem $si$ voor de functie ventilatoren. Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie ventilatoren $si$ van het gebouw als geheel, geldt:

$$f_{\text{gebouw};si;V} = \frac{A_{g;si;V}}{A_{g;\text{gebouw};V}}$$

In alle andere gevallen geldt:

$$f_{\text{gebouw};si;V} = 1$$

waarin:

$f_{\text{gebouw};si;V}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie ventilatoren wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel, aangesloten op de gemeenschappelijke installatie  $si$  voor de functie ventilatoren;

$A_{g;si;V}$  is de gebruiksoppervlakte van het bouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en is aangesloten op een gemeenschappelijke installatie voor de functie ventilatoren, in  $\text{m}^2$ ;

$A_{g;\text{gebouw};V}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie voor de functie ventilatoren  $si$ , bepaald volgens 6.6.7, in  $\text{m}^2$ .

#### 11.4.3.2.2 Effectief ventilatorvermogen per rekenzone op basis van werkelijk vermogen

Bepaal het effectieve ventilatorvermogen voor iedere rekenzone  $zi$ , per maand  $mi$  volgens:

$$P_{\text{eff};zi,mi} = P_{\text{eff};mi} \times \frac{q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi}}{\sum_{zi} q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi}} \quad (11.134)$$

waarin:

$P_{\text{eff};zi,mi}$  is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in W;

$P_{\text{eff};mi}$  is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in de thermische zone, in maand  $mi$ , in W, bepaald volgens 11.4.3.2.1;

$q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , bepaald volgens 11.2.2.1.

#### 11.4.3.2.3 Nominaal elektrisch vermogen

##### 11.4.3.2.3.1 Inleiding

Ontleen het nominaal elektrisch vermogen van de ventilator(en) bestemd voor ventilatie en circulatie van lucht in rekenzones,  $P_{\text{nom};\text{el};i}$  aan ventilatiesysteemontwerpberekeningen, aan meetwaarden of aan de op typeplaatjes vermelde nominale vermogens of elektrische vermogens. Indien alleen het elektrisch vermogen is vermeld, kan het elektrisch vermogen hieruit worden bepaald volgens 11.4.3.2.3.2.

**OPMERKING 1** Niet-gebouwgebonden ventilatievoorzieningen, zoals een bij een kooktoestel aanwezige voorziening om uitsluitend de tijdens het koken vrijkomende dampen af te zuigen, behoren bij de bepaling van de energieprestatie te worden genegeerd.

**OPMERKING 2** Voor ventilatoren van installaties in de categorie woningbouw wordt op de typeplaatjes het nominaal elektrisch vermogen,  $P_{\text{nom};\text{el}}$ , vermeld; op grotere ventilatoren van luchtbehandelingskasten bij utiliteitsbouw is veelal het elektrisch vermogen,  $P_{as}$ , vermeld.

### 11.4.3.2.3.2 Nominaal vermogen elektromotor ( $P$ )

Bepaal het nominale vermogen,  $P_{\text{nom;el}}$ , aan de hand van het elektrisch vermogen volgens:

$$P_{\text{nom;el}} = 0,8 \times \frac{P_{\text{as}}}{\eta_{\text{elm}}} \quad (11.135)$$

waarin:

$P_{\text{as}}$  is het elektrisch vermogen van de elektromotor, zoals vermeld op de elektromotor, in W;

$\eta_{\text{elm}}$  is het dimensiooze rendement van de beschouwde elektromotor, bepaald volgens 11.4.3.2.3.3.

OPMERKING De factor 0,8 is een reductiefactor voor overdimensionering van de elektromotor.

### 11.4.3.2.3.3 Rendement elektromotor ( $U$ )

Bepaal het rendement van de elektromotor,  $\eta_{\text{elm}}$ , volgens tabel 11.20, tenzij het werkelijke rendement van de te installeren elektromotor hoger is. Bepaal het werkelijke rendement van de elektromotor volgens:

$$\eta_{\text{elm}} = \frac{P_{\text{as}}}{U_{\text{elm}} \times I \times e} \quad (11.136)$$

waarin:

$P_{\text{as}}$  is het elektrisch vermogen van de elektromotor, zoals vermeld op de elektromotor, in W;

$U_{\text{elm}}$  is de elektrische spanning, in V;

$I$  is de elektrische stroom, in A;

$e$  is een factor afhankelijk van het type elektromotor, waarvoor geldt:

— gelijkstroommotor:  $e = 1$ ;

— eenfasewisselstroommotor:  $e = \cos \varphi$ ;

— draaistroommotor:  $e = \sqrt{3} \times \cos \varphi$  waarin  $\cos \varphi$  de arbeidsfactor is voor wisselstroommotoren.

De spanning, stroom en arbeidsfactor zijn de waarden behorende bij het maximaal toegekende vermogen gedurende continu bedrijf. Het aldus bepaalde rendement moet naar beneden worden afgerond op een veelvoud van 0,025.

**Tabel 11.20 — Rendement van elektromotoren  $\eta_{\text{elm}}$** 

Elektrisch vermogen ( $P_{\text{as}}$ ) kW	Fabricagejaar ( $J$ )	
	Onbekend of $J < 2005$	$J \geq 2005$
	$\eta_{\text{elm}}$	
$P_{\text{as}} < 1$	0,65	0,70
$1 \leq P_{\text{as}} < 2$	0,70	0,75
$2 \leq P_{\text{as}} < 4$	0,75	0,80
$4 \leq P_{\text{as}} < 10$	0,80	0,85
$10 \leq P_{\text{as}} < 30$	0,85	0,875
$30 \leq P_{\text{as}} < 60$	0,875	0,90
$60 \leq P_{\text{as}} < 120$	0,90	0,925
$P_{\text{as}} \geq 120$	0,925	0,95
OPMERKING Het rendement van de elektromotor ( $\eta_{\text{elm}}$ ) kan in geen geval groter zijn dan 1.		

#### 11.4.3.2.4 Reductiefactor luchtvolumestroomregeling

Bepaal de dimensieloze reductiefactor voor de luchtvolumestroomregeling voor het omrekenen van het nominale naar het gemiddelde vermogen van ventilator  $i$ , per maand  $mi$  volgens:

$$f_{\text{regfan};i,mi} = \sum_1^k (f_{q;k,mi}^2 \times t_{d;k,mi}) \quad (11.137)$$

waarin:

$f_{\text{regfan};i,mi}$  is de dimensieloze reductiefactor voor de luchtvolumestroomregeling voor het omrekenen van het nominale vermogen naar het gemiddeld vermogen voor ventilator  $i$ , in maand  $mi$ ;

$f_{q;k,mi}$  is de dimensieloze factor voor de verhouding tussen de ventilatiecapaciteit in stand  $k$  en de nominale ventilatiecapaciteit in maand  $mi$ , volgend uit een kwaliteitsverklaring voor de betreffende regeling of voor de categorie woningbouw bepaald volgens tabel 11.21;

$t_{d;k,mi}$  is de dimensieloze tijdfractie dat de ventilator in maand  $mi$  in stand  $k$  staat, volgend uit een kwaliteitsverklaring voor de betreffende regeling of voor de categorie woningbouw bepaald volgens tabel 11.21;

OPMERKING Het verband tussen rendement en ventilatiedebiet kan worden benaderd door een kwadratische functie. Formule (11.137) kan ook worden geschreven als (onder weglatting van maand  $mi$ ):

$$f_{\text{regfan},i} = \frac{\left(\frac{q_{V,1}}{q_{V,\text{nom}}}\right)^2 \times t_1 + \left(\frac{q_{V,2}}{q_{V,\text{nom}}}\right)^2 \times t_2 + \dots + \left(\frac{q_{V,k}}{q_{V,\text{nom}}}\right)^2 \times t_k}{\sum_k t_k} \quad (11.138)$$

**Tabel 11.21 — Rekenwaarden voor  $f_{q,k}$  en  $t_{d,k}$  voor woningen**

Regelstanden ( $k$ )	$f_{q,k}$	$t_{d,k}$
3	1,0	0,10
2	0,6	0,60
1	0,4	0,30

Indien geen nadere gegevens van het vermogen van de ventilatoren bekend zijn, moet voor gebouwen met een andere gebruiksfunctie dan een woonfunctie (categorie utiliteitsbouw) of voor woongebouwen met een collectieve ventilatievoorziening een indicatieve waarde voor  $f_{\text{regfan}}$  worden gebruikt door de waarden voor  $f_{\text{regfan;aan}}$ , ontleend aan tabel 11.22, te vermenigvuldigen met de dimensioze correctiefactor voor de bezettingstijd  $f_t$ , bepaald volgens tabel 11.8 (dus:  $f_{\text{regfan}} = f_{\text{regfan;aan}} \times f_t$ ). Deze waarden kunnen voor elke maand van het jaar worden gebruikt.

**Tabel 11.22 — Rekenwaarden voor  $f_{\text{regfan}}$  afhankelijk van  $f_{\text{terugregel;debietregeling}}$  voor installaties met debietregeling**

	$f_{\text{terugregel;debietregeling}}$				
	$0,8 < f_{\text{terugregel;debietregeling}} \leq 1,0$	$0,6 < f_{\text{terugregel;debietregeling}} \leq 0,8$	$0,4 < f_{\text{terugregel;debietregeling}} \leq 0,6$	$f_{\text{terugregel;debietregeling}} \leq 0,4$	
	$f_{\text{regfan;aan}}$				
Smoorregeling (kleppen)	1,0	0,95	0,9	0,85	
Inlaatklepverstelling of waaierschoepverstelling	1,0	0,75	0,65	0,6	
Toerenregeling	1,0	0,65	0,45	0,35	
Alle andere gevallen	1,0	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	

### 11.4.3.3 Effectief ventilatorvermogen forfaitair

Bepaal het forfaitaire effectieve ventilatorvermogen voor iedere rekenzone  $zi$  voor ventilatiesysteem E.1 volgens:

$$P_{\text{eff;for};zi,mi} = P_{\text{eff;for;BAL_DEC};zi,mi} + P_{\text{eff;for;overig};zi,mi} \quad (11.139)$$

waarbij:

$$P_{\text{eff;for;BAL\_DEC};zi,mi} = f_{\text{SFP};zi} \times f_{\text{systype};zi} \times (q_{V;\text{ODA;req};zi,mi} \times c \times f_{\text{BAL\_DEC}}) \quad (11.140)$$

$$P_{\text{eff;for;overig};zi,mi} = f_{\text{SFP};zi} \times f_{\text{systype};zi} \times (q_{V;\text{ODA;req};zi,mi} \times c \times f_{\text{overig}}) \quad (11.141)$$

Bepaal het forfataire effectieve ventilatorvermogen voor iedere rekenzone  $zi$  voor alle andere ventilatiesystemen volgens:

$$P_{\text{eff;for};zi,mi} = f_{\text{SFP};zi} \times f_{\text{systype};zi} \times (q_{V;\text{ODA;req};zi,mi} \times c) \quad (11.142)$$

waarin:

$P_{\text{eff;for};zi,mi}$  is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in W, volgens de forfataire methode;

$P_{\text{eff;for;BAL\_DEC};zi,mi}$  is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) van het deel met decentrale mechanische toe- en afvoer in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in W, volgens de forfataire methode, bepaald volgens formule (11.140);

$P_{\text{eff;for;overig};zi,mi}$  is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) van het deel met het ventilatiesysteem dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer wordt toegepast in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in W, volgens de forfataire methode, bepaald volgens formule (11.141);

$f_{\text{SFP};zi}$  is het specifieke ventilatorvermogen (SFP) van de geïnstalleerde of de te installeren ventilatiecapaciteit in rekenzone  $zi$ , in W/(m<sup>3</sup>/h), bepaald volgens tabel 11.23;

$f_{\text{systype};zi}$  is de dimensioze factor voor het type ventilatiesysteem in rekenzone  $zi$ , waarvoor geldt:

- $f_{\text{systype}} = 0$  voor ventilatiesysteemtype A;
- $f_{\text{systype}} = 1$  voor ventilatiesysteemtype B en C;
- $f_{\text{systype}} = 2$  voor ventilatiesysteemtype D;

$q_{V;\text{ODA;req};zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$ , in m<sup>3</sup>/h, bepaald volgens 11.2.2.1;

$c$  is de correctiefactor voor de tijdgemiddelde luchtvolumestroom; de waarde van deze correctiefactor is 1,0;

$f_{\text{BAL-DEC}}$  is het deel van de rekenzone met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing, bepaald volgens 11.2.2.2.5;

$f_{\text{overig}}$  is het deel van de rekenzone met een ventilatiesysteem anders dan decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing, bepaald volgens 11.2.2.2.5.

**Tabel 11.23 — Het specifieke ventilatorvermogen als functie van fabricagejaar en  $q_{V;ODA;req;zi,mi}$** 

<b>Fabricagejaar <i>j</i></b>	<b><math>f_{SFP}</math></b>	<b><math>f_{SFP}</math></b>
	Wisselstroomventilatoren	Gelijkstroomventilatoren
$y \leq 1980$ of onbekend	4,00 / 3,6	2,20 / 3,6
$1980 < j \leq 1985$	2,80 / 3,6	1,50 / 3,6
$1985 < j \leq 1990$	2,40 / 3,6	1,30 / 3,6
$1990 < j \leq 1998$	2,00 / 3,6	1,10 / 3,6
$1998 < j \leq 2006$	1,60 / 3,6	0,90 / 3,6
$y > 2006$	–	0,45 / 3,6

## 12 Bevochtiging en ontvochtiging

### 12.1 Principes

Bij het toepassen van een kwaliteitsverklaring moet, tenzij anders aangegeven, de gegeven waarde naar beneden worden afgerond op maximaal het aantal decimalen waarmee het getal van de te vervangen forfaitaire waarde in NTA 8800 maximaal is weergegeven.

Er wordt uitgegaan van één systeem per rekenzone  $zi$  voor de be- en ontvochtiging.

Bepaal het energiegebruik voor bevochtiging en ontvochtiging indien in de gebouwinstallaties een voorziening voor bevochtiging of ontvochtiging aanwezig is, aan de hand van de per rekenzone te bevochtigen of ontvochtigen hoeveelheid lucht.

De benodigde hoeveelheid latente energie voor de verdamping van het toegevoerde water voor de bevochtigingsfunctie wordt door de installatie voor de verwarmingsfunctie geleverd (hoofdstuk 9).

De benodigde hoeveelheid latente warmte die vrijkomt bij de condensatie van vocht uit de lucht, wordt door de installatie voor de koelfunctie geleverd (hoofdstuk 10).

Iedere vorm van koeling met een centrale luchtbehandeling of koeling door een ruimte-airconditionersysteem of ventilatorconvectorssysteem moet worden gezien als een voorziening voor ontvochtiging.

### 12.2 Bevochtiging

Bevochtiging vindt plaats als er een voorziening voor bevochtiging aanwezig is, in alle andere situaties geldt:  $Q_{H;hum;zi;mi} = 0$ .

De bepaling verloopt als volgt:

- bepaal de hoeveelheid te bevochtigen lucht per rekenzone  $zi$  op basis van de specifieke ventilatiecapaciteit voor maand  $mi$ ;
- bepaal de hoeveelheid te bevochtigen lucht per rekenzone  $zi$  per maand  $mi$  op basis van de toevolreluchtvolumestroom ten gevolge van de ventilatievoorziening;
- bereken het energiegebruik voor bevochtiging van het gebouw per maand  $mi$ .

De latente warmte voor bevochtiging van rekenzone  $zi$  voor maand  $mi$  wordt bepaald volgens:

$$Q_{H;hum;zi;mi} = f_{HU;mi} \cdot h_{we} \cdot (1 - \eta_{HU;rvd;zi}) \cdot \rho_a \cdot \frac{q_{V;SUP;dis;out;zi;mi}}{3\,600} \cdot (\Delta x \cdot t_{mi})_{a;SUP;zi;mi} \quad (12.1)$$

waarin:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| $Q_{H;hum;zi;mi}$ | is de benodigde energie voor bevochtiging in rekenzone $zi$ en maand $mi$ , in kWh; |
| $f_{HU;mi}$       | is de maandelijkse energiefactie nodig voor bevochtiging ( $f_{HU;mi} = 1$ );       |
| $h_{we}$          | is de latente warmte van waterdamp bij 20°C, in kJ/kg ( $h_{we} = 2\,538,2$ kJ/kg); |

$\eta_{HU;rvd;zi}$  is de efficiëntie van de latente waterterugwinning in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$  ( $\eta_{HU;rvd;zi} = 0,55$  voor een warmtewiel en 0 voor andere typen warmteterugwinning);

$\rho_a$  is de dichtheid van lucht, in  $\text{kg/m}^3$  ( $\rho_a = 1,205 \text{ kg/m}^3$ );

$q_{V;SUP;dis;out;zi;mi}$  is de hoeveelheid lucht die rekenzone  $zi$  in kalendermaand  $mi$  in gaat in  $\text{m}^3/\text{h}$  voor verwarming, zoals bepaald in 11.3.1.1;

3 600 is de omrekeningsfactor van  $\text{m}^3/\text{h}$  naar  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$(\Delta x \cdot t_{mi})_{a,SUP;zi;mi}$  is de toe te voeren hoeveelheid vocht per kg droge lucht aan rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , in  $\text{kg} \cdot \text{h/kg}$  (tabel 12.1).

**OPMERKING 1** De toe te voeren hoeveelheid vocht op basis van een kengetal is een versimpeling om te voorkomen dat er afzonderlijke getabellerde waarden van vochtgehalte en getabellerde waarden van bedrijfstijden voor zowel de functie- als ruimtecategorie noodzakelijk zijn.

**OPMERKING 2** De latente warmte die nodig is voor het verdampen van de hoeveelheid vocht die nodig is voor de bevochtigingsfunctie, wordt geleverd door een luchtbehandelingssysteem.

De benodigde energie voor de functie bevochtigen wordt per energiedrager  $ci$  voor maand  $mi$  bepaald met:

$$E_{hum;ci;mi} = \sum_{zi} E_{hum;zi;ci;mi} \quad (12.2)$$

waarin:

$E_{hum;ci;mi}$  is het energiegebruik voor energiedrager  $ci$  van de bevochtigingsinstallaties in maand  $mi$ ;

$E_{hum;zi;ci;mi}$  is het energiegebruik voor energiedrager  $ci$  van de bevochtigingsinstallatie in rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ .

Als bevochtiging plaatsvindt door het toevoeren van water aan de ruimte of luchtstroom (verneveling), dan wordt de energie voor de verdamping geleverd door het systeem voor de functie ruimteverwarming (hoofdstuk 9):

$$E_{hum;zi;ci;mi} = 0$$

Als bevochtiging plaatsvindt door het toevoeren van waterdamp (stoom) aan de ruimte of luchtstroom, dan wordt de energie voor de verdamping geleverd door een separaat systeem. De hoeveelheid benodigde energie hiervoor wordt per energiedrager  $ci$  bepaald volgens:

$$E_{hum;zi;ci;mi} = \frac{Q_{H;hum;zi;mi}}{\eta_{H;hum;si}} \quad (12.3)$$

waarin:

$E_{hum;zi,ci,mi}$  is het jaarlijkse energiegebruik voor energiedrager  $ci$  van de bevochtigingsinstallaties in rekenzone  $zi$ ;

$Q_{H;hum;zi;mi}$  is de benodigde energie voor bevochtiging in rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ ;

$\eta_{H;hum;si}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor bevochtiging.

Voor opgestelde elektrische opwekkers geldt  $\eta_{H;hum;si} = 0,8$  en voor overige opwekkers met gas of olie als brandstof geldt  $\eta_{H;hum;si} = 0,6$ .

OPMERKING 3 De gegeven waarden voor  $\eta_{H;hum;si}$  zijn inclusief de verliezen van opwekker en distributie.

### 12.2.1 Terugwinbare energie

Voor het terugwinbare verlies van het bevochtigingssysteem in rekenzone  $zi$  geldt:

Voor grote opwekkers ( $A_g > 500 \text{ m}^2$ ) en voor systemen waarbij bevochtiging plaatsvindt door het toevoeren van water aan de ruimte of luchtstroom (verneveling), is  $Q_{H;hum;rbl;zi;mi} = 0$ .

In alle andere gevallen komt het terugwinbare systeemverlies ten goede aan de betreffende rekenzone  $zi$  en wordt bepaald met:

$$Q_{H;hum;rbl;zi;mi} = (1 - \eta_{H;hum;si}) \times Q_{H;hum;zi;mi} \quad (12.4)$$

waarin:

$Q_{H;hum;rbl;zi;mi}$  is de terugwinbare energie van de functie bevochtiging in rekenzone  $zi$ ;

$\eta_{H;hum;si}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor bevochtiging;

$Q_{H;hum;zi;mi}$  is de benodigde energie voor bevochtiging in rekenzone  $zi$  en maand  $mi$ , in kWh.

**Tabel 12.1 — Hoeveelheid kg/h vocht ( $\Delta x \cdot t_{mi}$ )<sub>a;SUP;zi;mi</sub> dat per maand  $mi$  per gemiddelde kg/h luchtvентilatiecapaciteit moet worden toegevoerd**

<b>Maand <math>mi</math></b>	<b>Functie</b>		
	Bijeenkomstfunctie, celfunctie, logiesfunctie, kantoorfunctie, onderwijsfunctie en winkelfunctie  kg·h/kg <sup>a</sup>	Gezondheidszorgfunctie  kg·h/kg <sup>b</sup>	Woonfunctie  kg·h/kg <sup>c</sup>
Januari	0,82	1,69	0
Februari	0,47	1,26	
Maart	0,64	1,51	
April	0,04	0,88	
Mei	0,00	0,00	
Juni	0,00	0,00	
Juli	0,00	0,00	
Augustus	0,00	0,00	
September	0,00	0,00	
Oktober	0,00	0,00	

Maand <i>mi</i>	Functie		
	Bijeenkomstfunctie, celfunctie, logiesfunctie, kantoorfunctie, onderwijsfunctie en winkelfunctie	Gezondheidszorgfunctie	Woonfunctie
	kg·h/kg <sup>a</sup>	kg·h/kg <sup>b</sup>	kg·h/kg <sup>c</sup>
November	0,00	0,37	
December	0,59	1,46	

<sup>a</sup> Uitgangspunt voor een comfortabel binnenklimaat is een relatieve vochtigheid van 35 % bij 21°C.  
<sup>b</sup> Uitgangspunt voor een comfortabel binnenklimaat is een relatieve vochtigheid van 40 % bij 22°C.  
<sup>c</sup> Uitgangspunt voor een comfortabel binnenklimaat is een relatieve vochtigheid van 35 % bij 20°C.  
OPMERKING 1 Bij de sportfunctie vindt geen bevochtiging plaats.  
OPMERKING 2 Vochtproductie in het gebouw is buiten beschouwing gelaten.

### 12.3 Ontvochtiging

De bepaling van de benodigde ontvochtiging verloopt als volgt:

- bepaal de omvang van de koudebehoefte per rekenzone *zi* voor maand *mi*;
- bepaal de toeslagfactor voor de koudebehoefte voor ontvochtiging per rekenzone *zi* per maand *mi*;
- bepaal de extra koudebehoefte voor ontvochtiging per rekenzone *zi* per maand *mi*.

De benodigde latente warmte voor de ontvochtiging in rekenzone *zi* en maand *mi* wordt bepaald volgens:

$$Q_{C;dhm;zi;mi} = f_{DHU;C} \cdot Q_{C;nd;zi;mi} \quad (12.5)$$

waarin:

$Q_{C;dhm;zi;mi}$  is de energiebehoefte voor ontvochtiging van rekenzone *zi* in maand *mi*, in kWh;

$f_{DHU;C}$  is de energiefactie van de voelbare energie die moet worden toegevoerd voor de ontvochtiging volgens tabel 12.2;

$Q_{C;nd;zi;mi}$  is de energie benodigd voor de (voelbare) koeling van rekenzone *zi* in maand *mi*, in kWh, bepaald volgens 8.2.2.

OPMERKING 1 Bij op water gebaseerde koudeafgiftesystemen zoals ventilatorconvectorsystemen en centrale luchtbehandeling en een ruimte-airconditioner wordt ervan uitgegaan dat er voor de koelfunctie ook wordt ontvochtigd. Bij systemen zoals plafondkoeling, vloerkoeeling en wandkoeling is ontvochtiging niet wenselijk en wordt ervan uitgegaan dat bij deze systemen geen ontvochtiging optreedt.

Systemen met directe expansie en systemen met een onbekende ontwerptemperatuur worden voor de ontvochtiging gezien als een systeem met een ontwerptemperatuur van het koudeafgiftesysteem ( $\vartheta_{in}/\vartheta_{out}$ ) van 6 °C tot 12 °C.

**Tabel 12.2 — Toeslagfractie koudebehoefte voor ontvochtiging**

Maand	$f_{dhu;c}$			
	Ontwerp-temperatuur koudeafgifte-systeem ( $\vartheta_{in}/\vartheta_{out}$ ) 6 °C tot 12 °C	Ontwerp-temperatuur koudeafgifte-systeem ( $\vartheta_{in}/\vartheta_{out}$ ) 12 °C tot 16 °C	Ontwerp-temperatuur koudeafgifte-systeem ( $\vartheta_{in}/\vartheta_{out}$ ) 12 °C tot 18 °C	Ontwerp-temperatuur koudeafgifte-systeem ( $\vartheta_{in}/\vartheta_{out}$ ) 17 °C tot 21 °C
Januari	0,00	0,00	0,00	0,00
Februari	0,00	0,00	0,00	0,00
Maart	0,00	0,00	0,00	0,00
April	0,00	0,00	0,00	0,00
Mei	0,20	0,00	0,00	0,00
Juni	1,15	0,00	0,00	0,00
Juli	1,84	0,09	0,00	0,00
Augustus	2,15	0,43	0,02	0,00
September	1,91	0,00	0,00	0,00
Oktober	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	0,00	0,00	0,00

**Uitgangspunten:**

- De oppervlaktetemperatuur van het lamellenblok van een 6 °C tot 12 °C-systeem is 9 °C.
- De oppervlaktetemperatuur van het lamellenblok van een 12 °C tot 16 °C-systeem is 14 °C.
- De oppervlaktetemperatuur van het lamellenblok van een 12 °C tot 18 °C-systeem is 15 °C.
- Bij een 17 °C tot 21 °C-systeem is uitgegaan van vloer-/wand-/plafondkoeling waarbij geen condensatie plaatsvindt. De oppervlaktetemperatuur van het koudeafgiftesysteem zal hoger zijn dan 17°C.
- De bypassfactor van het koelblok is 10 %.
- De voelbare warmte is gebaseerd op afkoeling van de buitenlucht tot 17 °C.
- Voor de bepalingsmethode van de hoeveelheid vocht die aan de lucht wordt onttrokken wordt gebruikgemaakt van NEN-EN 16798-5-1, op basis van maandgemiddelde waarden.
- Bij distributiesystemen met een oppervlaktetemperatuur van de warmtewisselaar die de lucht koelt tot hoger of gelijk aan 16°C, vindt geen ontvochtiging van de luchtstroom plaats.

## 13 Bepaling energiegebruik warm tapwater

### 13.1 Energiegebruik per systeem

#### 13.1.1 Principe

##### 13.1.1.1 Inleiding

In een woning, woongebouw of utiliteitsgebouw kan het warme tapwater door een of meer warmtapwatersystemen worden verzorgd.

Een warmtapwatersysteem bestaat uit de samenhangende onderdelen warmteafgifte, -distributie, -opslag en -opwekking.

Een warmtapwatersysteem valt niet altijd samen met een rekenzone: één systeem kan meer rekenzones omvatten en één rekenzone kan meer systemen bevatten.

Het energiegebruik per warmtapwatersysteem wordt per energiedrager berekend. In afwijking hiervan mag voor utiliteitsgebouwen de berekening per rekenzone worden beperkt tot het type tapwatersysteem waarop de meeste tappunten zijn aangesloten.

Het energiegebruik voor warm tapwater wordt per warmtapwatersysteem door de volgende elementen bepaald:

#### a) Nettowarmtebehoefte warm tapwater

Dit is de warmtebehoefte aan de tappunten bij een per tapping gegeven minimale nuttige taptemperatuur.

#### b) Afgifterendement warm tapwater

Dit rendement wordt bepaald door de distributieverliezen van uittapleidingen, waaronder:

- het warmteverlies aan het tappunt, zolang de watertemperatuur lager is dan de nuttige taptemperatuur;
- de warmteverliezen t.g.v. opwarming en afkoeling van alle uittapleidingen.

#### c) Bijdrage van douchewaterwarmterugwinning (DWTW)

De bijdrage wordt bepaald door de eventuele warmteterugwinunit en de wijze van aansluiten hiervan.

#### d) Distributieverliezen warm tapwater

Dit verlies wordt bepaald door de distributieverliezen, waaronder:

- de warmteverliezen t.g.v. circulatieleidingen ten behoeve van warm tapwater in het gebouw;
- circulatieleidingen warmtedistributie binnen de perceelsgrens (voor zover het verlies hiervan niet is meegenomen bij het verwarmingssysteem);
- individuele afleversets voor warmtedistributie.

### e) Opslagverliezen warm tapwater

Dit verlies wordt bepaald door de verliezen van een eventueel voorraadvat. In sommige situaties maakt het voorraadvat deel uit van het opweksysteem en wordt daar dan in meegenomen.

### f) Bijdrage van een zonne-energiesysteem

De bijdrage wordt bepaald door de zonnecollector, het voorraadvat en de verliezen van het leidingwerk.

### g) Opwekkingsrendement en opwekverliezen warm tapwater

Dit rendement wordt bepaald door de verliezen van warmteopwekking en eventuele warmteopslag en kan bestaan uit:

- warmteopwekking, eventuele warmtewisseling, eventuele warmteopslag en verbindende waterleidingen;
- warmteopwekking en circulatieleidingen van de warmtedistributie buiten de perceelsgrens en, bij centrale warmtapwaterbereiding, de centrale warmtewisseling en -opslag op basis van warmtedistributie.

### h) Elektrische-hulpenergiegebruik

Het gebruik van elektrische hulpenergie kan bestaan uit hulpenergiegebruik voor:

- circulatiepompen;
- voorraadvaten;
- zonne-energiesystemen;
- warmteopwekking (gebruik voor elektronica, pomp, ventilator enz.).

### i) Terugwinbare systeemverliezen

De terugwinbare systeemverliezen kunnen bestaan uit verliezen die ontstaan bij:

- het distributiesysteem inclusief uittappleidingen;
- eventuele voorraadvaten of zonne-energiesysteem;
- het opweksysteem;
- het hulpenergiegebruik van bovengenoemde onderdelen.

**OPMERKING** Deze aanpak is conform 6.4 van NEN-EN 15316-1:2017, waarbij in deze NTA de energieprestatie van een deel van de verschillende functies en componenten wordt gekarakteriseerd met een thermisch rendement in plaats van met een verliespost. Daarnaast is warmteterugwinning uit douchewater (DWTW) toegevoegd als techniek.

Indien de energieprestatie wordt bepaald van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectief gebouwsysteem voor de functie warm tapwater dat wordt gebruikt in meerdere gedeelten van het gebouw als geheel, dan worden de energieverliezen en de (hulp)energiegebruiken berekend op basis van de gebruiksoppervlakte die door het tapwatersysteem wordt bediend in het gedeelte van het gebouw waarvoor de energieprestatie wordt opgesteld.

### 13.1.1.2 Opwekking

Het distributiedeel kan door meerdere opwekkers worden gevoed. Elke opwekker wordt door één soort energiedrager gevoed.

De bijdrage van een eventueel zonne-energiesysteem wordt afgetrokken van het energiegebruik voor de warmtedistributie.

De bijdrage van een eventueel DWTW-systeem wordt afgetrokken van de benodigde warmte voor het afgiftesysteem voor warm tapwater.

Om de conversie te kunnen maken naar primaire energie worden de uitkomsten per energiedrager (gas, olie, elektriciteit enz.) verzameld.

### 13.1.1.3 Energiegebruik per service

Wanneer een opwekker of een opweksysteem wordt gebruikt voor meerdere services zoals verwarming en warm tapwater, kan er sprake zijn van zowel een alternerende als parallelle bedrijfswijze voor de verschillende services.

Een alternerende bedrijfswijze wordt bijvoorbeeld toegepast bij een individueel combitoestel dat zowel warmte levert voor warm tapwater als voor ruimteverwarming. Het toestel kan slechts aan één service leveren, waardoor beide services afhankelijk van het type regeling alternerend worden uitgevoerd.

Wanneer er meerdere opwekkers worden ingezet voor het opwekken van warm tapwater, is er geen sprake van een parallelle bedrijfswijze van de services maar van een parallelle bedrijfswijze van de toestellen. Elk toestel levert een aandeel in de benodigde warmtebehoefte aan het opweksysteem.

In beide gevallen kan de output van de toestellen direct gerelateerd worden aan (de service) warm tapwater en is er geen sprake van een parallelle bedrijfswijze van services.

Een parallelle bedrijfswijze van de services verwarming en warm tapwater is alleen van toepassing bij (collectieve) verwarmingssystemen die tegelijkertijd worden ingezet voor verwarming en warm tapwater. Specifieke rekenregels voor deze bepaling van het energiegebruik voor warm tapwater en voor verwarming zijn gegeven in 13.8.4.9.3.

### 13.1.1.4 Hulpenergie

De bijbehorende (elektrische) hulpenergie van het gehele systeem exclusief opwekkers, voorraadvaten en zonneboilers wordt berekend voor het distributiedeel ( $\text{index}_{\text{ng}}^{\text{gen}}$ ), eventuele opslag in voorraadvaten ( $\text{index}_{\text{sto}}^{\text{gen}}$ ), eventuele zonne-energiesystemen ( $\text{index}_{\text{sol}}^{\text{gen}}$ ) en voor de betrokken warmteopweksystemen ( $\text{index}_{\text{gen}}^{\text{gen}}$ ).

Naast het energiegebruik door de opwekkers wordt de bijbehorende (elektrische) hulpenergie berekend van een warmtapwatersysteem. Dit hulpenergiegebruik wordt apart bepaald voor de volgende onderdelen:

- a) distributiedeel (circulatiepompen,  $\text{index}_{\text{ng}}^{\text{gen}}$ );
- b) eventuele opslag in voorraadvaten ( $\text{index}_{\text{sto}}^{\text{gen}}$ );
- c) eventuele zonne-energiesystemen ( $\text{index}_{\text{sol}}^{\text{gen}}$ );
- d) warmteopwekking ( $\text{index}_{\text{gen}}^{\text{gen}}$ ).

Het hulpenergiegebruik voor verwarmingslint, sensoren en regelapparatuur, waaronder gebouwbeheersystemen, wordt buiten beschouwing gelaten, behoudens de hieronder expliciet uitgewerkte onderdelen.

**OPMERKING** Het hulpenergiegebruik voor sensoren en regelapparatuur wordt via ecodesign beperkt.

### 13.1.1.5 Terugwinbare systeemverliezen

Van alle in dit hoofdstuk berekende systeemverliezen wordt aangegeven in welke mate deze terugwinbaar zijn.

De warmteverliezen, waarmee al rekening wordt gehouden in de gerelateerde subsystemen (zoals terugwinbare verbrandingsverliezen bij de voorverwarming van verbrandingslucht), worden hier niet beschouwd.

Thermische systeemverliezen zijn niet terugwinbaar voor ruimteverwarming als deze niet in een verwarmde ruimte plaatsvinden of als deze buiten het verwarmingsseizoen plaatsvinden.

In deze NTA worden de terugwinbare systeemverliezen voor alle services en subsystemen,  $Q_{X,ls;rl}$  ( $X=H, W, C$  enz.), opgeteld per rekenzone.

Eerst worden alle terugwinbare systeemverliezen die optreden in rekenzones die bekend zijn, bij elkaar opgeteld. Vervolgens worden alle terugwinbare systeemverliezen waarvan niet bekend is in welke rekenzone ze optreden, toegerekend naar een specifieke rekenzone naar rato van de gebruiksoppervlakte.

### 13.1.2 Rekenregels

#### 13.1.2.1 Energiegebruik per energiedrager

Bepaal per maand de benodigde energie-input voor de opwekking van warm tapwater in een gebouw als volgt:

- bepaal per energiedrager  $ci$  de som voor alle betrokken warmtapwatersystemen  $si$ ;
- bepaal per warmtapwatersysteem  $si$  de som voor alle opwekkers  $gi$ .

$$E_{W;ci,mi} = \sum_{si} \sum_{gi} E_{W;si,gi,ci,mi} \quad (13.1)$$

waarin:

$E_{W;ci,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci$  ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , in kWh;

$E_{W;si,gi,ci,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , in systeem  $si$  en van dit systeem de opwekker  $gi$  die energie van energiedrager  $ci$  betreft, bepaald volgens formule (13.3), in kWh.

**OPMERKING 1** Deze bepalingswijze is conform 6.7.3 van NEN-EN 15316-1:2017.

**OPMERKING 2** In dit hoofdstuk worden vrijwel alle berekeningen per maand uitgevoerd. In veel gevallen zullen de getalswaarden afkomstig zijn van gegevens op jaarbasis, omdat gegevens op maandbasis een schijnnaauwkeurigheid op zouden leveren. In die gevallen geldt voor elke maand dezelfde getalswaarde. De reden om de berekening desondanks op maandbasis uit te voeren is om in voorkomende gevallen ook uitkomsten te kunnen genereren voor een van 12 maanden afwijkende rekenperiode. Bijvoorbeeld ter vergelijking met meterstanden.

Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectief gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater dat wordt gebruikt in meerdere gedeelten van het gebouw als geheel, geldt:

$$f_{\text{gebouw};si;W} = \frac{A_{g;si;W}}{A_{g;\text{gebouw};W}} \quad (13.1a)$$

In alle andere gevallen geldt:

$$f_{\text{gebouw};si;W} = 1$$

waarin:

$f_{\text{gebouw};si;W}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater;

$A_{g;si;W}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens formules (13.19b) of (13.20a), in  $\text{m}^2$ ;

$A_{g;\text{gebouw};W}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, bepaald volgens 6.6.7, in  $\text{m}^2$ .

**OPMERKING 3** In een gebouw kunnen meerdere collectieve systemen  $si$  voorkomen waarvoor separaat  $A_{g;\text{gebouw};W}$  bepaald moet worden.

### 13.1.2.2 Hulpenergie

Het totale hulpenergiegebruik voor warm tapwater in een gebouw per maand wordt als volgt bepaald:

- bepaal per maand  $mi$  de som voor alle betrokken warmtapwatersystemen  $si$  (exclusief de hulpenergie ten behoeve van de warmteopwekking; index  $_{n\text{gen}}$ );
- bepaal per warmtapwatersysteem  $si$  de som voor alle betrokken voorraadvaten  $sto$ , opwekkers  $gi$  (index  $_{\text{gen}}$ ) en zonneboilers  $soli$ .

$$W_{W;\text{aux};mi} = \sum_{si} (W_{W;\text{aux};n\text{gen};si,mi} + \sum_{sto} W_{W;\text{aux};sto;si,mi} + \sum_{gi} W_{W;\text{aux};gen;si,gi,mi} + \sum_{soli} W_{W;\text{aux};soli;tot;si,mi}) \quad (13.2)$$

waarin:

$W_{W;\text{aux};mi}$  is de hoeveelheid gebruikte elektrische hulpenergie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{W;\text{aux};n\text{gen};si,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte elektrische hulpenergie van het distributiesysteem ten behoeve van warm tapwater, in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.4.4, in kWh;

- $W_{W;\text{aux;sto};si,mi}$  is het elektrische-hulpenergiegebruik voor eventueel aanwezige circulatiepompen in het oplaadcircuit van voorraadvat  $sto$  in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.6.4 in kWh;
- $W_{W;\text{aux;gen};si,gi,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte elektrische hulpenergie ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$ , systeem  $si$  en van dit systeem de opwekker  $gi$ , bepaald volgens 13.1 in kWh;
- $W_{W;\text{aux;soli;tot};si,mi}$  is de totale hoeveelheid op het eigen perceel afgenoemde elektrische hulpenergie van zonne-energiesysteem  $soli$  ten behoeve van ruimteverwarming en warm tapwater in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.7.2, in kWh.

**OPMERKING 1** Het hulpenergiegebruik van zonne-energiesystemen omvat hier zowel de bijdrage voor verwarming als warm tapwater, omdat deze bijdragen moeilijk te scheiden zijn.

**OPMERKING 2** De bepaling van het hulpenergiegebruik is conform 6.9 van NEN-EN 15316-1:2017. Hulpenergie voor distributie is gekenmerkt als ‘ngen’. Zonneboilers maken deel uit van het ‘generation subsystem’. Voor het afgifte- dan wel uittapsysteem ‘em’ is er geen hulpenergiegebruik.

Bij het hulpenergiegebruik van opwektoestellen ( $W_{W;\text{aux;gen}}$ ) en eventuele zonneboilers ( $W_{W;\text{aux;soli}}$ ) of voorraadvaten ( $W_{W;\text{aux;sto}}$ ) behoort rekening te worden gehouden met het werkelijke aantal toestellen.

**OPMERKING 3** In sommige gevallen, bijvoorbeeld bij een woongebouw, wordt een systeem met meerdere individuele opwektoestellen (met dezelfde opwekkers van hetzelfde merk, type en vermogen en dezelfde energiedragers) omwille van de eenvoud gemodelleerd als één (fictief) tapwatersysteem. In werkelijkheid bestaat dat systeem uit meerdere identieke fysieke tapwatersystemen.

### 13.1.2.3 Warmteopwekking

Bepaal het energiegebruik voor de opwekking van warm tapwater per systeem, opwekker en energiedrager per maand:

$$E_{W;si,gi,ci,mi} = \frac{Q_{W;\text{dis;nren};si,mi} \times F_{W;\text{gen};si,gi,mi}}{\eta_{W;\text{gen;prac};si,gi,mi}} \quad (13.3)$$

waarin:

- $E_{W;si,gi,ci,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , in systeem  $si$  en van dit systeem de opwekker  $gi$  die energie van energiedrager  $ci$  betreft, in kWh;
- $Q_{W;\text{dis;nren};si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , in kWh;
- $F_{W;\text{gen};si,gi,mi}$  is de dimensieloze energetische bijdrage voor warm tapwater, in maand  $mi$ , die opwekker  $gi$  levert aan het systeem  $si$ , bepaald volgens 13.8.2;
- $\eta_{W;\text{gen;prac};si,gi,mi}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement onder praktijkomstandigheden voor warm tapwater, in maand  $mi$ , van opwekker  $gi$  in het systeem  $si$ , bepaald volgens 13.8.3.

**OPMERKING** Deze bepalingswijze is conform 6.7.3 van NEN-EN 15316-1:2017.

### 13.1.2.4 Niet-duurzame en duurzame warmteopwekking

Bepaal de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ :

$$Q_{W;dis;nren;si,mi} = Q_{W;dis;si,mi} - Q_{W;ren;sol,prac;si,mi} \quad (13.4)$$

$$Q_{W;ren;sol,prac;si,mi} = MIN[ Q_{W;dis;si,mi} ; \sum_{soli} Q_{W;ren;prac;si,soli,mi} ] \quad (13.4a)$$

$$Q_{W;dis;nren;si;an} = \sum_{mi} Q_{W;dis;nren;si,mi} \quad (13.6)$$

waarin:

$Q_{W;dis;nren;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , in kWh;

$Q_{W;dis;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , in kWh;

$Q_{W;ren;sol,prac;si,mi}$  is de onder praktijkomstandigheden aangeleverde maandelijkse hoeveelheid hernieuwbare energie ten behoeve van warm tapwater door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie van de op systeem  $si$  aangesloten zonne-energiesystemen, in kWh;

$Q_{W;ren;prac;si,soli,mi}$  is de onder praktijkomstandigheden aangeleverde hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie door zonne-energiesysteem  $soli$ , ten behoeve van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.7.2, in kWh;

$Q_{W;dis;nren;si;an}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater per jaar door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , in kWh.

**OPMERKING 1** De opbrengst van een zonne-energieopweksysteem wordt altijd preferent benut.

**OPMERKING 2** De door het opweksysteem te leveren energie kan nooit kleiner dan 0 zijn. De opbrengst van de aangesloten zonneboilers is nooit groter dan de te distribueren energie.

### 13.1.2.5 Warmtedistributie en -opslag

Bepaal de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$ , die door het opweksysteem wordt aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ :

$$Q_{W;dis;si,mi} = \frac{Q_{W;em;si,mi}}{\eta_{W;dis;si,mi}} + Q_{W;sto;ls;tot;si,mi} + Q_{W;dis;conv;ls;mi} \quad (13.7)$$

$$Q_{W;sto;ls;tot;si,mi} = \sum_{stoi} Q_{W;sto;ls;si,mi} + \sum_{soli} Q_{W;bu;sto;ls;soli,mi} \times f_{gebouw;si;W} \quad (13.8)$$

waarin:

- $Q_{W;dis;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , in kWh;
- $Q_{W;em;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd aan het afgifteerdeel van systeem  $si$ , in kWh;
- $\eta_{W;dis;si,mi}$  is het dimensieloze distributierendement voor warm tapwater, in maand  $mi$ , van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.4.3;
- $Q_{W;sto;ls;tot;si,mi}$  is de totale hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij alle voorraadvaten en naverwarmerdelen van zonneboileropslagvaten ten behoeve van warm tapwater in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{W;dis;conv;ls;si,mi}$  zijn de warmteverliezen van alle toegepaste individuele afleversets voor warm tapwater in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.4.2, in kWh;
- $Q_{W;sto;ls;si,mi}$  is de hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel voorraadvat  $sto$  ten behoeve van warm tapwater van systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.6.2 in kWh;
- $Q_{W;bu;sto;ls;soli,mi}$  is de hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel naverwarmerdeel van een zonneboileropslagvat  $soli$  ten behoeve van warm tapwater van systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.7.2.2.4 of 13.7.2.3, in kWh;
- $f_{gebouw;si,W}$  is de dimensieloze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2.

### 13.1.2.6 Warmteafgifte

Bepaal de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$ , aangeleverd aan het afgifteerdeel van systeem  $si$

voor de categorie woningbouw:

$$Q_{W;em;si,mi} = \sum_{zi} \left( \frac{F_{W;zi} \times Q_{W;nd;zi,mi}}{\eta_{W;em;si,mi}} \right) - Q_{W;rcd;d;si,mi} \quad (13.9)$$

voor de categorie utiliteitsbouw:

$$Q_{W;em;si,mi} = \sum_{zi} \left( \frac{F_{W;zi,si} \times Q_{W;nd;zi,mi}}{\eta_{W;em;si,mi}} \right) - Q_{W;rcd;u;si,mi} \quad (13.9a)$$

waarin:

- $Q_{W;em;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd aan het afgifteerdeel van systeem  $si$ , in kWh;

$F_{W;si}$	is het deel van de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater in het gebouw of gebouwdeel die door het beschouwde systeem $si$ wordt geleverd, bepaald volgens 13.2.4;
$F_{W;zi,si}$	is het deel van de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater van rekenzone $zi$ die door het beschouwde systeem $si$ wordt geleverd, bepaald volgens 13.2.4;
$Q_{W;nd;zi,mi}$	is de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater, in maand $mi$ , van elke rekenzone $zi$ die (mede) door het beschouwde systeem $si$ wordt bediend, bepaald volgens 13.2.2, in kWh;
$\eta_{W;em;si,mi}$	is het dimensiooze afgifterendement voor warm tapwater, in maand $mi$ , van warmtapwatersysteem $si$ , bepaald volgens 13.3.2;
$Q_{W;rcd;d;si,mi}$	is de hoeveelheid teruggevonden thermische energie ten behoeve van warm tapwater, aangeleverd door warmteterugwinning uit de afvoer van warm tapwater, voor de categorie woningbouw, in maand $mi$ , van systeem $si$ , bepaald volgens 13.5.2 in kWh;
$Q_{W;rcd;u;si,mi}$	is de hoeveelheid teruggevonden thermische energie ten behoeve van warm tapwater, aangeleverd door warmteterugwinning uit de afvoer van warm tapwater, voor utiliteit, in maand $mi$ , van systeem $si$ , bepaald volgens 13.5.2, in kWh.

OPMERKING 1 Bedoeld is hier douchewaterwarmteterugwinning (DWTW).

OPMERKING 2 Het afgifterendement kan per zone verschillend zijn.

OPMERKING 3 In het geval van een berekening voor utiliteitsbouw of woningbouw zal  $Q_{W;rcd;d;si,mi}$  respectievelijk  $Q_{W;rcd;u;si,mi}$  nul bedragen.

### 13.1.2.7 Nettowarmtebehoefte

Bepaal voor de categorie utiliteitsbouw de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$ , van het warmtapwatersysteem  $si$ :

$$Q_{W;nd;si,mi} = \sum_{zi} (F_{W;zi,si} \times Q_{W;nd;zi,mi}) \quad (13.10)$$

waarbij:

$Q_{W;nd;si,mi}$	is de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater, in maand $mi$ , van systeem $si$ , in kWh;
$F_{W;zi,si}$	is het deel van de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater van rekenzone $zi$ die door het beschouwde systeem $si$ wordt geleverd, bepaald volgens 13.2.4;
$Q_{W;nd;zi,mi}$	is de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater, in maand $mi$ , van elke rekenzone $zi$ die (mede) door het beschouwde systeem $si$ wordt bediend, bepaald volgens 13.2.2, in kWh.

Bepaal de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater in de categorie woningbouw, voor maand  $mi$ , van het warmtapwatersysteem  $si$ , door sommatie over alle zones  $zi$  van de categorie woningbouw, volgens:

$$Q_{W;nd;d;si,mi} = F_{W,si} \times \sum_{zi} Q_{W;nd;zi,mi} \quad (13.11)$$

waarin:

- $Q_{W;nd;d;si,mi}$  is de nettowarmtebehoefte van een gebouw of gedeelte van een gebouw in de categorie woningbouw ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , in kWh;
- $F_{W,si}$  is het deel van de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater in het gebouw of gebouwdeel die door het beschouwde systeem  $si$  wordt geleverd, bepaald volgens 13.2.4;
- $Q_{W;nd;zi,mi}$  is de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , van elke rekenzone  $zi$  die (mede) door het beschouwde systeem  $si$  wordt bediend, bepaald volgens 13.2.2, in kWh.

Bepaal de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater voor de categorie utiliteitsbouw voor maand  $mi$ , van het warmtapwatersysteem  $si$ , door sommatie over de zones  $zi$  met een gebruiksfunctie utiliteit, volgens:

$$Q_{W;nd;u;si,mi} = \sum_{zi} (F_{W;zi,si} \times Q_{W;nd;zi,mi}) \quad (13.12)$$

waarin:

- $Q_{W;nd;u;si,mi}$  is de nettowarmtebehoefte voor utiliteit ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , van systeem  $si$ , in kWh;
- $F_{W;zi,si}$  is het deel van de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater van rekenzone  $zi$  die door het beschouwde systeem  $si$  wordt geleverd, bepaald volgens 13.2.4;
- $Q_{W;nd;zi,mi}$  is de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , van elke rekenzone  $zi$  die (mede) door het beschouwde systeem  $si$  wordt bediend, bepaald volgens 13.2.2, in kWh.

**OPMERKING** De afzonderlijke warmtebehoefte voor woningen en utiliteit wordt gebruikt in de bepaling van teruggewonnen thermische energie door warmteterugwinning uit de afvoer van warm tapwater.

### 13.1.2.8 Terugwinbare systeemverliezen

Bepaal per rekenzone de maandelijkse terugwinbare verliezen per warmtapwatersysteem  $si$  als volgt:

$$Q_{W;ls;rbl;si,zi,mi} = Q_{W;dis;ls;rbl;zi,mi} + \sum_{sto} (Q_{W;sto;ls;rbl;env;zi,mi} + Q_{W;sto;aux;rbl;zi,mi}) + \sum_{gi} Q_{W;gen;ls;rbl;zi,gi,mi} + \sum_{sol} Q_{W;sol;ls;rbl;tot;mi} \quad (13.13)$$

waarin:

- $Q_{W;ls;rbl;si,zi,mi}$  is het terugwinbare verlies van warmtapwatersysteem  $si$  in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{W;dis;ls;rbl;zi,mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare thermische systeemverlies van het verwante distributiesubsysteem voor warm tapwater in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens formule (13.14);

$Q_{W;sto;ls;rbl;env,zi,mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare thermische systeemverlies van het verwante opslagsubsysteem *stoi* voor warm tapwater in rekenzone *zi*, in maand *mi*, bepaald volgens 13.6.5, in kWh;

$Q_{W;sto;aux;rbl;zi,mi}$  is de voor ruimteverwarming terugwinbare energie van het hulpenergiegebruik van eventueel aanwezige circulatiepompen voor het oplaadcircuit van voorraadvat *stoi*, in rekenzone *zi*, in maand *mi*, bepaald volgens 13.6.5, in kWh;

$Q_{W;gen;ls;rbl;zi,gi,mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare thermische systeemverlies van de verwante opwekkers *gi* voor warm tapwater in rekenzone *zi*, in maand *mi*, volgens 13.8, in kWh;

$Q_{W;sol;ls;rbl;tot;mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare verlies van het verwante zonne-energiesysteem *soli* voor ruimteverwarming en/of warm tapwater, in maand *mi*, bepaald volgens 13.7.2, in kWh.

Indien de totale gebruiksoppervlakte van het gebouw ( $A_{g;gebouw}$ ) groter is dan 500 m<sup>2</sup>, dan geldt:

$$Q_{W;sto;ls;rbl;env;zi,mi} = 0, Q_{W;sto;aux;rbl;zi,mi} = 0, Q_{W;gen;ls;rbl;zi,gi} = 0, Q_{W;sol;ls;rbl;tot;soli,mi} = 0.$$

Dit geldt niet voor systemen die zijn opgebouwd uit meerdere individuele toestellen die afzonderlijk in de opwekking van het warm tapwater voorzien (zoals bij keukenboilers, doorstroomtoestellen, boosterwarmtepompen en individuele zonneboilers) voor een deel van het gebouw dat kleiner is dan 500 m<sup>2</sup>.

**OPMERKING 1** Voor systemen in gebouwen met een gebruiksoppervlakte van meer dan 500 m<sup>2</sup> wordt ervan uitgegaan dat de opwekkers en eventuele voorraadvaten in een aparte zone zijn opgenomen waardoor de optredende warmteverliezen niet terugwinbaar zijn voor de overige rekenzones.

De distributieverliezen van circulatiesystemen die toebehoren aan externe warmtelevering en die optreden vóór het overdrachtspunt (meestal de afleverset of warmwatermeter), worden niet meegenomen als terugwinbare verliezen.

**OPMERKING 2** De leidinglengte van circulatiesystemen die toebehoren aan externe warmtelevering, worden bij de berekening van het energiegebruik op gebouwniveau niet meegenomen. De verliezen worden op basis van generieke gegevens meegenomen bij de bepaling van het energieverlies binnen systemen voor externe warmte- en koudelevering. Deze aanpak is gevuld om onnodige opname van leidingen op gebouwniveau te voorkomen.

De terugwinbare verliezen van afgifte- en distributiesystemen worden niet bepaald per rekenzone maar volgens formule (13.14), verdeeld naar rato van de gebruiksoppervlakte over de rekenzones in het gebouw of gebouwdeel.

**OPMERKING 3** Met deze aanpak wordt een zeer uitgebreide invoer ten behoeve van een verliesberekening van de leidingdelen per rekenzone vermeden.

$$Q_{W;dis;ls;rbl;zi} = \sum_{si} (Q_{W;dis;rbl;mi} + Q_{W;dis;aux;rbl;mi}) \times \frac{A_{g;zi}}{A_{g;tot}} \quad (13.14)$$

waarin:

$Q_{W;dis;ls;rbl;zi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare thermische systeemverlies van het verwante distributiesubsysteem voor warm tapwater in maand *mi*, in rekenzone *zi*;

$Q_{W;dis;rbl;mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare thermische systeemverlies van de verwante distributiesystemen voor warm tapwater, in maand *mi*, bepaald volgens 13.4.5;

$Q_{W;dis;aux;rbl;mi}$  is de voor ruimteverwarming terugwinbare energie van het hulpenergiegebruik van eventueel aanwezige circulatiepompen, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.4.5, in kWh;

$A_{g;zi}$  is de gebruiksoppervlakte van rekenzone  $zi$  van het desbetreffende gebouw of gebouwdeel, bepaald volgens 6.6, in m<sup>2</sup>;

$A_{g;tot}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van het desbetreffende gebouw of gebouwdeel, bepaald volgens 6.6, in m<sup>2</sup>.

## 13.2 Nettowarmtebehoefte en tappatronen

### 13.2.1 Principe

De nettowarmtebehoefte voor warm tapwater wordt voor de categorie woningbouw bepaald op basis van een opgelegde behoefte per bewoner in kWh per jaar, waarbij het aantal bewoners afhankelijk is van de gebruiksoppervlakte. Voor de categorie utiliteitsbouw wordt de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater bepaald door een per rekenzone opgelegde behoefte in kWh per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte per jaar.

Bij toepassing van één warmtapwatersysteem voor de gehele woning of het gehele gebouw wordt de nettowarmtebehoefte voor alle rekenzones bepaald en samengenomen.

Bij meer warmtapwatersystemen moet de warmtebehoefte per warmtapwatersysteem worden vastgesteld. Afhankelijk van de gebruiksfunctie en de samenhang tussen rekenzones en warmtapwatersystemen is een van de volgende benaderingen van toepassing:

- a) Indien in een woning afzonderlijke warmtapwatersystemen worden toegepast voor de keuken en de badruimte, dan wordt de totale nettowarmtebehoefte van de gehele woning volgens een gegeven verhouding verdeeld in de nettowarmtebehoefte in keuken en badruimte.
- b) Indien in een woongebouw de verschillende woningen van een zelfstandig warmtapwatersysteem zijn voorzien, wordt de warmtebehoefte per warmtapwatersysteem bepaald door de gebruiksoppervlakte van die woning. Indien in een dergelijke woning afzonderlijke warmtapwatersystemen worden toegepast voor de keuken en de badruimte, wordt de onder a) gegeven verdeling van de warmtebehoefte toegepast. Hierbij mag ter wille van de eenvoud de gemiddelde gebruiksoppervlakte per woning worden gebruikt, bepaald volgens 6.6.5 of 6.6.6.
- c) Indien in een woongebouw de verschillende woningen zijn aangesloten op een collectief circulatiesysteem voor warm tapwater, dan wordt de warmtebehoefte, inclusief de verliezen van de uittappleidingen en voorraadvaten, van deze woningen gesommeerd en worden op basis daarvan het gemiddelde distributieverlies en het opwekkingsrendement bepaald. Het opwekkingsrendement is vervolgens op al deze woningen van toepassing.
- d) Indien in een woongebouw de verschillende woningen via een warmtewisselaar (afleverset) zijn aangesloten op een collectief warmtedistributiesysteem (externe warmtelevering of een collectief gebouwsysteem voor verwarming), dan wordt de warmtebehoefte van deze woningen, inclusief de verliezen van de uittappleidingen, eventuele voorraadvaten en afleverset, gesommeerd en worden het distributieverlies van een eventueel circulatiesysteem voor warm tapwater en het opwekkingsrendement bepaald. Het opwekkingsrendement is vervolgens op al deze woningen van toepassing.
- e) Voor utiliteitsgebouwen met meer warmtapwatersystemen in één rekenzone wordt de warmtebehoefte verdeeld op basis van de gebruiksoppervlakte die per warmtapwatersysteem wordt bediend.

- f) Voor rekenzones met meer gebruiksfuncties wordt de nettowarmtebehoefte per gebruiksfunctie bepaald door de gebruiksoppervlakte en de specifieke warmtebehoefte per gebruiksfunctie, waarna deze worden opgeteld.
- g) Indien binnen één woonfunctie meerdere tapwatersystemen worden toegepast die zijn aangesloten op verschillende badkamers, moet de warmtebehoefte over de tapwatersystemen worden verdeeld op basis van het aantal badkamers. Ook wanneer er binnen één woonfunctie meerdere tapwatersystemen worden toegepast die zijn aangesloten op verschillende keukens, moet de warmtebehoefte over de tapwatersystemen worden verdeeld op basis van het aantal keukens. Indien er afzonderlijke warmtapwatersystemen worden toegepast voor de keuken en de badruimte, wordt de onder a) genoemde gegeven verdeling van de warmtebehoefte toegepast.

Alle rekenzones in een gebouw moeten worden toegewezen aan een tapwatersysteem, ook wanneer er in werkelijkheid geen warmtapwatersysteem of tappunt in de rekenzone aanwezig is.

Naast de nettowarmtebehoefte is voor de categorie woningbouw een gedetailleerd 24 uurstappatroon vereist. Dit is o.a. nodig voor het bepalen van het leidingrendement van uittapleidingen en het rendement van de douchewaterwarmteterugwinning (DWTW). Dit tappatroon is gegeven in bijlage T.

Voor het bepalen van het energiegebruik van warmteopwekkers voor warm tapwater wordt gebruikgemaakt van de Europese capaciteitsprofielen (tappatronen) zoals vastgelegd in CDR 811/2013, 813/2013 en 814/2013. Deze profielen zijn overgenomen in NEN-EN 13203-2 voor ketels en in NEN-EN 16147 voor warmtepompen. Deze capaciteitsprofielen wijken af van het tappatroon in bijlage T doordat rekening gehouden wordt met gebruik van een vaatwasser en (gedeeltelijk) gebruik van een bad. In een beperkt aantal gevallen wordt echter nog gebruikgemaakt van de tappatronen in bijlage T.

**OPMERKING** De bepaling van de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater is overeenkomstig de methode in 6.5.3 van NEN-EN 12831-3:2017. In aanvulling hierop wordt voor woningbouw uitgegaan van een vaste minimale warmtebehoefte per persoon. Voor utiliteitsbouw behoort dit nog nader ingevuld te worden maar is ook rekening gehouden met een eventuele minimale warmtebehoefte per gebouw.

### 13.2.2 Rekenregels

#### 13.2.2.1 Categorie woningbouw

Bepaal de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater per rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , volgens:

$$Q_{W;nd;zi,mi} = Q_{W;nd;spec;p} \times N_{woon;zi} \times N_{P;woon;zi} \times \frac{t_{mi}}{t_{an}} \quad (13.15)$$

Bepaal het aantal bewoners per woonfunctie per rekenzone  $N_{P;woon;zi}$  aan de hand van de gemiddelde gebruiksoppervlakte per woonfunctie per rekenzone als volgt:

Indien:

$A_{g,zi}/N_{woon;zi} \leq 30 \text{ m}^2$ :

$$N_{P;woon;zi} = 1 \quad (13.16)$$

$30 \text{ m}^2 < A_{g,zi}/N_{woon;zi} \leq 100 \text{ m}^2$ :

$$N_{P;woon;zi} = 2,28 - \frac{1,28}{70} \times \left( 100 - \frac{A_{g,zi}}{N_{woon;zi}} \right) \quad (13.17)$$

$A_{g,zi}/N_{woon;zi} > 100 \text{ m}^2$ :

$$N_{P;woon;zi} = 1,28 + 0,01 \times \frac{A_{g,zi}}{N_{woon;zi}} \quad (13.18)$$

waarin:

$Q_{W;nd;zi,mi}$  is de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , van elke rekenzone  $zi$  die (mede) door het beschouwde systeem  $si$  wordt bediend, in kWh;

$Q_{W;nd;spec;p}$  is de specifieke nettowarmtebehoefte voor warm tapwater per bewoner per jaar, bepaald volgens 13.2.3.1, in kWh/bewoner per jaar;

$N_{woon;zi}$  is het aantal woonfuncties in rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 6.6.6;

$N_{P;woon;zi}$  is het gemiddeld aantal bewoners per woonfunctie per rekenzone;

$A_{g,zi}$  is de gebruiksoppervlakte van de beschouwde rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 6.6.3, in  $\text{m}^2$ ;

$t_{mi}$  is de lengte van maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;

$t_{an}$  is de lengte van het jaar, bepaald volgens 17.2, in h.

**OPMERKING** Formules (13.16) t/m (13.18) bepalen het aantal bewoners in een (deel van een) woning of een woongebouw op grond van landelijke gemiddelden voor het aantal bewoners per woning, rekening houdend met de distributie van woninggrootten.

### 13.2.2.2 Categorie utiliteitsbouw

Bepaal de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater van rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , als volgt:

$$Q_{W;nd;zi,mi} = Q_{W;nd;spec;usi} \times A_{g,zi} \times \frac{t_{mi}}{t_{an}} \quad (13.19)$$

waarin:

$Q_{W;nd;zi,mi}$  is de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$ , van elke rekenzone  $zi$ , in kWh;

$Q_{W;nd;spec;usi}$  is de specifieke nettowarmtebehoefte voor warm tapwater, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties  $usi$  in de beschouwde rekenzone, bepaald volgens 13.2.3.2, in  $\text{kWh}/\text{m}^2$  per jaar;

$A_{g,zi}$  is de gebruiksoppervlakte van rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 6.6, in  $\text{m}^2$ ;

$t_{mi}$  is de lengte van maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;

$t_{an}$  is de lengte van het jaar, bepaald volgens 17.2, in h.

### 13.2.3 Rekenwaarden

#### 13.2.3.1 Categorie woningbouw

De specifieke warmtebehoefte voor warm tapwater,  $Q_{W;nd;spec;p}$ , bedraagt voor woonfuncties: 856 kWh per jaar per persoon.

OPMERKING 1 Het specifieke gebruik van warm tapwater in liters water van 60 °C voor warm tapwater bedraagt 40,29 l per dag per persoon.

OPMERKING 2 De waarden in bijlage B van NEN-EN 12831-3:2017 zijn in Nederland niet van toepassing.

De rekenwaarden voor de verdeling van de warmtebehoefte tussen keuken en badruimte zijn:

a) keuken:  $C_{W;nd;k} = 0,2$  (vaste waarde);

b) badruimte  $C_{W;nd;b} = 0,8$  (vaste waarde).

waarin:

$C_{W;nd;k}$  is het relatieve aandeel van de keuken in de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater per woning;

$C_{W;nd;b}$  is het relatieve aandeel van de badruimte in de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater per woning.

### 13.2.3.2 Categorie utiliteitsbouw

De rekenwaarde van  $Q_{W;nd;spec}$  per eenheid van gebruiksoppervlakte voor utiliteitsgebouwen wordt gegeven in tabel 13.1.

**Tabel 13.1 — De jaarlijkse specifieke nettowarmtebehoefte voor warm tapwater,  $Q_{W;nd;spec}$ , (vaste waarden) per gebruiksfunctie**

Gebruiksfunctie	$Q_{W;nd;spec}$ kWh/m <sup>2</sup> per jaar	$V_{W;nd;spec;day}$ l/m <sup>2</sup> per dag
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	2,8	0,131
Bijeenkomstfunctie overig	2,8	0,131
Celfunctie	4,2	0,196
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied	15,3	0,719
Gezondheidszorgfunctie anders dan met bedgebied	2,8	0,131
Kantoorfunctie	1,4	0,065
Logiesfunctie	12,5	0,588
Onderwijsfunctie	1,4	0,065
Sportfunctie	12,5	0,588
Winkelfunctie	1,4	0,065

OPMERKING Het specifieke gebruik van warm tapwater  $V_{W;nd;spec;day}$  in liters water van 60 °C per m<sup>2</sup> per dag is eveneens gegeven in tabel 13.1.

### 13.2.4 Fractie per rekenzone en systeem

#### 13.2.4.1 Categorie woningbouw

Indien in de categorie woningbouw één warmtapwatersysteem wordt aangehouden dat is aangesloten op alle badruimten en keukens, dan geldt voor het deel van de nettowarmtebehoefte die door dat systeem wordt geleverd:  $F_{W,si} = 1$ . Voor de overige warmtapwatersystemen geldt:  $F_{W,si} = 0$ .

Indien er sprake is van meerdere warmtapwatersystemen  $si$  die het warm tapwater aan een of meerdere keukens en badruimten leveren, dan wordt het deel van de nettowarmtebehoefte die per systeem wordt geleverd, als volgt bepaald:

$$F_{W,si} = \frac{n_{b,si} \times C_{W,nd;b}}{\sum_{si} n_{b,si}} + \frac{n_{k,si} \times C_{W,nd;k}}{\sum_{si} n_{k,si}} \quad (13.19a)$$

Voor de verdeling van de warmteverliezen over verschillende rekenzones gelden bovendien de volgende bepalingen voor de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel,  $A_{g;si;W}$ , dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem en voor de gebruiksoppervlakte van de rekenzone,  $A_{g;zi,si}$ , die door het systeem wordt bediend:

$$A_{g;si;W} = A_{g;tot} \quad (13.19b)$$

$$A_{g;zi,si} = A_{g;zi} \quad (13.19c)$$

waarin:

- $F_{W,si}$  is het deel van de nettowarmtebehoefte ten behoeve van warm tapwater in het gebouw of gebouwdeel die door het beschouwde systeem  $si$  wordt geleverd;
- $n_{b,si}$  is het aantal badruimten in het gebouw of gebouwdeel dat is aangesloten op het warmtapwatersysteem  $si$ ;
- $C_{W,nd;b}$  is het relatieve aandeel van de badruimte in de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater per woning, volgens 13.2.3.1;
- $n_{k,si}$  is het aantal keukens in het gebouw of gebouwdeel dat is aangesloten op het warmtapwatersysteem  $si$ ;
- $C_{W,nd;k}$  is het relatieve aandeel van de keuken in de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater per woning, volgens 13.2.3.1;
- $A_{g;si;W}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, in  $m^2$ ;
- $A_{g;tot}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van het desbetreffende gebouw of gebouwdeel, bepaald volgens 6.6, in  $m^2$ ;
- $A_{g;zi}$  is de gebruiksoppervlakte in zone  $zi$  die door systeem  $si$  wordt bediend, in  $m^2$ ;
- $A_{g;zi}$  is de gebruiksoppervlakte van de beschouwde rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 6.6.3, in  $m^2$ .

Voor de overige warmtapwatersystemen geldt  $F_{W,si} = 0$ .

### 13.2.4.2 Categorie utiliteitsbouw

Indien in de categorie utiliteitsbouw één warmtapwatersysteem  $si$  in rekenzone  $zi$  wordt aangehouden, bedraagt de waarde hiervoor  $F_{W;zi,si} = 1$ . Voor de overige warmtapwatersystemen geldt  $F_{W;zi,si} = 0$ .

Indien meer warmtapwatersystemen  $si$  in rekenzone  $zi$  worden aangehouden, bedraagt de waarde hiervoor:

$$F_{W;zi,si} = A_{g;zi,si}/A_{g;zi} \quad (13.20)$$

$$A_{g;si;W} = \sum_{zi} A_{g;zi,si} \quad (13.20a)$$

waarin:

- $A_{g;zi,si}$  is de gebruiksoppervlakte in zone  $zi$  die door systeem  $si$  wordt bediend, in  $\text{m}^2$ ;
- $A_{g;zi}$  is de gebruiksoppervlakte van de beschouwde rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 6.6.3, in  $\text{m}^2$ ;
- $A_{g;si;W}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, in  $\text{m}^2$ .

Voor de overige warmtapwatersystemen geldt  $F_{W;zi,si} = 0$ .

OPMERKING Bovenstaande aanpak is in lijn met de vereenvoudigde aanpak in 6.4.1.2 van NEN-EN 15316 1:2017.

## 13.3 Afgifteverliezen

### 13.3.1 Principe

Het afgifteverlies van een warmtapwatersysteem wordt bepaald door de volgende verliezen:

- a) de warmteverliezen aan het tappunt, zolang de watertemperatuur onder de nuttige taptemperatuur is;
- b) de warmteverliezen t.g.v. opwarming en afkoeling van alle uittapleidingen.

Deze verliezen worden uitgedrukt in een afgifterendement. De verliezen worden, voor zover terugwinbaar, meegenomen in de warmte-koudebalans per rekenzone.

Voor de categorieën woningbouw en utiliteitsbouw worden verschillende methoden gevuld. Daarom worden deze hieronder afzonderlijk gegeven.

Bij de bepaling van het afgifterendement voor de categorie woningbouw worden uitsluitend de aansluitpunten voor douche of bad in badruimten en boven aanrechten beschouwd. Eventuele overige warmwatertappunten worden in de berekening buiten beschouwing gelaten.

Bij de bepaling van het afgifterendement voor utiliteit worden alle aansluitpunten van een warmtapwatersysteem als gelijkwaardig beschouwd.

**OPMERKING** Zoals uit de omschrijving blijkt, omvat het afgifterendement niet uitsluitend de verliezen aan tappunten, maar tevens de verliezen van alle uittapleidingen. Deze worden dus buiten de berekening van de verliezen van het distributiesysteem gehouden.

### 13.3.2 Rekenregels

#### 13.3.2.1 Algemeen

Deze paragraaf geeft de rekenregels voor het afgifterendement van een warmtapwatersysteem,  $\eta_{W;em;si,mi}$ , voor een gegeven maand  $mi$ , van een gegeven systeem  $si$ . De indexen voor maand  $mi$  en voor systeem  $si$  worden omwille van de leesbaarheid weggelaten.

De gegeven getalswaarden voor  $\eta_{W;em}$  gelden feitelijk voor een jaarrendement; bij de berekening per maand wordt daarom voor elke maand dezelfde getalswaarde berekend.

**OPMERKING** Een berekening met maandafhankelijke getalswaarden zou tot een schijnnaauwkeurigheid leiden omdat veel daartoe relevante gegevens niet op voldoende detailniveau beschikbaar zijn.

#### 13.3.2.2 Woningbouw

Indien in de categorie woningbouw afzonderlijke warmtapwatersystemen worden toegepast voor de keuken en de badruimte, gelden de volgende rekenregels voor het afgifterendement.

Indien alleen de badruimte door warmtapwatersysteem  $si$  van warm tapwater wordt voorzien, geldt:

$$\eta_{W;em} = \eta_{W;em;b} \quad (13.21)$$

Indien alleen de keuken door warmtapwatersysteem  $si$  van warm tapwater wordt voorzien, geldt:

$$\eta_{W;em} = \eta_{W;em;k} \quad (13.22)$$

In een gebouw of gedeelte van een gebouw behorende tot de categorie woningbouw met één warmtapwatersysteem voor zowel de keuken(s) als de badruimte(n) geldt de volgende rekenregel voor het afgifterendement:

$$\eta_{W;em} = \frac{1}{\left( \frac{C_{W;nd;b}}{\eta_{W;em;b}} + \frac{C_{W;nd;k}}{\eta_{W;em;k}} \right)} \quad (13.23)$$

waarin:

- $\eta_{W;em}$  is het dimensiooze afgifterendement t.g.v. de warmteverliezen aan het tappunt, zolang de watertemperatuur onder de nuttige taptemperatuur is, en de warmteverliezen t.g.v. opwarming en afkoeling van en in de uittapleidingen;
- $C_{W;nd;b}$  is het dimensiooze relatieve aandeel van de badruimte(n) in de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater in de categorie woningbouw, bepaald volgens 13.2.3.1;
- $\eta_{W;em;b}$  is het dimensiooze afgifterendement van de badruimte t.g.v. de warmteverliezen aan het tappunt, zolang de watertemperatuur onder de nuttige taptemperatuur is, en de warmteverliezen t.g.v. de uittapleidingen, bepaald volgens 13.3.3.1;
- $C_{W;nd;k}$  is het dimensiooze relatieve aandeel van de keuken(s) in de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater in de categorie woningbouw, bepaald volgens 13.2.3.1;

$\eta_{W;em;k}$  is het dimensioleze afgifterendement van de keuken t.g.v. de warmteverliezen aan het tappunt, zolang de watertemperatuur onder de nuttige taptemperatuur is, en de warmteverliezen t.g.v. opwarming en afkoeling van en in de uittapleidingen, bepaald volgens 13.3.3.1.

### 13.3.2.3 Utiliteitsbouw

Bij de bepaling van het afgifterendement voor utiliteitsgebouwen worden alle aansluitpunten in een rekenzone en/of warmtapwatersysteem als gelijkwaardig beschouwd.

OPMERKING In tegenstelling tot de methode voor de categorie woningbouw.

De rekenwaarden voor het afgifterendement in utiliteitsgebouwen worden gegeven in 13.3.3.2.

## 13.3 Rekenwaarden

### 13.3.3.1 Rekenwaarden afgifterendement woningbouw

Voor de bepaling van de bijdrage aan het afgifterendement door de leiding naar badruimte en aanrecht voor warmtapwatersysteem *si* moeten de bijdragen  $\eta_{W;em;b}$  en  $\eta_{W;em;k}$  worden bepaald volgens tabel 13.2.

**Tabel 13.2 — Bijdrage aan het afgifterendement van warmtapwatersysteem *i* door leidingverliezen naar de tappunten,  $\eta_{W;em;k}$  en  $\eta_{W;em;b}$**

Lengte uittapleiding $l_k$ m	Van 0 tot 2	Van 2 tot 4	Van 4 tot 6	Van 6 tot 8	Van 8 tot 10	Van 10 tot 12	Van 12 tot 14	14 of meer
$\eta_{W;em;k}$ Voor een leiding waarbij over ten minste twee derde van de lengte de inwendige diameter $d_{in}$ niet groter is dan 8 mm <sup>a</sup>	1,00	0,86	0,75	0,67	0,60	0,55	0,50	0,46
$\eta_{W;em;k}$ Voor een leiding waarbij over ten minste twee derde van de lengte de inwendige diameter $d_{in}$ niet groter is dan 10 mm <sup>b</sup>	1,00	0,79	0,65	0,55	0,48	0,43	0,38	0,35
$\eta_{W;em;k}$ Overig <sup>c</sup> , of indien inwendige diameter onbekend	1,00	0,69	0,53	0,43	0,36	0,31	0,27	0,24
Lengte uittapleiding $l_b$ m	Van 0 tot 2	Van 2 tot 4	Van 4 tot 6	Van 6 tot 8	Van 8 tot 10	Van 10 tot 12	Van 12 tot 14	14 of meer
$\eta_{W;em;b}$	1,00	0,95	0,90	0,86	0,82	0,78	0,75	0,72

waarin:

- $d_{in}$  is de inwendige diameter van de leiding, in mm;
- $l_k$  is de afstand tussen het aansluitpunt bij de opstelplaats van warmwatertoestel, voorraadvat, warmtewisselaar of circulatieleiding en het aansluitpunt boven het aanrecht, in m; bij meer dan één aanrecht aangesloten op installatie *i* geldt het gemiddelde van de afstanden voor elk aanrecht;
- $l_b$  is de afstand tussen het aansluitpunt bij de opstelplaats van warmwatertoestel, voorraadvat, warmtewisselaar of circulatieleiding en het aansluitpunt voor douche of bad in de badruimte, in m; bij meer dan één badruimte aangesloten op installatie *i* geldt het gemiddelde van de afstanden voor elke badruimte;
- $\eta_{W;em;k}$  is het afgifterendement van de keuken t.g.v. de warmteverliezen aan het tappunt, zolang de watertemperatuur onder de nuttige taptemperatuur is, en de warmteverliezen van de uittapleidingen;
- $\eta_{W;em;b}$  is het afgifterendement van de badruimte t.g.v. de warmteverliezen aan het tappunt, zolang de watertemperatuur onder de nuttige taptemperatuur is, en de warmteverliezen van de uittapleidingen;
- $i$  is het ranggetal van het desbetreffende warmtapwatersysteem.

<sup>a</sup> Bijvoorbeeld koperen leiding met inwendige/uitwendige diameter van 8 mm/10 mm.

<sup>b</sup> Bijvoorbeeld koperen leiding met inwendige/uitwendige diameter van 10 mm/12 mm.

<sup>c</sup> Bijvoorbeeld koperen leiding met inwendige/uitwendige diameter van 13 mm/15 mm.

Voor de bepaling van de afstand moet worden uitgegaan van de kortste afstand horizontaal gemeten, vermeerderd met de kortste afstand verticaal gemeten, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met eventuele wanden of vloeren.

Met de gehanteerde definitie van de kortste afstand wordt beoogd voldoende recht te doen aan de werkelijke situatie, maar tegelijkertijd de hoeveelheid rekenwerk te beperken. Zo mag de horizontale afstand diagonaal door ruimten worden gemeten.

De waarde ‘twee derde van de lengte’ betekent dat een gezamenlijke toevoerleiding naar badruimte en aanrecht, dus met grotere diameter, is toegelaten indien deze niet meer dan een derde van de lengte beslaat.

Bij een woning met meerdere tappunten in de (verschillende) keuken(s) of meerdere aansluitpunten voor douche of bad in de (verschillende) badruimte(n) moet voor het afgifterendement uitgegaan worden van de gemiddelde waarde voor de verschillende uittapleidingen mits deze zijn aangesloten op hetzelfde tapwatersysteem.

### 13.3.3.2 Rekenwaarden afgifterendement utiliteitsbouw

Bepaal per warmtapwatersysteem de gemiddelde lengte van de uittapleidingen van dat systeem. De lengte van een uittapleiding is de afstand tussen een tappunt en het opwekkingstoestel, de afleverset of het circulatiesysteem.

Bepaal het afgifterendement per warmtapwatersysteem op basis van de gemiddelde lengte van de uittapleidingen van dat systeem.

De rekenwaarden voor het afgifterendement zijn in tabel 13.3 gegeven.

**Tabel 13.3 — Rekenwaarden afgifterendement voor utiliteitsbouw**

Specificatie lengte uittapleidingen	$\eta_{W;em}$
Indien de gemiddelde lengte van de uittapleidingen van het warmtapwatersysteem maximaal 3 m bedraagt	1,0
Indien de gemiddelde lengte van de uittapleidingen van het warmtapwatersysteem meer dan 3 m bedraagt	0,8

## 13.4 Distributieverliezen

### 13.4.1 Principe

De distributieverliezen van een warmtapwatersysteem worden bepaald door de warmteverliezen (conversieverliezen) van eventuele afleversets en door de warmteverliezen van een eventuele circulatieleiding.

De warmteverliezen van een eventuele circulatieleiding worden uitgedrukt in het distributierendement  $\eta_{W;dis}$ . Het distributierendement geeft de verhouding tussen de door het distributiesysteem aan het afgifteeldeel of aan de opwekzijde van eventuele individuele afleversets geleverde warmte en de door de opwekkingsinstallatie(s) aan het distributiesysteem geleverde warmte.

Het conversieverlies van eventuele afleversets wordt apart bepaald zodat rekening wordt gehouden met de warmteverliezen en -winsten op gebouwniveau van een eventueel zonne-energiesysteem, douchewaterwarmteterugwinning en/of eventuele voorraadvaten.

Voor het bepalen van het warmteverlies van een (individuele) afleverset voor warmtapwaterbereiding geven NEN-EN 15316-3 en NEN-EN 15316-4-5 geen methode of getalswaarden. De in 13.4.2 gegeven aanpak moet worden gevolgd.

Het distributierendement van een warmtapwatersysteem wordt bepaald per warmtapwatersysteem en wordt, voor zover van toepassing, bepaald door de volgende verliezen:

- a) de warmteverliezen van circulatieleidingen voor warm tapwater binnen het gebouw;
- b) de warmteverliezen van circulatieleidingen voor warm tapwater buiten het gebouw, maar op het perceel; de delen van het distributiesysteem die op of buiten het perceel deel uitmaken van een collectief circulatiesysteem voor warm tapwater (externe warmtelevering of een separaat warmtapwaternet), worden hierbij buiten beschouwing gelaten; deze verliezen zijn om praktische redenen reeds verwerkt in het opwekkingsrendement voor externe warmtelevering;
- c) de warmteverliezen van het distributiesysteem voor verwarming binnen het gebouw, indien dat tevens wordt gebruikt voor de warmtelevering voor warmtapwaterbereiding met een individuele afleverset; deze verliezen worden verdisconteerd in 9.4.2;
- d) de warmteverliezen van het distributiesysteem voor verwarming buiten het gebouw, maar op het perceel, indien dat tevens wordt gebruikt voor de warmtelevering voor warmtapwaterbereiding met een afleverset; de delen van het distributiesysteem die deel uitmaken van een collectief warmtenet (externe warmtelevering), worden hierbij buiten beschouwing gelaten; deze verliezen zijn om praktische redenen reeds verwerkt in het opwekkingsrendement voor externe warmtelevering.

De warmteverliezen van een collectief circulatiesysteem voor warm tapwater (separaat warmtapwaternet) of een collectief warmtenet (externe warmtelevering) vormen geen onderdeel van het distributierendement. De grens tussen een collectief circulatiesysteem voor warm tapwater (separaat warmtapwaternet) of een collectief warmtenet (externe warmtelevering) en het distributiesysteem in het gebouw is gelegen bij de plaats van het telwerk/de afleverset. In woongebouwen ligt deze grens meestal bij de woningen maar kan incidenteel bij (de centrale opwekinstallatie voor) het gebouw/perceel liggen. Bij grondgebonden woningen en utiliteitsbouw ligt deze grens meestal bij het gebouw/perceel. Bij het bepalen van de energieprestatie moet worden vastgelegd waar deze grens ligt.

**OPMERKING 1** De warmteverliezen van een collectief circulatiesysteem voor warm tapwater of een collectief warmtenet worden niet bepaald in deze NTA. Dit geldt eveneens indien de distributieleidingen zich deels op het perceel maar buiten het gebouw bevinden, zoals bij woningen waar de leidingen onder de woningen in de kruipruimte liggen. Deze verliezen zijn opgenomen in de vaste waarde van het opwekkingsrendement voor externe warmtelevering volgens 13.8.4.9.

De warmteverliezen van de uittapleidingen vormen geen onderdeel van het distributierendement.

**OPMERKING 2** In NEN-EN 15316-3 worden de warmteverliezen bepaald van distributieleidingen en uittapleidingen. De verliezen uit uittapleidingen worden in NTA 8800 bepaald aan de hand van een afgifterendement zoals aangegeven in 13.3.

**OPMERKING 3** De warmteverliezen van eventuele individuele afleversets worden niet meegenomen in het distributierendement maar separaat als conversieverlies in rekening gebracht.

Indien meer dan één warmtapwatersysteem wordt toegepast, wordt het distributierendement per warmtapwatersysteem vastgesteld op basis van de bijbehorende nettowarmtebehoefte.

### 13.4.2 Conversieverlies

#### 13.4.2.1 Principe

Bij de overdracht van warmte uit een warmtedistributiesysteem naar warm tapwater met een afleverset treden warmteverliezen op.

Indien de aanvoertemperatuur van het verwarmingssysteem bij de afleverset lager is dan 60 °C, dan kan er met alleen een afleverset geen warm tapwater gemaakt worden.

**OPMERKING** Dit betekent dat de ontwerptemperatuurklasse van het verwarmingssysteem volgens tabel 9.14 70 °C/60 °C of hoger bedraagt.

#### 13.4.2.2 Rekenregels

Indien geen warmtedistributiesysteem met individuele afleversets wordt toegepast, geldt  $Q_{W;dis;conv;ls;si,mi} = 0$ .

**OPMERKING** De verliezen van een centrale afleverset of TSA die wordt ingezet voor de warmteoverdracht op gebouwniveau naar een circulatieleiding van warm tapwater of cv-water ten behoeve van de functie warm tapwater, worden buiten beschouwing gelaten.

Indien de afleverset direct (zonder warmtapwatercirculatieleiding) is aangesloten op het uittapsysteem voor meerdere woonfuncties, dan behoort deze beschouwd te worden als een individuele afleverset.

Bepaal voor de categorie woningbouw het conversieverlies per warmtapwatersysteem als volgt:

$$Q_{W;dis;conv;ls;si,mi} = \sum_{\text{conv}} P_{\text{conv};\text{stb}} \times \frac{t_{mi}}{1000} \quad (13.24)$$

Bepaal voor de categorie utiliteitsbouw het conversieverlies per warmtapwatersysteem als volgt:

$$Q_{W;dis;conv;ls;si,mi} = (1 - \eta_{W;dis;conv}) \times \left( \frac{Q_{W;em;si,mi}}{\eta_{W;dis;si,mi}} + Q_{W;sto;ls;tot;si,mi} \right) \quad (13.24a)$$

waarin:

$Q_{W;dis;conv;ls;si,mi}$  zijn de warmteverliezen van alle toegepaste afleversets voor warm tapwater in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , in kWh;

$P_{\text{conv};\text{stb}}$  is het stand-byverlies van een individuele afleverset voor warm tapwater, met als vaste waarde  $P_{\text{conv};\text{stb}} = 30 \text{ W}$ ;

$\eta_{W;dis;conv}$  is het dimensieloze conversierendement t.g.v. het warmteverlies van eventueel aanwezige (individuele) afleversets die zijn aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming of op externe warmtelevering, met als vaste waarde  $\eta_{W;dis;conv} = 0,75$ ;

$Q_{W;em;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd aan het afgifteeldeel van systeem  $si$ , bepaald volgens formule (13.9), in kWh;

$\eta_{W;dis;si,mi}$  is het dimensieloze distributierendement voor warm tapwater, in maand  $mi$ , van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.4.3;

$Q_{W;sto;ls;tot;si,mi}$  is de totale hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij alle voorraadvaten en naverwarmerdelen van zonneboileropslagvaten ten behoeve van warm tapwater in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens formule (13.8), in kWh.

### 13.4.3 Distributierendement

#### 13.4.3.1 Principe

Het distributierendement  $\eta_{W;dis}$  wordt bepaald door de verliezen van het distributiesysteem ten behoeve van warm tapwater in het gebouw en/of op het eigen perceel. Dit distributiesysteem kan twee vormen hebben.

a) Een circulatiesysteem met warm tapwater.

In dit systeem circuleert warm tapwater gedurende het gehele jaar. Circulatiesystemen voor warm tapwater zijn in bedrijf als de circulatiepomp is ingeschakeld. Normaliter zijn deze systemen permanent in bedrijf. Hiervan wordt voor dit type systeem uitgegaan.

b) Een circulatiesysteem met cv-water ten behoeve van collectieve gebouwverwarming of externe warmtelevering.

In dit systeem circuleert cv-water gedurende het gehele jaar. De verliezen tijdens het verwarmingsseizoen zijn reeds opgenomen in het distributierendement van de verwarming. De verliezen buiten het verwarmingsseizoen worden toegerekend aan de warmtapwaterlevering.

De verliezen binnen het gebouw en buiten het gebouw op het eigen perceel worden in de rekenregels en rekenwaarden om praktische redenen samengenomen.

Eventueel terugwinbare energie van het hulpenergiegebruik van pompen wordt in mindering gebracht op de distributieverliezen.

#### 13.4.3.2 Rekenregels

##### Distributierendement

Indien geen circulatiesysteem wordt toegepast, geldt  $\eta_{W;dis} = 1,0$ .

Indien het circulatiesysteem deel uitmaakt van een collectief circulatiesysteem (separaat warmtapwaternet of externe warmtelevering) en de grens tussen het collectief circulatiesysteem en het distributiesysteem in het gebouw is gelegen bij de woningen (meestal bij de afleverset), dan heeft het interne distributierendement,  $\eta_{W;dis}$ , de waarde 1,0. Anders wordt de waarde bepaald volgens de onderstaande formules.

**OPMERKING 1** Alleen bij één afleverset per woning heeft het distributierendement,  $\eta_{W;dis}$ , de waarde 1,0. Ook bij woongebouwen met één afleverset per woning is dit het geval.

Wanneer er echter sprake is van een centrale afleverset per gebouw of deel van het gebouw met meerdere woningen, dan behoort het distributierendement tussen de centrale afleverset en de woningen bepaald te worden indien er sprake is van een circulatiesysteem na de afleverset. Indien de uittapleidingen direct zijn aangesloten op de afleverset, dan is er geen sprake van een circulatiesysteem na de afleverset.

Bepaal het distributierendement,  $\eta_{W;dis}$ , per warmtapwatersysteem  $si$  per maand  $mi$  volgens:

$$\eta_{W;dis;si,mi} = \frac{Q_{W;em;si,mi}}{Q_{W;em;si,mi} + Q_{W;dis;ls;si,mi} - Q_{W;dis;aux;rvd;si,mi}} \quad (13.25)$$

waarin:

- $\eta_{W;dis;si,mi}$  is het dimensioleuze distributierendement in maand  $mi$ , van een warmtapwatersysteem t.g.v. de warmteverliezen van eventueel aanwezige circulatieleidingen voor warm tapwater in het gebouw en/of op het eigen perceel of t.g.v. de warmteverliezen buiten het verwarmingsseizoen van een eventueel in het gebouw aanwezige distributiesysteem voor verwarming, indien dat tevens wordt gebruikt voor de warmtelevering voor warmtapwaterbereiding met een individuele afleverset;
- $Q_{W;em;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd aan het afgiftedeel van systeem  $si$ , bepaald volgens formule (13.9), in kWh;
- $Q_{W;dis;ls;si,mi}$  zijn de warmteverliezen van het circulatiesysteem voor warm tapwater in het gebouw en/of buiten het gebouw binnen de perceelgrens of de warmteverliezen buiten het verwarmingsseizoen van het in het gebouw aanwezige distributiesysteem voor verwarming, in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens formule (13.26), in kWh;
- $Q_{W;dis;aux;rvd;si,mi}$  is de voor warm tapwater teruggewonnen energie van het hulpenergiegebruik van eventueel aanwezige circulatiepompen in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.4.5, in kWh.

**OPMERKING 2** De teruggewonnen energie van het hulpenergiegebruik van een eventuele circulatiepomp van een oplaadcircuit van een voorraadvat (volgens 13.4.5) zou net als de teruggewonnen energie van het hulpenergiegebruik van eventueel aanwezige circulatiepompen meegenomen moeten worden. De teruggewonnen energie van het hulpenergiegebruik van een circulatiepomp van een oplaadcircuit is echter standaard op nul gesteld.

De berekening van het warmteverlies van een distributiesysteem is gebaseerd op de gemiddelde wateraanvoertemperatuur, de omgevingstemperatuur in een ruimte, de warmtedoorgangscoëfficiënt van de leidingen, de lengte van de leidingen en de bedrijfstijd.

Het warmteverlies van een distributiesysteem  $Q_{W;dis;ls;si,mi}$  met een circulatiecircuit in een rekenzone wordt berekend door:

$$Q_{W;dis;ls;si,mi} = f_{gebouw;si;W} \times \frac{t_{W;circ;mi}}{1000} \times \sum_{zi} \sum_j \Psi_j \times (\vartheta_{W;mean} - \vartheta_{W;amb;zi,mi}) \times (L + L_{equi})_j \quad [\text{kWh}] \quad (13.26)$$

waarin:

- $Q_{W;dis;ls;si,mi}$  zijn de warmteverliezen van het circulatiesysteem voor warm tapwater in het gebouw en/of buiten het gebouw binnen de perceelgrens of de warmteverliezen buiten het verwarmingsseizoen van het in het gebouw aanwezige distributiesysteem voor verwarming, in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , in kWh;

$f_{gebouw;si;W}$  is de dimensiooze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;

$\psi$  is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van een leidingdeel, in systeem  $si$ , volgens formule (13.27), (13.28), (13.29) of bepaald volgens 13.4.3.3, in  $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ;

$j$  is het subscript voor leidingdeel;

$\vartheta_{W;\text{amb};zi,mi}$  is de omgevingstemperatuur in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $^{\circ}\text{C}$ ; zoals onderstaand bepaald voor verwarmde en onverwarmde zones;

$L$  is de leidinglengte van leidingdeel  $j$  van het circulatiesysteem  $si$ , bepaald volgens 13.4.3.3 en verdeeld over de rekenzones  $zi$  naar rato van de gebruiksoppervlakte van de rekenzones in systeem  $si$ , in m.

Wanneer niet bekend is welke leidingdelen zich in onverwarmde ruimten bevinden, moet hiervoor forfaitair 15 % van de totale leidinglengte  $L_{si}$  aangehouden worden. De totale leidinglengte  $L_{si}$  in verwarmde zones kan dan verminderd worden met 15 %. Wanneer meerdere onverwarmde ruimten zijn gedefinieerd (ingevoerd), moet de forfaitaire leidinglengte door de verschillende onverwarmde ruimten in gelijke delen verdeeld worden over de verschillende onverwarmde ruimten. Leidingen die lopen door een AOR, AOS, kruipruimte, buitenlucht of water, moeten alle beschouwd worden als leidingen die lopen door een onverwarmde ruimte;

$L_{\text{equi}}$  is de equivalente lengte van de leiding in de rekenzone voor kleppen, beugels, enz. volgens formule (13.26a), in m;

$t_{W;\text{circ};mi}$  is de tijd dat het circulatiesysteem in bedrijf is voor de distributie van warmte ten behoeve van alleen warm water, in maand  $mi$ , in h.  
Indien er sprake is van een circulatiesysteem voor warm tapwater, dan geldt  $t_{W;\text{circ};mi} = t_{mi}$ ;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h.

**OPMERKING 3** Het warmteverlies van een distributiesysteem kan bepaald worden aan de hand van alle specifieke leidingdelen  $j$  of aan de hand van de forfaitaire leidinglengte per rekenzone.

Voor de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de leidingdelen in die rekenzones mag uitgegaan worden van de meest voorkomende leidingdiameter en isolatiedikte.

**OPMERKING 4** Bij circulatieleidingen voor warm tapwater is er over het algemeen sprake van dezelfde leidingdiameter over de totale lengte van de doorgaande circulatieleiding. In de meeste gevallen is ook de isolatiedikte gelijk en komen er alleen verschillen voor tussen verwarmde en niet-verwarmde zones.

De gemiddelde watertemperatuur in het distributiesysteem  $\vartheta_{W;\text{mean}}$  voor warm tapwater is:

— bij een circulatiesysteem voor warm tapwater:  $62,5\ ^{\circ}\text{C}$ ;

**OPMERKING 5** De gemiddelde temperatuur van het circulatiesysteem ligt bij een verschil van  $5\ ^{\circ}\text{C}$  tussen de aanvoer- en retourtemperatuur van het circulatiesysteem  $2,5\ ^{\circ}\text{C}$  boven de retourtemperatuur.

Voor verwarmde zones geldt voor de omgevingstemperatuur:  $\vartheta_{W;\text{amb};j} = \vartheta_{\text{int;set};H;zi,mi}$  bepaald in 7.9.4. Voor onverwarmde zones is de omgevingstemperatuur afhankelijk van de benaderingswijze van de onverwarmde ruimte(n). Indien de (omgevings)temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimten  $\vartheta_{\text{zu};k;zi;H;mi}$  (bepaald volgens formule (7.82)) bekend is (er is een aangrenzende onverwarmde ruimte ingevoerd), dan geldt:  $\vartheta_{W;\text{amb};j} = \vartheta_{\text{zu};k;zi;H;mi}$  volgens 7.9.7. Indien de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimten niet bekend is (er is niet één aangrenzende onverwarmde ruimte ingevoerd), dan geldt voor de bepaling van het leidingverlies in de aangrenzende onverwarmde ruimten voor de functie verwarming een temperatuur  $\vartheta_{\text{zu};k;zi;H;mi}$  van 13 °C.

De equivalente lengte ( $L_{\text{equi}}$ ) van de leiding in de rekenzone voor kleppen, beugels, enz. wordt als volgt bepaald:

$$L_{\text{equi};j} = \frac{c_{ls;kb}}{\psi_j} \times L \quad (13.26a)$$

waarin:

- $c_{ls;kb}$  is de voor het warmteverlies van de leiding gecorrigeerde verliesfactor voor het verlies van kleppen, beugels enz. per leidingdeel in systeem  $si$ , in  $\text{m}\cdot\text{K}/\text{W}$ .  
Voor geïsoleerde kleppen, beugels, enz. is  $c_{ls;kb}$  gelijk aan 0,03  $\text{m}\cdot\text{K}/\text{W}$  en voor niet-geïsoleerde kleppen, beugels, enz. of wanneer niet bekend is of de kleppen, beugels, enz. geïsoleerd zijn, is  $c_{ls;kb}$  gelijk aan 0,15  $\text{m}\cdot\text{K}/\text{W}$ ; in het geval van niet geïsoleerde leidingen kan er uitgegaan worden van niet geïsoleerde kleppen, beugels, enz.

**OPMERKING 6** De waarden 0,15 en 0,03 zijn bepaald op basis van NEN-EN 15316-3:2017 en de forfaitaire waarde van de lineaire thermische transmissie  $\psi_j$  voor de leiding. Hierdoor is het verlies via de kleppen, beugels, enz. door middel van  $L_{\text{equi}}$  een vaste toeslag op de leidingslengte.

### Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van leidingen

De lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $\psi$  voor geïsoleerde leidingen in lucht met een totale warmteoverdrachtscoëfficiënt inclusief geleiding en straling aan de buitenkant, wordt gegeven door:

$$\psi = \frac{\pi}{\left( \frac{1}{2 \times \lambda_D} \times \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{h_a \times d_a} \right)} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot \text{K} \right] \quad (13.27)$$

waarin:

- $d_i$  is de leidingdiameter (buitendiameter) exclusief de isolatie van de leiding, in m;
- $d_a$  is de leidingdiameter inclusief de isolatie van de leiding, in m;
- $h_a$  is de warmteoverdrachtscoëfficiënt van het totale buitenoppervlak (geleiding en straling), in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;  $h_a = 8,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  (NEN-EN 15316-3:2017 onder tabel B.4);
- $\lambda_D$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de isolatie, in  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

Voor in de constructie opgenomen leidingen wordt de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $\psi_{\text{em}}$  gegeven door:

$$\psi_{\text{em}} = \frac{\pi}{2 \left[ \frac{1}{\lambda_D} \times \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\lambda_{\text{em}}} \times \ln \frac{4 \times z}{d_a} \right]} \left[ \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \right] \quad (13.28)$$

waarin:

- $d_i$  is de leidingdiameter (buitendiameter) exclusief de isolatie van de leiding, in m;
- $d_a$  is de leidingdiameter inclusief de isolatie van de leiding, in m;
- $z$  is de diepte van de pijp vanaf het oppervlak, in m;
- $\lambda_{em}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het afdekkende materiaal, in W/(m·K);
- $\lambda_D$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de isolatie, in W/(m·K).

Voor ongeïsoleerde leidingen wordt de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt  $\Psi_{non}$  gegeven door:

$$\Psi_{non} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \times \lambda_p} \times \ln \frac{d_{p;a}}{d_{p;i}} + \frac{1}{h_a \times d_{p;a}}} \quad [W/(m \cdot K)] \quad (13.29)$$

waarin:

- $d_{p;i}, d_{p;a}$  is de binnen- en buitendiameter van de leiding, in m;
- $\lambda_p$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het leidingmateriaal, in W/(m·K);
- $h_a$  is de warmteoverdrachtscoëfficiënt van het totale buitenoppervlak (geleiding en straling), in W/(m<sup>2</sup>·K);  $h_a = 8,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  (NEN-EN 15316-3:2017 onder tabel B.4).

Indien onvoldoende gegevens beschikbaar zijn voor de berekening van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt of de leidinglengte, moet gebruik worden gemaakt van de forfaitaire waarden volgens 13.4.3.3.

### 13.4.3.3 Rekenwaarden

#### Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt

Voor de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de distributieleidingen mag in afwijking van bovenstaande bepalingswijze uitgegaan worden van onderstaande forfaitaire waarden (NEN-EN 15316-3:2017, B.2.2.1 en B.3):

**OPMERKING 1** Onderstaande benadering is van toepassing op een circulatiesysteem voor verwarming. Een circulatiesysteem voor warm tapwater verschilt daar niet veel van. Alleen de uittapleidingen voor warm tapwater hebben geen retourleiding. Het distributieverlies van uittapleidingen is beschreven in 13.3. In deze paragraaf zijn alleen de distributieverliezen van circulatieleidingen beschreven.

De forfaitaire rekenwaarde voor de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van een leidingdeel  $\Psi_i$  is gegeven in tabel 13.4. De in de tabel gegeven waarden zijn voor koper. Voor kunststof leidingen is de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt in de regel lager, zodat de hier gegeven waarden ook als forfaitaire waarden voor kunststof leidingen mogen worden toegepast, waarbij de uitwendige diameter als maatstaf moet worden aangehouden (kunststof leidingen zijn meestal iets dikker dan koperen leidingen).

Voor leidingen met afwijkende afmetingen en/of isolatiedikten kan voor de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt uitgegaan worden van de forfaitaire waarde behorend bij de dichtstbijzijnde isolatiedikte en/of uitwendige diameter. Bij gelijke afstand moet de forfaitaire waarde behorend bij de kleinste isolatiedikte en grootste uitwendige diameter aangehouden worden.

**Tabel 13.4 — Indicatie  $\Psi_j$ -waarden per m koperen leiding in W/m·K**

Diameter leiding	Isolatiedikte mm					
	0	Onbekend	10	15	20	25
Uitwendig						
mm	0	Onbekend	10	15	20	25
10	0,407	0,165	0,165	0,136	0,114	0,106
12	0,453	0,184	0,184	0,154	0,136	0,124
15	0,539	0,211	0,211	0,174	0,154	0,138
22	0,728	0,271	0,271	0,219	0,189	0,169
28	0,880	0,321	0,321	0,256	0,219	0,194
35	1,049	0,378	0,378	0,299	0,253	0,223
42	1,211	0,435	0,435	0,341	0,287	0,251
54	1,477	0,531	0,531	0,412	0,343	0,299
67	1,753	0,635	0,635	0,488	0,404	0,349
80	2,0	0,74	0,74	0,56	0,46	0,4
Diameter onbekend						
Type systeem: — klein	1,0	0,4	0,4	0,3	0,25	0,2
— overig	2,0	0,74	0,74	0,56	0,46	0,4

OPMERKING 2 Bron voor leidingen met diameter: Waterwerkblad 4.4.A, blz. 18, juni 2004.

### Leidinglengten

Voor de bepaling van de lengte van de leidingdelen mag gebruik worden gemaakt van de werkelijke leidinglengte. De (totale) lengte van de leidingdelen kan vooraf bepaald worden met formule (13.31).

De maximale leidinglengte van het systeem wordt in beide gevallen bepaald met formule (13.32) en wordt alleen gebruikt voor de bepaling van het hulpenergiegebruik van pompen in formule (13.37) voor het drukverschil in het leidingsysteem.

$$L_{si} = 0,3 \times A_{g;si;\text{red}} + 10 \quad (13.31)$$

$$L_{\max;si} = 12 + 3 \times n + 0,089 \times A_{g;si;\text{red}} / n_{si} \quad (13.32)$$

$$A_{g;si;\text{red}} = A_{g;si;W} - A_{g;si;\text{sport}} \quad (13.32a)$$

waarin:

- $L_{si}$  is de leidinglengte van systeem  $si$  volgens specificaties van het systeem of volgens formule (13.31);
- $L_{\max;si}$  is de maximale leidinglengte van de circulatieleiding van systeem  $si$  vanaf de opwekker of het voorraadvat naar de verst gelegen uittapleiding;
- $A_{g;si;W}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens formules (13.19b) of (13.20a), in  $\text{m}^2$ ;
- $A_{g;si;\text{sport}}$  is de gebruiksoppervlakte van de aanwezige sport- en/of zwemzalen, bepaald volgens 6.6, in  $\text{m}^2$ . Bij gebouw(del)en met een gebruiksoppervlakte  $< 1\ 000 \text{ m}^2$  geldt  $A_{g;si;\text{sport}} = 0 \text{ m}^2$ ;
- $n_{si}$  is het aantal bouwlagen dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater van het gebouw als geheel waarbij  $n$  een minimale waarde heeft van 1.

**OPMERKING 1** Wanneer er voor de beoordeling van de energieprestatie van een bestaand gebouw alleen gekken wordt naar een deel van het gebouw, dan betreft  $A_{g;si;\text{sport}}$  alleen de gebruiksoppervlakte van de aanwezige sport- en/of zwemzalen in het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald.

**OPMERKING 2** Bij de toekenning van de gebruiksoppervlakte van het gebouw aan een of meerdere tapwatersystemen moet de volledige gebruiksoppervlakte  $A_{g;\text{tot}}$  worden toegekend aan de verschillende tapwatersystemen. De correctie op de gebruiksoppervlakte is alleen van toepassing voor de bepaling van  $A_{g;si}$  bij de bepaling van de lengte en maximale lengte van de circulatieleiding.

### 13.4.4 Hulpenergie

#### 13.4.4.1 Principe

Dit betreft de hoeveelheid gebruikte (elektrische) hulpenergie ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater,  $W_{W;\text{aux};\text{ngen};si,mi}$ , in maand  $mi$ , voor systeem  $si$  (systeemdeel exclusief opwekking).

Het (elektrische-)hulpenergiegebruik omvat de volgende elementen, afhankelijk van de uitvoering van het distributiesysteem:

a) circulatiepompen;

b) afleversets.

#### 13.4.4.2 Rekenregels

Deze paragraaf geeft de rekenregels voor het hulpenergiegebruik van een warmtapwatersysteem (gehele systeem exclusief de opwekking,  $_{\text{ngen}}$ ),  $W_{W;\text{aux};\text{ngen};si,mi}$ , in een gegeven maand  $mi$ , van een gegeven systeem  $si$ . De index voor systeem  $si$  wordt omwille van de leesbaarheid weggelaten.

Bepaal het elektrische-hulpenergiegebruik voor distributie volgens:

$$W_{W;\text{aux};\text{ngen};mi} = W_{W;\text{dis};\text{aux};p;mi} + \sum_{\text{conv}} W_{W;\text{conv};\text{aux};mi} \quad (13.33)$$

waarin:

$W_{W;\text{aux;ngen};mi}$  is de hoeveelheid gebruikte elektrische hulpenergie van het distributiesysteem ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$  (exclusief de hulpenergie ten behoeve van de warmteopwekking), in kWh;

$W_{W;\text{dis;aux;p};mi}$  is het elektrische-hulpenergiegebruik van het distributiesysteem voor eventueel aanwezige circulatiepompen, in maand  $mi$ , volgens 13.4.4.3, in kWh;

$W_{W;\text{conv;aux};mi}$  is het elektrische-hulpenergiegebruik van een individuele afleverset voor warm tapwater, in maand  $mi$ , volgens 13.4.4.4, in kWh.

### 13.4.4.3 Circulatiepompen

#### 13.4.4.3.1 Principe

Het verbruik van eventueel aanwezige circulatiepompen wordt bepaald door het pompvermogen en de tijd dat het circulatiesysteem in gebruik is. In het geval dat er sprake is van een circulatiesysteem met cv-water, wordt de hulpenergie meegenomen bij verwarming.

Voor het circulatiesysteem voor warm tapwater wordt uitgegaan van een continue bedrijfswijze.

#### 13.4.4.3.2 Rekenregels

De berekening van het hulpenergiegebruik van het circulatiesysteem is gebaseerd op het ontwerpvermogen van de circulatiepompen, het drukverschil in het circulatiesysteem bij het ontwerppunt, de volumestroom, de verwachte energiefactor van de circulatiepomp bij het werk punt en de bedrijfstijd.

De hydraulisch benodigde hoeveelheid energie  $W_{W;\text{dis;hydr};si,mi}$  van circulatiesysteem  $si$  wordt berekend door:

$$W_{W;\text{dis;hydr};si,mi} = P_{W;\text{hydr;dis};si} \times \beta_{W;\text{dis};si} \times t_{W;\text{circ};mi} \times f_{W;\text{corr};si} \quad [\text{kWh}] \quad (13.34)$$

waarin:

$P_{W;\text{hydr;dis};si}$  is het hydraulisch vermogen van de pomp van het circulatiesysteem, in kW;

$\beta_{W;\text{dis};si}$  is de deellast van het circulatiesysteem;  $\beta_{W;\text{dis};si} = 1$ ;

$t_{W;\text{circ};mi}$  is de tijd dat het circulatiesysteem van warm tapwater in bedrijf is, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.4.3.2, in h;

$f_{W;\text{corr};si}$  is de correctiefactor voor de ontwerpopstandigheden van het circulatiesysteem  $si$ .

$$f_{W;\text{corr};si} = f_{\text{HB};si} \times f_{\text{special};si} \quad (13.35)$$

waarin:

$f_{\text{HB};si}$  is de correctiefactor voor hydraulische balansering van circulatiesysteem  $si$ , met als vaste waarde  $f_{\text{HB};si} = 1,15$ ;

$f_{\text{special};si}$  is een speciale factor voor het systeemontwerp;  $f_{\text{special};si} = 1$ .

Het hydraulische ontwerpvermogen van de circulatiepomp  $P_{W;hydr;dis;si}$  wordt als volgt bepaald met een minimale waarde van 0,010 kW:

$$P_{W;hydr;dis;si} = \text{MAX} \left[ \frac{\Delta p_{W;dis;si} \times \dot{V}_{W;dis;si}}{3600}; 0,010 \right] [\text{kW}] \quad (13.36)$$

waarin:

$\Delta p_{W;dis;si}$  [kPa] is het drukverschil in het circulatiesysteem bij het ontwerppunt;

$\dot{V}_{W;dis;si}$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] is de volumestroom van distributiesysteem  $si$  bij het ontwerppunt.

Het drukverschil in een leidingsysteem  $si$ ,  $\Delta p_{W;dis;si}$ , wordt bepaald door:

$$\Delta p_{W;dis;si} = (1 + f_{\text{comp};si}) \times R_{W;\text{max};si} \times L_{\text{max};si} + \Delta p_{W;\text{add};si} [\text{kPa}] \quad (13.37)$$

waarin:

$f_{\text{comp};si}$  [-] is de weerstandsverhouding van componenten in het circulatiesysteem;

$R_{W;\text{max};si}$  [kPa/m] is het drukverlies per meter lengte van het circulatiesysteem, met als vaste waarde  $R_{W;\text{max};si} = 0,10 \text{ kPa/m}$ ;

$L_{\text{max};si}$  [m] is de maximale lengte van het circulatiesysteem, volgens 13.4.3;

$\Delta p_{W;\text{add};si}$  [kPa] is de additionele weerstand van het circulatiesysteem, met als vaste waarde  $\Delta p_{W;\text{add};si} = 80 \text{ kPa}$ .

De weerstandsverhouding tussen de verschillende componenten van het distributiesysteem (o.a. kleppen, overgangen, fittingen) wordt uitgedrukt in de factor  $f_{\text{comp};si}$ . Voor  $f_{\text{comp};si}$  wordt de volgende waarde aangehouden:

$$f_{\text{comp};si} = 0,4$$

De volumestroom wordt indien niet bekend uit het ontwerp en de situatie bepaald door:

$$\dot{V}_{W;dis;si} = \frac{Q_{W;\text{em};si,mi;\text{max}} + Q_{W;\text{dis};ls;si,mi;\text{max}}}{30 \times C_p \times \Delta T_W \times \rho_{si}} \times \frac{3600}{f_{\text{gebouw};si;W}} \quad (13.38)$$

waarin:

$\dot{V}_{W;dis;si}$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] is de volumestroom van het circulatiesysteem bij het ontwerppunt;

$Q_{W;\text{em};si,mi;\text{max}}$  [kWh] is de maximale hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, van alle maanden  $mi$ , aangeleverd aan het afgifteeldeel van systeem  $si$ ;

$Q_{W;\text{dis};ls;si,mi;\text{max}}$  [kWh] zijn de maximale warmteverliezen van het circulatiesysteem voor warm tapwater in het gebouw en/of buiten het gebouw binnen de perceelsgrens, in systeem  $si$ , van alle maanden  $mi$ , bepaald volgens 13.4.3;

$C_p$	[kJ/(kg·K)]	is de specifieke warmte van het medium in het distributiesysteem, voor water 4,2 kJ/(kg·K);
$\rho_{si}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	is de soortelijke massa van het medium dat door systeem $si$ stroomt, voor water 1 000 kg/m <sup>3</sup> bij 4 °C;
3 600	[s/h]	is het aantal seconden per uur voor de omrekening van m <sup>3</sup> /s naar m <sup>3</sup> /h;
$\Delta T_w$	[K]	is het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour van het circulatiesysteem, volgens ontwerp berekening of praktijkmeting, met forfaitaire waarde van 50;
$f_{gebouw;si;W}$	[ - ]	is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem $si$ voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2.

**OPMERKING** Bij de bepaling van de volumestroom van het distributiesysteem wordt in feite gebruikgemaakt van de maximale  $Q_{W;dis;si,mi}$ . Er wordt echter geen rekening gehouden met eventuele teruggewonnen verliezen van de circulatiepompen. De factor 30 is gebaseerd op de benodigde tijdsduur waarbinnen de hoeveelheid tapwater geleverd moet kunnen worden. Hiervoor is uitgegaan van circa 1 h per dag.

De energiefactor voor de distributiepomp  $\varepsilon_{W;dis;si}$  van het circulatiesysteem wordt gegeven door:

$$\varepsilon_{W;dis;si} = f_{W;e;si} \times (C_{P1;si} + C_{P2;si} \times \beta_{W;dis;si}^{-1}) \times \frac{EEI_{si}}{0,25} \quad (13.44)$$

waarin:

$f_{W;e;si}$	[ - ]	is de efficiëntiefactor van het circulatiesysteem;
$C_{P1;si}$	[ - ]	is de constante, afhankelijk van het regelsysteem van de pomp van het circulatiesysteem, volgens tabel 13.6;
$C_{P2;si}$	[ - ]	is de constante, afhankelijk van het regelsysteem van de circulatiepomp, volgens tabel 13.6;
$\beta_{W;dis;si}$	[ - ]	is de deellast van het circulatiesysteem; $\beta_{W;dis;si} = 1$ ;
$EEI_{si}$	[ - ]	is de energie-efficiëntie-index van de pomp van het circulatiesysteem.

Als de  $EEI_{si}$  conform EU-regeling nr. 622/2012 bekend is, moet deze waarde worden gebruikt. Indien het distributiesysteem  $si$  van meerdere pompen met een bekende  $EEI_{si}$  is voorzien, moet de  $EEI_{si}$  worden bepaald middels het gewogen rekenkundig gemiddelde van  $EEI$  op basis van het maximale vermogen ( $P_{el;pmp}$ ) van deze pompen. In andere gevallen moet voor distributiepompen met  $P_{W;hydr;dis} \geq 2,5$  kW de waarde  $EEI_{si} = 0,25$  worden aangehouden. In alle andere gevallen geldt voor distributiepompen:  $EEI_{si} = 0,23$ .

**Tabel 13.6 — Constante  $C_{P1,si}$  en  $C_{P2,si}$  voor de distributiepompen van tapwatersystemen**

Pompregeling HEAT_DISTR_CTRL_PMP	$C_{P1,si}$	$C_{P2,si}$
0 = 'uncontrolled' of type regeling is onbekend	0,25	0,94
3 = $\Delta p_{\text{const}}$ (constante druk)	0,50	0,63

Indien het werkelijke vermogen van de distributiepomp in de verschillende bedrijfstoestanden bekend is, moeten deze waarden worden gebruikt. Voor bestaande distributiesystemen  $si$  kan het op het energielabel gegeven vermogen van de pomp  $P_{\text{el;pmp};si}$  worden gebruikt. Bij distributiepompen die niet worden geregeld en die op verschillende toerentalen kunnen worden ingesteld, moet  $P_{\text{el;pmp};si}$  worden aangehouden bij het toerental waarop de pomp staat ingesteld. De energiefactor wordt dan:

$$f_{W;e;si} = \frac{P_{\text{el;pmp};si}}{P_{W;\text{hydr;dis};si}} \quad [ - ] \quad (13.39)$$

waarin:

$P_{\text{el;pmp};si}$  [kW] is het vermogen volgens het energielabel van een geïnstalleerde of volgens ontwerpspecificaties te installeren distributiepomp van distributiesysteem  $si$  (bij het toerental waarop de pomp is ingesteld);

$P_{W;\text{hydr;dis};si}$  [kW] is het hydraulisch vermogen van de pomp van het circulatiesysteem van distributiesysteem  $si$ .

Als het werkelijke vermogen van de distributiepomp in de verschillende bedrijfstoestanden niet bekend is, wordt voor pompen met  $P_{W;\text{hydr;dis}} < 2,5$  kW de energiefactor voor de distributiepomp  $f_{W;e;si}$  bepaald door:

$$f_{W;e;si} = \frac{P_{W;\text{ref};si}}{P_{W;\text{hydr;dis};si}} \quad [ - ] \quad (13.40)$$

waarin:

$P_{W;\text{ref};si}$  [kW] is het referentievermogen van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ ;

$P_{W;\text{hydr;dis};si}$  [kW] is het hydraulisch vermogen van de pomp van het circulatiesysteem van distributiesysteem  $si$ .

Voor (natte) distributiepompen met een hydraulisch vermogen  $0,001 \text{ kW} < P_{W;\text{hydr;dis}} < 2,5 \text{ kW}$  is het referentievermogen  $P_{W;\text{ref};si}$ :

$$P_{W;\text{ref};si} = 1,7 \times P_{W;\text{hydr;dis};si} + 17 \times \left[ \left( 1 - e^{-0,3 \times P_{W;\text{hydr;dis};si} \times 1000} \right) \times 10^{-3} \right] \quad [\text{kW}] \quad (13.41)$$

waarin:

$P_{W;\text{hydr;dis};si}$  [kW] is het hydraulisch vermogen van de pomp van het circulatiesysteem van distributiesysteem  $si$ .

Voor pompen met  $P_{W;\text{hydr;dis}} \geq 2,5 \text{ kW}$  wordt de energiefactor  $f_{W;\text{e};si}$  bepaald volgens:

$$f_{W;\text{e};si} = \left[ 1,25 + \left( \frac{0,2}{P_{W;\text{hydr;dis};si}} \right)^{0,5} \times b \right] [-] \quad (13.42)$$

waarin:

$b$  [-] is de factor voor pompontwerp;  $b = 2$ ;

$P_{W;\text{hydr;dis};si}$  [kW] is het hydraulisch vermogen van de pomp van het circulatiesysteem van distributiesysteem  $si$ .

#### 13.4.4.3.3 Modulerende pompen met continue bedrijfswijze

De hoeveelheid hulpenergie  $W_{W;\text{dis;aux;p};si,mi}$  van distributiesysteem  $si$  wordt bepaald door:

$$W_{W;\text{dis;aux;p};si,mi} = W_{W;\text{dis;hydr};si,mi} \times \varepsilon_{W;\text{dis};si} \times f_{\text{gebouw};si;W} \quad [\text{kWh}] \quad (13.43)$$

waarin:

$W_{W;\text{dis;aux;p};si,mi}$  [kWh] is de hoeveelheid benodigde hulpenergie van distributiesysteem  $si$ , in maand  $mi$ ;

$W_{W;\text{dis;hydr};si,mi}$  [kWh] is de hoeveelheid benodigde hulpenergie op basis van de hydraulische weerstand van distributiesysteem  $si$ , in maand  $mi$ ;

$\varepsilon_{W;\text{dis};si}$  [-] is de energiefactor van de distributiepomp van distributiesysteem  $si$ ;

$f_{\text{gebouw};si;W}$  [-] is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2.

#### 13.4.4.4 Afleverset

Bepaal het elektrische-hulpenergiegebruik van een individuele afleverset als volgt:

$$W_{W;\text{conv;aux};mi} = \frac{P_{W;\text{aux;gen};e}}{1000} \times t_{mi} \quad (13.46)$$

waarin:

$W_{W;\text{conv;aux};mi}$  is het elektrische-hulpenergiegebruik van een individuele afleverset voor warm tapwater, in maand  $mi$ , in kWh;

$P_{W;\text{aux;gen};e}$  is het hulpenergiegebruik voor elektronica tijdens stand-by; voor een individuele afleverset geldt  $P_{W;\text{aux;gen};e} = 10 \text{ W}$ ;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h.

### 13.4.5 Terugwinbare systeemverliezen

Het terugwinbare warmteverlies van distributiesystemen voor warm tapwater  $Q_{W;dis;rb1}$  in de verwarmde rekenzones, wordt gegeven door formule (13.47):

$$Q_{W;dis;rb1;mi} = f_{W;dis;rb1;mi} \times Q_{W;dis;ls;mi} + f_{W;conv;rb1} \times Q_{W;dis;conv;ls;si;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.47)$$

waarin:

$Q_{W;dis;rb1;mi}$  zijn de voor ruimteverwarming terugwinbare warmteverliezen van het circulatiesysteem voor warm tapwater in het gebouw en/of buiten het gebouw binnen de perceelsgrens, in maand  $mi$ , in kWh;

$f_{W;dis;rb1;mi}$  is het deel van de distributieverliezen dat terugwinbaar is doordat deze verliezen optreden in verwarmde zones, in maand  $mi$ .

Indien alle leidingen zich bevinden in verwarmde zones, dan geldt  $f_{W;dis;rb1} = 1$ ; in alle overige gevallen geldt  $f_{W;dis;rb1} = 0,85$ .

$Q_{W;dis;ls;mi}$  zijn de warmteverliezen van het circulatiesysteem voor warm tapwater in het gebouw en/of buiten het gebouw binnen de perceelsgrens, in maand  $mi$ , bepaald volgens formule (13.26), in kWh;

$f_{W;conv;rb1}$  is het deel van de warmteverliezen van de afleverset dat terugwinbaar is doordat deze verliezen optreden in verwarmde zones; voor afleversets geldt  $f_{W;conv;rb1} = 1$  als vaste waarde;

$Q_{W;dis;conv;ls;si;mi}$  zijn de warmteverliezen van alle toegepaste afleversets voor warm tapwater, in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , volgens 13.4.2, in kWh.

**OPMERKING** In het geval van een afleverset wordt geen onderscheid gemaakt naar (on)verwarmde ruimten; het terugwinbaar systeemverlies wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Bij distributieleidingen van circulatiesystemen wordt niet bepaald welk deel van de leidingen zich bevindt in onverwarmde ruimten.

#### Hulpenergie

De terugwinbare energie van het hulpenergiegebruik voor distributiesystemen voor warm tapwater  $Q_{W;dis;aux;rb1}$  als warmteafgifte in de verwarmde rekenzones, wordt bepaald door:

$$Q_{W;dis;aux;rb1;mi} = f_{rb1;dis} \times W_{W;dis;aux;p;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.49)$$

waarin:

$Q_{W;dis;aux;rb1;mi}$  is de voor ruimteverwarming terugwinbare energie van het hulpenergiegebruik van eventueel aanwezige circulatiepompen, in maand  $mi$ , in kWh;

$W_{W;dis;aux;p;mi}$  is het elektrische-hulpenergiegebruik van het distributiesysteem voor eventueel aanwezige circulatiepompen, in maand  $mi$ , in kWh;

$f_{rb1;dis}$  is de factor voor de terugwinbare energie van het hulpenergiegebruik voor distributiesystemen met als vaste waarde  $f_{rb1;dis} = 0,20$ .

De voor warm tapwater teruggewonnen energie van het hulpenergiegebruik van eventueel aanwezige circulatiepompen voor warm tapwater  $Q_{W;dis;aux;rvd;mi}$  als warmteafgifte aan het warm tapwater, wordt bepaald door:

$$Q_{W;dis;aux;rvd;mi} = (1 - f_{rb1;dis}) \times W_{W;dis;aux;p;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.50)$$

waarin:

$Q_{W;dis;aux;rvd;mi}$  is de voor warm tapwater teruggewonnen energie van het hulpenergiegebruik van eventueel aanwezige circulatiepompen, in maand  $mi$ , in kWh.

## 13.5 Warmteterugwinning uit douchewater

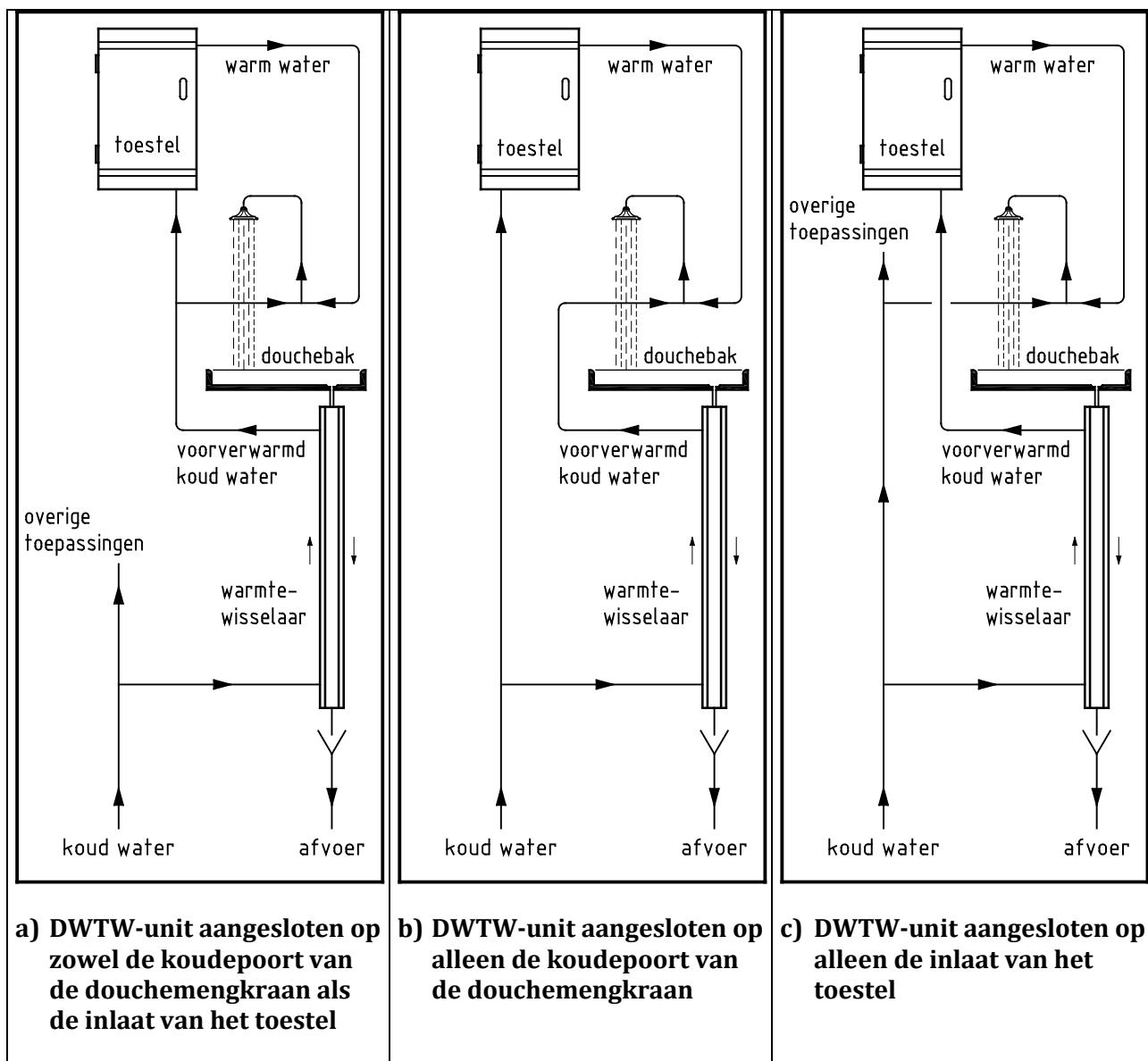
### 13.5.1 Principe

Warmteterugwinning uit douchewater betreft de hoeveelheid teruggewonnen thermische energie ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater,  $Q_{W;rcd;zi,mi}$ , aangeleverd door warmteterugwinning uit de afvoer van warm tapwater, in maand  $mi$ , van systeem  $si$ .

In alle woningen en gebouwen met een douche kan een douchewaterwarmteterugwinunit (DWTW-unit) worden toegepast, waarbij warmte van het douchewater wordt gebruikt om drinkwater te verwarmen voor gebruik aan de koudepoort van de mengkraan van de douche en/of de inlaat van het toestel voor warmtapwaterbereiding.

**OPMERKING** Bij gebruik van warm tapwater voor het douchen vinden de aanvoer van koud water en de afvoer van warm rioolwater altijd gelijktijdig plaats. Dit in tegenstelling tot het overige warmtapwatergebruik. Deze gelijktijdigheid is noodzakelijk voor een eenvoudige wijze van warmteterugwinning, die ook betrekkelijk eenvoudig te reguleren is.

De drie manieren waarop de individuele DWTW-unit kan worden aangesloten in combinatie met een individueel opwekkingstoestel, zijn geschetst in figuur 13.1. Bij combinatie met een circulatiesysteem warm tapwater wordt alleen het systeem van figuur 13.1 b) toegepast. In sportcomplexen kunnen afwijkende systemen worden toegepast met parallel geschakelde warmtewisselaars.



Figuur 13.1 — DWTW-units

In deze NTA wordt verondersteld dat toepassing van DWTW alleen een vermindering van de nettotapvraag veroorzaakt. Deze vermindering wordt bepaald door:

- de prestatie van de toegepaste DWTW-unit, bepaald volgens de methode in bijlage U;
- de wijze waarop de DWTW-unit is aangesloten;
- de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater.

### 13.5.2 Rekenregels

Deze paragraaf geeft de rekenregels voor de bijdrage van eventuele DWTW van een warmtapwatersysteem,  $Q_{W;rcd;si,mi}$ , in een gegeven maand  $mi$ , van een gegeven systeem  $si$ . De indexen voor maand  $mi$  en voor systeem  $si$  worden omwille van de leesbaarheid weggelaten.

Bepaal de maandelijkse warmtebijdrage van DWTW voor de categorie woningbouw volgens:

$$Q_{W;rcd;d} = Q_{W;sh;rcd;d} = C_{W;nd;sh} \times Q_{W;nd;d} \times \eta_{W;sh;rcd} \times f_{prac;sh} \times C_{W;sh;rcd;T} \times C_{W;sh;rcd;conf} \quad (13.51)$$

Bepaal de maandelijkse warmtebijdrage van DWTW voor de categorie utiliteitsbouw volgens:

$$Q_{W;rcd;u} = Q_{W;sh;rcd;u} = C_{W;nd;sh} \times Q_{W;nd;u} \times \eta_{W;sh;rcd} \times f_{prac;sh} \times C_{W;sh;rcd;T} \times C_{W;sh;rcd;conf} \quad (13.52)$$

waarin:

$Q_{W;rcd;d}$  is de hoeveelheid teruggevonden thermische energie ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater, aangeleverd door warmteterugwinning uit de afvoer van warm tapwater, voor de categorie woningbouw, in kWh;

$Q_{W;rcd;u}$  is de hoeveelheid teruggevonden thermische energie ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater, aangeleverd door warmteterugwinning uit de afvoer van warm tapwater, voor de categorie utiliteitsbouw, in kWh;

$Q_{W;sh;rcd;d}$  is de (maandelijkse) warmtebijdrage van een DWTW, voor de categorie woningbouw, in kWh;

$Q_{W;sh;rcd;u}$  is de (maandelijkse) warmtebijdrage van een DWTW, voor de categorie utiliteitsbouw, in kWh;

$C_{W;nd;sh}$  is het dimensieloze aandeel van het doucheverbruik in de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater, bepaald volgens 13.5.3;

$Q_{W;nd;d}$  is de nettowarmtebehoefte voor de categorie woningbouw ten behoeve van warm tapwater, bepaald volgens 13.1, in kWh;

$Q_{W;nd;u}$  is de nettowarmtebehoefte voor de categorie utiliteitsbouw ten behoeve van warm tapwater, bepaald volgens 13.1, in kWh;

$\eta_{W;sh;rcd}$  is het gemiddelde thermische rendement van de DWTW-unit, behorend bij de toepassingsklasse van het toegepaste toestel voor warmtapwaterbereiding, bepaald volgens de methode in bijlage U of 13.5.3; indien in een woning twee of meer douches zijn geplaatst, dan moet het gemiddelde thermische rendement worden bepaald volgens formule (13.53);

$f_{prac;sh}$  is de dimensieloze correctiefactor voor het thermische rendement van de DWTW-unit onder praktijkomstandigheden, met als vaste waarde  $f_{prac;sh} = 0,95$ ;

$C_{W;sh;rcd;T}$  is de dimensieloze correctiefactor voor het thermische rendement van de DWTW-unit voor het verschil in temperatuur tussen de douche ( $40^{\circ}\text{C}$ ) en de temperatuur aan de inlaat van de DWTW-unit ( $35^{\circ}\text{C}$ ), bepaald volgens 13.5.3;

$C_{W;sh;rcd;conf}$  is de dimensieloze correctiefactor voor het thermische rendement van de DWTW-unit voor de wijze van aansluiten van de DWTW-unit, bepaald volgens 13.5.3.

Bepaal in het geval van meerdere DWTW-units binnen hetzelfde tapwatersysteem het gemiddelde thermische rendement van de DWTW-unit,  $\eta_{W;sh;rcd}$ , volgens:

$$\eta_{W;sh;rcd} = \frac{\sum_{N_{sh}} \eta_{W;sh;rcd;j}}{N_{sh}} \quad (13.53)$$

waarin:

$\eta_{W;sh;rcd;i}$  is het thermische rendement van de DWTW-unit voor douchenummer  $i$ , behorend bij de toepassingsklasse van het toegepaste toestel voor warmtapwaterbereiding, bepaald volgens de methode in bijlage U. Indien een douche niet is aangesloten op een DWTW-unit, dan is het DWTW-rendement 0,0. Indien twee of meer douches zijn aangesloten op dezelfde DWTW-unit, dan is het DWTW-rendement voor deze douches identiek;

$N_{sh}$  is het aantal douches van systeem  $si$ .

Indien voor de categorie utiliteitsbouw niet bekend is welke douche(s) op welk type DWTW-unit is (zijn) aangesloten en/of wat daarvan het thermische rendement is, dan geldt in het geval dat meer dan 80 % van de douches is aangesloten op een DWTW-unit:  $\eta_{W;sh;rcd} = \text{MIN}[\eta_{W;sh;rcd;1}; \eta_{W;sh;rcd;2}; \text{enz.}]$ .

#### VOORBEELDEN

— Eén douche met één DWTW-unit:

$$\eta_{W;sh;rcd} = \eta_{W;sh;rcd;1} \quad (13.54)$$

— Twee douches met één gezamenlijke DWTW-unit:

$$\eta_{W;sh;rcd} = \frac{\eta_{W;sh;rcd;1} + \eta_{W;sh;rcd;2}}{2} = \eta_{W;sh;rcd;1} \quad (13.55)$$

— Twee douches met ieder één (verschillende) DWTW-unit:

$$\eta_{W;sh;rcd} = \frac{\eta_{W;sh;rcd;1} + \eta_{W;sh;rcd;2}}{2} \quad (13.56)$$

— Twee douches waarvan één met DWTW:

$$\eta_{W;sh;rcd} = \frac{\eta_{W;sh;rcd;1} + 0}{2} \quad (13.57)$$

#### 13.5.3 Rekenwaarden

Het aandeel van het doucheverbruik in de nettowarmtebehoefte voor warm tapwater is afhankelijk van de gebruiksfunctie en is gegeven in tabel 13.7.

**Tabel 13.7 — Rekenwaarden aandeel doucheverbruik (vaste waarden)**

Gebruiksfunctie of (gedeelte van een) gebouw	$C_{W;nd;sh}$ —
Woonfunctie	0,80
Bijeenkomstfunctie	0
Celfunctie	0,40
Gezondheidszorgfunctie	0,40
Kantoorfunctie	0
Logiesfunctie	0,60
Onderwijsfunctie	0
Sportfunctie	0,80
Winkelfunctie	0

Het thermische rendement van DWTW wordt bepaald volgens de methode in bijlage U.

Voor woningen, woongebouwen e.d. wordt het rendement gebruikt dat is bepaald bij de toepassingsklasse van het toegepaste toestel voor warmtapwaterbereiding. Indien deze toepassingsklasse niet bekend is, wordt uitgegaan van toepassingsklasse 4.

Voor utiliteit wordt het rendement gebruikt dat is bepaald bij toepassingsklasse 4.

Voor het thermische rendement van DWTW bedraagt de rekenwaarde:

- $\eta_{W;sh;rcd} = 0,40$  voor verticale DWTW;
- $\eta_{W;sh;rcd} = 0,20$  voor horizontale DWTW;
- $\eta_{W;sh;rcd} = 0,20$  indien niet duidelijk is of er sprake is van een verticale of horizontale DWTW.

**OPMERKING 1** In de praktijk zijn verticale DWTW-units beschikbaar met een rendement  $\eta_{W;sh;rcd} > 0,5$ , gemeten volgens bijlage U. In de praktijk zijn horizontale DWTW-units beschikbaar met een rendement  $\eta_{W;sh;rcd} > 0,4$ , gemeten volgens bijlage U.

De correctiefactor voor het thermische rendement van DWTW wordt toegepast als correctie voor het verschil in temperatuur tussen de douche ( $40^{\circ}\text{C}$ ) en de inlaat van de DWTW ( $35^{\circ}\text{C}$ ), en bedraagt:

- $C_{W;sh;rcd;T} = 0,83$  (vaste waarde).

**OPMERKING 2** Bij een  $\Delta T$  van  $30^{\circ}\text{C}$  over de DWTW ( $40^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$ ) komt een vermindering met  $5^{\circ}\text{C}$  overeen met een daling van 17 %.

De correctiefactor voor het thermische rendement van DWTW wordt toegepast op de wijze van aansluiten van de DWTW-unit en is in tabel 13.8 gegeven.

**Tabel 13.8 — Correctiefactor voor het thermische rendement van de DWTW-unit voor de wijze van aansluiten**

Wijze van aansluiten van de DWTW-unit	$C_{W;sh;rcd;conf}$
Individuele DWTW-unit aangesloten op zowel de koudepoort van de douchemengkraan als de inlaat van het toestel (figuur 13.1 a))	— 1,00
Individuele DWTW-unit aangesloten op alleen de koudepoort van de douchemengkraan (figuur 13.1 b))	0,85
Individuele DWTW-unit aangesloten op alleen de inlaat van het toestel (figuur 13.1 c))	0,75
Verschillende DWTW-units in gezamenlijke opstelling, waaronder parallelle opstelling	0,75
Aansluitwijze onbekend	0,75

**OPMERKING 3** Bij beide aansluitvarianten daalt de hoeveelheid drinkwater via de DWTW. Daarom daalt het rendement van de DWTW-unit. Bij gezamenlijke opstelling is het mogelijk dat de gelijktijdigheid van gebruik vermindert en de verliezen toenemen.

### 13.5.4 Terugwinbare systeemverliezen

De warmte uit de afvoer van warm tapwater die via de DWTW-unit wordt verkregen, is een teruggewonnen verlies. De resterende warmte uit de afvoer van warm tapwater die niet wordt teruggewonnen via de DWTW-unit, wordt als niet-terugwinbaar beschouwd.

## 13.6 Voorraadvaten

### 13.6.1 Principe

Bij de buffering van warmte in voorraadvaten voor het warmtapwatersysteem wordt rekening gehouden met warmteverliezen en eventuele hulpenergie voor het laden van warmte in het voorraadvat.

De verliezen en het hulpenergiegebruik van duurzame energiesystemen die gebruikmaken van zonnewarmte (zonneboilersystemen), worden besproken in 13.7.

De verliezen en het hulpenergiegebruik van voorraadvaten die deel uitmaken van het opweksysteem, zijn opgenomen bij opwekkers indien de opwektoestellen zijn getest inclusief het voorraadvat. Opwektoestellen worden behandeld in 13.8.

Bij tapwatersystemen kunnen de volgende systemen met voorraadvaten beschouwd worden:

- direct verwarmd voorraadvat zoals een elektroboiler of gasboiler;
- indirect verwarmd voorraadvat: verwarmd via verwarmingstoestel of -systeem;
- systeem met zonnewarmte (dit wordt apart besproken in 13.7).

De methode die wordt gepresenteerd in deze NTA, is van toepassing op een of meerdere voorraadvaten.

Bij de bepaling van het warmteverlies van een voorraadvat moet dit per voorraadvat bepaald worden.

### 13.6.2 Rekenregels

Deze paragraaf geeft de rekenregels voor de verliezen van een eventueel voorraadvat van een warmtapwatersysteem,  $Q_{W;sto;ls;si,mi}$  in een gegeven maand  $mi$ , van een gegeven systeem  $si$ .

Voor individuele toestellen zijn de verliezen van het voorraadvat in de meeste gevallen meegenomen bij de bepaling van het opwekkingsrendement. Voor zonne-energiesystemen wordt het verlies van het voorraadvat en een eventueel naverwarmerdeel van het voorraadvat berekend volgens 13.7. In beide gevallen geldt:

$$Q_{W;sto;ls;si,mi} = 0$$

**OPMERKING 1** Dit is van toepassing bij de opwekkingsrendementen volgens 13.8.4.4 (boosterwarmtepompen) wanneer het (hulp)energiegebruik forfaitair is bepaald, volgens 13.8.4.5.2 en 13.8.4.5.4 (direct verwarmde voorraadvaten met uitzondering van elektroboilers), en wanneer gebruik is gemaakt van de forfataire waarden uit 13.8.4.6 en 13.8.4.7.2. Bij opwekkingsrendementen die zijn bepaald volgens 13.8.4.2 (24 uurstest) en 13.8.4.3, is dit alleen van toepassing wanneer het toestel samen met het voorraadvat is getest.

Bereken in alle andere gevallen de verliezen van het voorraadvat.

**OPMERKING 2** Dit is van toepassing op elektroboilers, op indirect verwarmde voorraadvaten en op voorraadvaten in (individuele) systemen wanneer de verliezen van het voorraadvat niet zijn meegenomen in het opwekkingsrendement of in de test van het tapwatertoestel.

Bepaal de warmteverliezen van een voorraadvat als volgt:

$$Q_{W;sto;ls;si,mi} = f_{gebouw;si;W} \times f_{sto;bac;acc} \times \frac{t_{mi}}{1000} \times \left( H_{sto;ls} \times (\vartheta_{sto;set} - \vartheta_{sto;amb}) + (f_{sto;dis;ls} - 1) \times S_{sto;ls;conn} \right) \quad (13.58)$$

waarin:

- $Q_{W;sto;ls;si,mi}$  is de hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel voorraadvat ten behoeve van warm tapwater van systeem  $si$ , in maand  $mi$ , in kWh;
- $f_{gebouw;si;W}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;
- $f_{sto;bac;acc}$  is de weegfactor afhankelijk van het type regeling en de grootte van het voorraadvat met als forfaitaire waarde 1,0 (NEN-EN 15316-5:2017, tabel B.3);
- $H_{sto;ls}$  is de transmissiefactor voor het warmteverlies van het voorraadvat, bepaald volgens 13.6.3, in W/K;
- $\vartheta_{sto;set}$  is de ingestelde temperatuur van de opslag, in °C;
  - voor tapwatersystemen met alleen uittappleidingen:  $\vartheta_{sto;set} = 60$  °C;
  - voor tapwatersystemen met circulatieleidingen:  $\vartheta_{sto;set} = 65$  °C;
  - voor tapwatersystemen met een heet- of kokendwaterkraan:  $\vartheta_{sto;set} = 90$  °C;
- $\vartheta_{sto;amb}$  is de omgevingstemperatuur van de ruimte waar het voorraadvat is opgesteld, in °C. Voor verwarmde ruimten moet gebruik worden gemaakt van  $\vartheta_{int;set;H;zi,mi}$ , bepaald in 7.9.4; voor onverwarmde zones is de omgevingstemperatuur afhankelijk van de benaderingswijze van de onverwarmde ruimte(n). Indien de (omgevings)temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimten  $\vartheta_{ztu;k;zi;H;mi}$  (bepaald volgens formule (7.8.2)) bekend is (er is een aangrenzende onverwarmde ruimte ingevoerd), dan geldt:  $\vartheta_{sto;amb} = \vartheta_{ztu;k;zi;H;mi}$  volgens 7.9.7. Indien de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimten niet bekend is (er is niet één aangrenzende onverwarmde ruimte ingevoerd), dan geldt  $\vartheta_{sto;amb} = 13$  °C;
- $f_{sto;dis;ls}$  is de vermenigvuldigingsfactor voor warmteverliezen t.g.v. verbonden leidingen, bepaald volgens 13.6.3;
- $S_{sto;ls;conn}$  is het maximale warmhoudverlies t.g.v. de aansluitingen op het voorraadvat, bepaald volgens 13.6.3, in W.

In afwijking van het bovenstaande mag het energieverlies van een voorraadvat geproduceerd in 2016 of later met een volume van maximaal 500 l ook bepaald worden aan de hand van het energielabel van het voorraadvat conform CDR 812/2013. De verliezen worden dan als volgt berekend:

$$Q_{W;sto;ls;si,mi} = f_{gebouw;si;W} \times f_{sto;bac;acc} \times \frac{t_{mi}}{1000} \times \left( S_{sto;ls} + (f_{sto;dis;ls} - 1) \times S_{sto;ls;conn} \right) \quad (13.59)$$

waarin:

$S_{sto;ls}$  [W] is het maximale gestandaardiseerde warmhoudverlies van het voorraadvat, bepaald volgens 13.6.3.

Voor voorraadvaten met een volume van meer dan 500 l is niet automatisch een energielabel beschikbaar. Voor voorraadvaten van maximaal 2 000 l zijn de vereisten op basis van CDR 814/2013 echter hetzelfde als voor vaten met een volume van maximaal 500 l. Voor beide typen voorraadvaten kan het energieverlies worden bepaald door gebruik te maken van de forfaitaire waarden voor het energielabel op basis van het fabricagejaar. Ook voor voorraadvaten van meer dan 2 000 l mag deze methode gebruikt worden.

Voor voorraadvaten geproduceerd in 2015 of eerder mag voor de bepaling van het energieverlies ook gebruik worden gemaakt van de forfaitaire waarde voor het energielabel.

### 13.6.3 Rekenwaarden

#### Warmteoverdrachtscoëfficiënt

Stand-byverliezen worden meestal bepaald aan de hand van energieverliezen tijdens een 24 uursperiode. Indien voor  $Q_{stb;ls;ref}$  gegevens beschikbaar zijn, dan mag  $H_{sto;ls}$  als volgt bepaald worden:

$$H_{sto;ls} = \frac{1\ 000 \times Q_{stb;ls;ref}}{24 \times (\vartheta_{sto;set;ref} - \vartheta_{amb;ref})} \quad (13.60)$$

waarin:

$Q_{stb;ls;ref}$  is het stand-byverlies onder gestandaardiseerde condities van de testresultaten, in kWh/24 h;

$\vartheta_{sto;set;ref}$  is de watertemperatuur in het voorraadvat bij de gestandaardiseerde condities van de testresultaten, in °C;

$\vartheta_{amb;ref}$  is de omgevingstemperatuur bij de gestandaardiseerde condities van de testresultaten, in °C.

Rond  $H_{sto;ls}$  af naar boven op twee significante cijfers tot de dichtstbijzijnde getalswaarde uit de in bijlage X gegeven reeks.

Het stand-byverlies van elektrische voorraadtoestellen moet worden bepaald met NEN-EN-IEC 60379:2004.

#### Vermenigvuldigingsfactor voor aansluitingen

$f_{sto;dis;ls}$  is een vermenigvuldigingsfactor die wordt gebruikt om het effect te kenmerken van de warmteverliezen van de leidingen en de hulpsystemen die eraan vastzitten. Hiervoor worden de volgende waarden aangehouden:

—  $f_{sto;dis;ls} = 1$ : geen thermische bruggen en geen vloeistofuitwisseling tussen voorraadvat en distributiesysteem waarbij rekening wordt gehouden met de leidingverbindingen. Dit komt overeen met het ideale geval waarin de warmteverliezen volledig worden meegenomen in het distributiedeel of afgifteudeel.

Indien er bij de bepaling van het verlies van het voorraadvat gebruik wordt gemaakt van meetgegevens voor  $H_{sto;ls}$ , dan geldt  $f_{sto;dis;ls} = 1$ .

- $f_{sto;dis;ls} = 2$ : in aanvulling op de situatie bij  $f_{sto;dis;ls} = 3$  of  $f_{sto;dis;ls} = 4$  is er bij een standaardsituatie met 4 of meer dan 4 aansluitingen ook sprake van isolatie van eventuele T-stukken en kleppen die zijn aangesloten op de warmwater- en cv-waterleidingen en van niet-gebruikte aansluitpunten. Deze situatie is ook van toepassing op elektroboilers (met en zonder geïsoleerde leidingen), wanneer er geen meetgegevens beschikbaar zijn.
- $f_{sto;dis;ls} = 3$ : komt overeen met de gebruikelijke situatie in de praktijk: de thermische isolatie is alleen geïnstalleerd op rechte delen van de aangesloten warmtapwater- en cv-waterleidingen, de T-stukken van de leidingen zijn niet geïsoleerd, de kleppen zijn niet geïsoleerd, enz. en er is geen 'heat trap'. In een dergelijk geval worden de warmteverliezen vermenigvuldigd met 3, vergeleken met de theoretische berekening waarbij gebruik wordt gemaakt van de lambdawaarden en dikte van de isolatie. Uitgaande van een standaardsituatie met 4 aansluitingen.
- $f_{sto;dis;ls} = 4$ : gelijk aan de situatie bij  $f_{sto;dis;ls} = 3$ , maar dan met meer dan 4 aansluitingen.
- $f_{sto;dis;ls} = 5$ : ongeïsoleerd.

Bij de bepaling van het aantal aansluitingen op een voorraadvat gaat het om het aantal aansluitpunten, ongeacht of deze aansluitpunten wel of niet zijn aangesloten of in gebruik zijn. Aansluitpunten aan de onderzijde van het voorraadvat mogen buiten beschouwing blijven.

**OPMERKING** Bij elektroboilers zijn er maar 2 aansluitpunten, waardoor de verliezen via de aansluitingen beperkt zijn ten opzichte van een indirect verwarmd vat waarbij er 4 of meer aansluitpunten zijn.

### **Warmhoudverlies door aansluitingen**

Bij bepaling van het warmteverlies van het voorraadvat volgens formule (13.58) wordt het warmhoudverlies door aansluitingen  $S_{sto;ls;conn}$  als volgt bepaald:

$$S_{sto;ls;conn} = \text{MAX}\left(H_{sto;ls} \times 45; S_{sto;ls,labelC}\right) \quad (13.60a)$$

waarin:

$S_{sto;ls;conn}$  is het maximale warmhoudverlies t.g.v. de aansluitingen op het voorraadvat, in W;

$S_{sto;ls,labelC}$  is het maximale gestandaardiseerde warmhoudverlies van het voorraadvat, bij energielabel C, bepaald volgens 13.6.3, in W.

Bij bepaling van het warmteverlies van het voorraadvat volgens formule (13.59) is het warmhoudverlies door aansluitingen afhankelijk van het energielabel van het voorraadvat. Hanteer voor  $S_{sto;ls;conn}$  bij voorraadvaten met energielabel A+, A of B het warmhoudverlies  $S_{sto;ls}$  van het voorraadvat volgens respectievelijk energielabel A+, A of B. In alle overige gevallen kan uitgegaan worden van energielabel C.

### **Warmhoudverlies volgens energielabel**

Het maximale gestandaardiseerde warmhoudverlies van het voorraadvat,  $S_{sto;ls}$ , kan volgens tabel 13.9 afgeleid worden uit het energielabel conform CDR 812/2013.

Voor voorraadvaten geproduceerd in of na 2018 bedraagt het energielabel ten minste label C. Indien het energielabel onbekend is, mag voor het warmhoudverlies van voorraadvaten geproduceerd in of na 2018 daarom uitgegaan worden van energielabel C. Voor het warmhoudverlies van voorraadvaten geproduceerd in 2017 of eerder of wanneer het productiejaar onbekend is, moet uitgegaan worden van label G.

Voor voorraadvaten die zijn ingebouwd in een keuken, kitchenette of pantry, en die alleen worden gebruikt voor warm tapwater in de keuken, mag forfaitair worden uitgegaan van een volume van 10 l.

**Tabel 13.9 — Maximaal warmhoudverlies van het voorraadvat op basis van het energielabel (CDR 812/2013)**

Energie-efficiëntieklas (energielabel)	$S_{sto;ls}$ (in W met opslagvolume $V$ in liter)
A+	$5,5 + 3,16 \times V^{0,4}$
A	$7,0 + 3,7 \times V^{0,4}$
B	$10,25 + 5,09 \times V^{0,4}$
C	$14,33 + 7,13 \times V^{0,4}$
D	$18,83 + 9,33 \times V^{0,4}$
E	$23,5 + 11,99 \times V^{0,4}$
F	$28,5 + 15,16 \times V^{0,4}$
G	$31 + 16,66 \times V^{0,4}$

**OPMERKING** Voor het warmhoudverlies op basis van het energielabel is voor klasse A t/m F uitgegaan van het gemiddelde verlies binnen de labelklassegrenzen.

### 13.6.4 Hulpenergie

#### 13.6.4.1 Principe

Indien er sprake is van een indirect verwarmd voorraadvat, is er sprake van hulpenergie voor de circulatiepomp van het oplaadcircuit. Deze hulpenergie is bij toestellen die als geheel zijn getest, reeds verrekend bij de hulpenergie van het toestel. Ook in andere situaties, wanneer de circulatiepomp van het verwarmingssysteem wordt benut voor het opladen van het voorraadvat, kan de hulpenergie reeds verrekend zijn bij het opweksysteem.

#### 13.6.4.2 Rekenregels

In het geval van een indirect verwarmd voorraadvat geldt voor de hulpenergie van de circulatiepomp van het oplaadcircuit  $W_{W;aux;sto;mi} = 0$ .

### 13.6.5 Terugwinbare systeemverliezen

De terugwinbare energie voor ruimteverwarming wordt voor het voorraadvat als volgt berekend op basis van het energieverlies.

Terugwinbare warmteverliezen van het voorraadvat:

$$Q_{W;sto;ls;rbl;env;zi,mi} = Q_{sto;ls;si,mi} \times f_{sto;rm} \times \frac{A_{g;zi,si}}{A_{g;si;W}} \quad (13.63)$$

waarin:

- $Q_{W;sto;ls;rbl;env;zi,mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare thermische systeemverlies van het verwante opslagsubsysteem voor warm tapwater in maand  $mi$ , in rekenzone  $zi$ , in kWh;
- $Q_{W;sto;ls;si,mi}$  is de totale hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel voorraadvat  $sto$  ten behoeve van warm tapwater van systeem  $si$ , in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.6.2, in kWh;
- $f_{sto;rm}$  is het deel van de warmteverliezen dat wordt overgedragen aan de omgeving met als vaste waarde  $f_{sto;rm} = 1,0$ ;
- $A_{g;zi,si}$  is de gebruiksoppervlakte in zone  $zi$  die door systeem  $si$  wordt bediend, in  $m^2$ ;
- $A_{g;si;W}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, in  $m^2$ , volgens formules (13.19b) of (13.20a).

Het volgende wordt berekend op basis van de waarden van eventueel aanwezige circulatiepompen voor het oplaadcircuit.

Het terugwinbare deel van de hulpenergie dat wordt overgedragen aan het medium:

$$Q_{W;sto;aux;rvd;zi,mi} = W_{W;aux;sto;mi} \times f_{rvd;aux} \quad (13.64)$$

Het terugwinbare deel van de hulpenergie dat wordt overgedragen aan de omgeving:

$$Q_{W;sto;aux;rbl;zi,mi} = W_{W;aux;sto;mi} \times f_{sto;rm} \times (1 - f_{rvd;aux}) \times \frac{A_{g;zi,si}}{A_{g;si;W}} \quad (13.65)$$

waarin:

- $Q_{W;sto;aux;rvd;zi,mi}$  is de voor warm tapwater teruggewonnen energie van het hulpenergiegebruik van een eventuele circulatiepomp van een oplaadcircuit, in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh;
- $f_{rvd;aux}$  is het deel van de hulpenergie dat wordt overgedragen aan het medium; met als vaste waarde  $f_{rvd;aux} = 0$ ;
- $Q_{W;sto;aux;rbl;zi,mi}$  is de voor ruimteverwarming terugwinbare energie van het hulpenergiegebruik van eventueel aanwezige circulatiepompen voor het oplaadcircuit, in maand  $mi$ , in kWh;
- $W_{W;aux;sto;mi}$  is het elektrische-hulpenergiegebruik van het distributiesysteem voor eventueel aanwezige circulatiepompen in het oplaadcircuit, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.6.4.2, in kWh;
- $f_{sto;rm}$  is het deel van de warmteverliezen dat wordt overgedragen aan de omgeving;  $f_{sto;rm} = 1,00$ .
- $A_{g;zi,si}$  is de gebruiksoppervlakte in zone  $zi$  die door systeem  $si$  wordt bediend, in  $m^2$ ;

$A_{g,si,W}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, in  $\text{m}^2$ , volgens formules (13.19b) of (13.20a).

**OPMERKING** Van de hulpenergie wordt een deel overgedragen aan het medium. In tabel B.3 van NEN-EN 15316-5:2017 wordt voor  $f_{rvd;aux} = 0,25$  opgegeven. Dit is echter niet mogelijk. In de opzet van NEN-EN 15316-5 en NEN-EN 15316-1 wordt voor de bepalingswijze van  $Q_{W,dis;si,mi}$  gebruikgemaakt van  $Q_{W,st;aux;rvd;mi}$ . Deze wordt echter weer bepaald op basis van  $Q_{W,dis;si,mi}$ .

## 13.7 Warmtebijdrage zonne-energiesysteem

### 13.7.1 Principe

Bepaal de bijdrage van de door het zonne-energiesysteem geleverde warmte aan warmtapwaterbereiding op basis van de energievraag ten behoeve van warm tapwater, aangeleverd aan het distributiedeel ( $Q_{W,dis;si,mi}$ ).

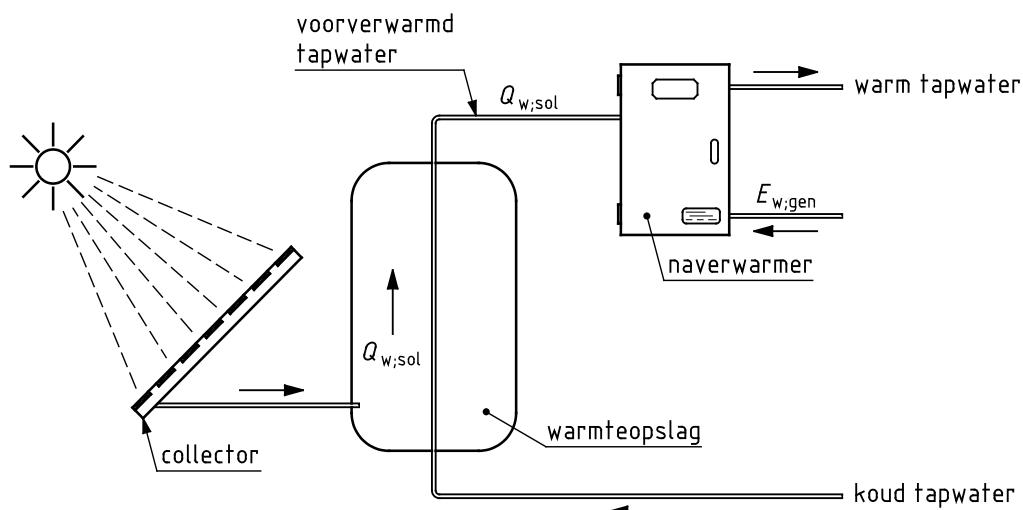
De rekenregels gelden voor de volgende systemen:

- 1) zonneboilers;
- 2) zonnecombisystemen voor verwarming en warm tapwater.

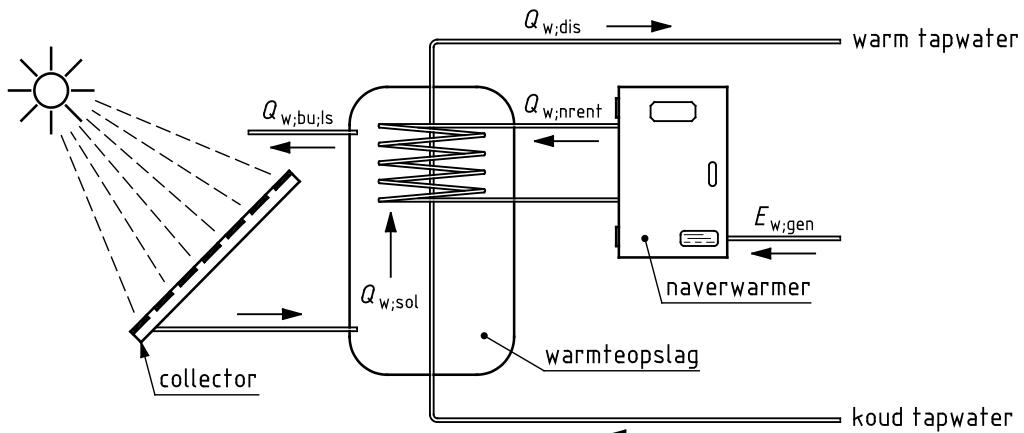
Zonneboilersystemen zijn onder te verdelen in voorverwarmerzonneboilersystemen (SOL\_TYPE = "SER") en systemen met een geïntegreerde naverwarming (SOL\_TYPE = "PAR"), ook wel 'hottop' genoemd. Deze laatste zijn onder te verdelen in twee subcategorieën.

Dit leidt tot de volgende indeling:

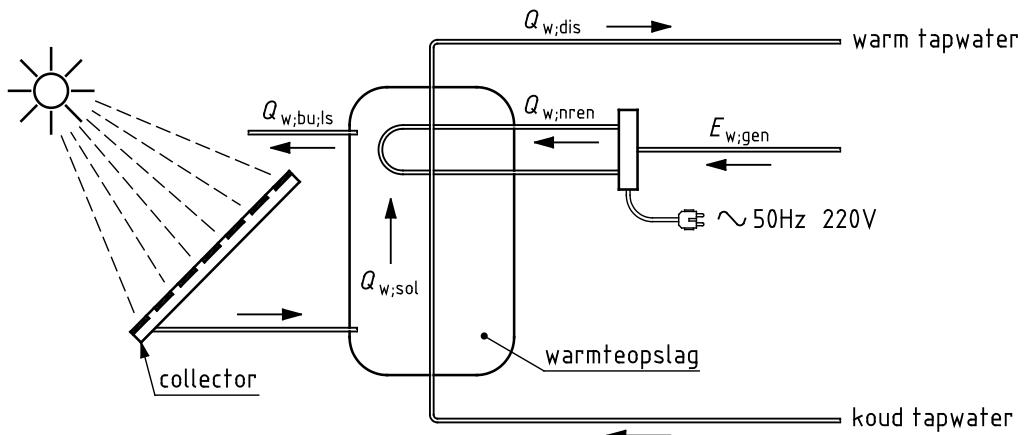
- a) voorverwarmerzonneboilersystemen, zie figuur 13.2;
- b) zonneboilersystemen met geïntegreerde met gas gestookte naverwarming, waarbij de warmte aan het vat wordt overgedragen door een warmtewisselaar, zie figuur 13.3;
- c) zonneboilersystemen met geïntegreerde naverwarming, waarbij de warmte aan het vat wordt overgedragen door een elektrisch element, zie figuur 13.4.



**Figuur 13.2 — Voorverwarmerzonneboiler met naverwarmingstoestel**



**Figuur 13.3 — Zonneboilersysteem met geïntegreerde met gas gestookte naverwarming**



**Figuur 13.4 — Zonneboilersysteem met geïntegreerde elektrische naverwarming**

Een zonne-energiesysteem is altijd gekoppeld aan een tapwater- of verwarmingssysteem:

- een zonne-energiesysteem levert een warmtebijdrage aan één tapwatersysteem of één verwarmingssysteem of aan beide;
- een tapwatersysteem kan door meerdere zonne-energiesystemen gevoed worden:
  - wanneer dit verschillende zonneboilersystemen zijn, dan moeten deze apart opgegeven worden binnen het tapwatersysteem;
  - wanneer het tapwatersysteem gemodelleerd wordt als één groot systeem met meerdere identieke fysieke opweksystemen (met dezelfde opwekkers van hetzelfde merk, type en vermogen en dezelfde energiedragers; bijvoorbeeld bij een woongebouw met een individueel opweksysteem per woning), wordt het systeem ook gevoed door meerdere zonne-energiesystemen. Het fysieke aantal zonne-energiesystemen is dan gelijk aan het fysieke aantal opweksystemen. Bij de bepaling van de door het zonneboilersysteem te leveren of geleverde warmte moet dan rekening gehouden worden met de te leveren warmte per fysiek opweksysteem.

Wanneer er sprake is van delen van een tapwatersysteem die wel en delen die geen gebruik maken van een zonne-energiesysteem, dan is er feitelijk sprake van twee verschillende tapwatersystemen en moet dit ook als twee aparte systemen beschouwd worden.

**OPMERKING** Deze situatie komt bijvoorbeeld voor bij woningen in een woongebouw die allemaal zijn uitgerust met een individuele HR-combiketel voor warm tapwater, maar waarbij alleen de woningen op de bovenste bouwlaag gebruikmaken van een zonne-energiesysteem.

De rekenregels voor de maandelijkse zonnebijdrage zijn gebaseerd op NEN-EN 15316-4-3. Bij de bepaling van de collectoroppervlakte wordt in NEN-EN 15316-4-3 geen onderscheid meer gemaakt tussen de apertuuroppervlakte en de bruto-oppervlakte van de collector. Er wordt gebruikgemaakt van de 'referentie'-oppervlakte. Opgegeven waarden voor het collectorrendement corresponderen immers met een bijbehorende referentieoppervlakte. Alleen bij toepassing van forfaitaire collectorrendementen is een nadere omschrijving van de oppervlakte nodig.

Bepaal de bijdrage van een (PVT-)zonne-energiesysteem aan warmtapwaterbereiding voor alle bovenstaande systemen volgens 13.7.2.

### 13.7.2 Rekenregels

#### 13.7.2.1 Algemeen

De zonnebijdrage van een zonneboilersysteem aan een warmtapwatersysteem en/of ruimteverwarmingssysteem wordt bepaald per zonneboilersysteem *soli*. Een warmtapwatersysteem en/of ruimteverwarmingssysteem kan dus zijn aangesloten op meerdere zonneboilersystemen.

Bepaal de maandelijkse zonnebijdrage voor warm tapwater en voor ruimteverwarming die onder praktijkomstandigheden wordt aangeleverd door (PVT-)zonnecombisystemen of (PVT-)zonneboilersystemen als volgt:

$$Q_{W;ren;prac;si,soli,mi} = f_{gebouw;si;W} \times f_{prac;sol} \times Q_{W;ren;si,mi} \times f_{PVT;th} \quad (13.66)$$

$$Q_{H;ren;prac;si,soli,mi} = f_{gebouw;si;H} \times f_{prac;sol} \times Q_{H;ren;si,mi} \times f_{PVT;th} \quad (13.66a)$$

waarin:

$Q_{W;ren;prac;si,soli,mi}$  is de onder praktijkomstandigheden aangeleverde hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand *mi*, door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie door zonne-energiesysteem *soli*, ten behoeve van systeem *si*, in kWh;

$Q_{H;ren;prac;si,soli,mi}$  is de onder praktijkomstandigheden aangeleverde hoeveelheid energie ten behoeve van ruimteverwarming, in maand *mi*, door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie door zonne-energiesysteem *soli*, ten behoeve van systeem *si*, in kWh;

$f_{gebouw;si;H}$  is de dimensioze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem *si* voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;

$f_{prac;sol}$  is de dimensioze correctiefactor voor de opbrengst van het zonneboilersysteem onder praktijkomstandigheden, met als vaste waarde  $f_{prac;sol} = 0,95$ ;

- $Q_{W;\text{ren};si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie door zonne-energiesysteem  $soli$ , ten behoeve van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.7.2.2 of 13.7.2.3, in kWh;
- $Q_{H;\text{ren};si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van ruimteverwarming, in maand  $mi$ , aangeleverd door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie door zonne-energiesysteem  $soli$ , ten behoeve van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.7.2.2, in kWh;
- $f_{\text{PVT;th}}$  is de thermische reductiefactor voor PVT-systemen, bepaald volgens 13.7.2.4; indien er geen sprake is van een PVT-systeem of wanneer het PVT-systeem is getest volgens NEN-EN-ISO 9806, dan geldt  $f_{\text{PVT;th}} = 1$ .

Bepaal de maandelijkse zonnebijdrage  $Q_{W;\text{ren};si,mi}$  voor zonnecombisystemen en zonneboilersystemen volgens 13.7.2.2 (op basis van NEN-EN 15316-4-3, 'method 2').

Indien testresultaten van zonneboilersystemen beschikbaar zijn volgens NEN-EN 12976 of NEN-EN 12977-2, mag gebruik worden gemaakt van de bepalingswijze in 13.7.2.3 (op basis van NEN-EN 15316-4-3, 'method 1').

### Hulpenergie

Bepaal het maandelijkse hulpenergiegebruik voor de bijdrage van zonne-energiesystemen ten behoeve van warm tapwater en/of ruimteverwarming volgens formule (13.67).

$$W_{W;\text{aux};sol;tot;si,mi} = f_{\text{gebouw};si;W} \times (W_{W;\text{aux};sol;mi} + W_{H;\text{aux};sol;mi}) \quad (13.67)$$

waarin:

- $W_{W;\text{aux};sol;tot;si,mi}$  is de totale hoeveelheid op het eigen perceel afgenoemde elektrische hulpenergie van zonne-energiesysteem  $soli$  ten behoeve van ruimteverwarming en warm tapwater in systeem  $si$ , in maand  $mi$ , in kWh;
- $f_{\text{gebouw};si;W}$  is de dimensiooze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;
- $W_{W;\text{aux};sol;mi}$  is het hulpenergiegebruik voor de bijdrage van een zonne-energiesysteem ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.7.2.2.4 of 13.7.2.3, in kWh;
- $W_{H;\text{aux};sol;mi}$  is het hulpenergiegebruik voor de bijdrage van een zonne-energiesysteem ten behoeve van verwarming, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.7.2.2.5, in kWh.

### Terugwinbare systeemverliezen

Bepaal het maandelijks terugwinbare verlies van zonne-energiesystemen ten behoeve van warm tapwater en/of ruimteverwarming volgens formule (13.68).

$$Q_{W;\text{sol};ls;rbl;tot;mi} = f_{\text{gebouw};si;W} \times (Q_{W;\text{sol};ls;rbl;mi} + Q_{H;\text{sol};ls;rbl;mi}) \quad (13.68)$$

waarin:

$Q_{W;sol;ls;rbl;tot;mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare verlies van het verwante zonne-energiesysteem *soli* voor warm tapwater en/of ruimteverwarming, in maand *mi*, in kWh;

$f_{gebouw;si;W}$  is de dimensioze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem *si* voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;

$Q_{W;sol;ls;rbl;mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare verlies van het verwante zonne-energiesysteem *soli* voor warm tapwater, in maand *mi*, bepaald volgens 13.7.2.2.4 of 13.7.2.3, in kWh;

$Q_{H;sol;ls;rbl;mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare verlies van het verwante zonne-energiesysteem *soli* voor ruimteverwarming, in maand *mi*, bepaald volgens 13.7.2.2.5, in kWh.

### 13.7.2.2 Zonneboilers voor tapwater en/of verwarming

#### 13.7.2.2.1 Algemeen

##### Bedrijfsomstandigheden

De omgevingstemperatuur rond het voorraadvat wordt bepaald door de locatie van het voorraadvat. Er wordt van uitgegaan dat het voorraadvat altijd in een verwarmde ruimte is opgesteld. Dan geldt in het geval dat voor de opwekking van warm tapwater een warmtepomp met als bron ventilatieretourlucht wordt toegepast:

$$\vartheta_{sto;amb;mi} = \vartheta_{int;set;H;stc;zi,mi} \quad [^\circ C] \quad \text{in een verwarmde ruimte} \quad (\text{STO\_LOC} = \text{HS}) \quad (13.69\text{a})$$

In alle andere gevallen geldt:

$$\vartheta_{sto;amb;mi} = \vartheta_{int;set;H;zi,mi} \quad [^\circ C] \quad \text{in een verwarmde ruimte} \quad (\text{STO\_LOC} = \text{HS}) \quad (13.69)$$

waarin:

$\vartheta_{int;set;H;stc;zi,mi}$  [ $^\circ C$ ] is de setpointtemperatuur voor de thermisch geconditioneerde zones van de aangrenzende rekenzone *zi*, bepaald volgens 7.9, in  $^\circ C$ ;

$\vartheta_{int;set;H;zi,mi}$  [ $^\circ C$ ] is de setpointtemperatuur van de rekenzone voor verwarming, bepaald volgens 7.9.4, in  $^\circ C$ ;

$\vartheta_{sto;amb;mi}$  [ $^\circ C$ ] is de omgevingstemperatuur van de ruimte waar het voorraadvat is opgesteld.

##### Rekenwaarden

Als de warmteoverdrachtscoëfficiënt van de warmtewisselaar bekend is, wordt het rendement van het collectorcircuit berekend door:

$$\eta_{loop} = 1 - \frac{\eta_0 \times A_{sol;mod} \times N_{col;soli} \times a_1}{H_{s;sto;hx}} \quad [-] \quad (13.72)$$

waarin:

$\eta_{loop}$	[-]	is het dimensiooze rendement van het collectorcircuit inclusief de invloed van de warmtewisselaar;
$\eta_o$	[-]	is het maximale collectorrendement (bij warmteverlies=0);
$A_{sol;mod}$	[m <sup>2</sup> ]	is de referentieoppervlakte van één collectormodule;
$N_{col;soli}$	[-]	is het aantal geïnstalleerde collectormodules per zonne-energiesysteem <i>soli</i> ;
$a_1$	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	is de eerste-orde-warmteverliescoëfficiënt van de collector;
$H_{s;sto;hx}$	[W/K]	is de warmteoverdrachtscoëfficiënt van de warmtewisselaar van het collectorcircuit voor één voorziening, bepaald volgens formule (13.73).

De referentieoppervlakte van een collector is opgenomen in de productgegevens bij de parameters voor het collectorrendement. Bij toepassing van de forfaitaire parameters voor het collectorrendement uit tabel 13.14 kan voor vacuümbuiscollectoren uitgegaan worden van 60 % van de bruto-oppervlakte (lengte × breedte) van de collectormodule en voor de overige typen collectoren van de volledige bruto-oppervlakte.

In het geval dat een van de parameters van formule (13.72) niet beschikbaar is, mag uitgegaan worden van de forfaitaire waarde  $\eta_{loop} = 0,9$ .

In het geval dat de warmteoverdrachtscoëfficiënt van de warmtewisselaar niet beschikbaar is, kan deze worden berekend volgens:

$$H_{s;sto;hx} = c_1 \times A_{sol;mod} \times N_{col;soli} \quad [W/K] \quad (13.73)$$

waarin:

$c_1$	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	is de vaste waarde $c_1 = 100$ ;
$A_{sol;mod}$	[m <sup>2</sup> ]	is de referentieoppervlakte van één collectormodule;
$N_{col;soli}$	[-]	is het aantal geïnstalleerde collectormodules per zonne-energiesysteem <i>soli</i> .

Als details van de collectorcircuitkarakteristieken bekend zijn, wordt de warmteverliescoëfficiënt van de leidingen in het collectorcircuit berekend als de totale warmteverliezen van de te onderscheiden leidingdelen in het collectorcircuit.

$$H_{loop;p} = \sum_{i=1}^n L_i \times \dot{H}_{pipe;i} \quad [W/K] \quad (13.74)$$

waarin:

$H_{loop;p}$	[W/K]	is de totale warmteverliescoëfficiënt van alle leidingen in het collectorcircuit, inclusief de leidingen tussen de collectoren en leidinggreeksen tussen een collectorreeks en zonneopslagtank;
$L_i$	[m]	is de lengte van het leidingdeel;
$\dot{H}_{pipe;i}$	[W/(m·K)]	is de warmteverliescoëfficiënt van leidingdeel <i>i</i> per zonne-energiesysteem; hiervoor kan gebruik worden gemaakt van de $\Psi$ -waarden in tabel 13.4.

Als de collectorcircuitkarakteristieken niet bekend zijn, wordt de warmteverliescoëfficiënt van de leidingen in het collectorcircuit berekend volgens:

$$H_{\text{loop};p} = H_{\text{loop};p;\text{std}} + H_{\text{loop};p;\text{area}} \times A_{\text{sol};\text{mod}} \times N_{\text{col};\text{soli}} \quad [\text{W/K}] \quad (13.75)$$

waarin:

- $H_{\text{loop};p;\text{std}}$  [W/K] is de factor zoals vastgelegd in tabel 13.10;
- $H_{\text{loop};p;\text{area}}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] is de factor zoals vastgelegd in tabel 13.10;
- $A_{\text{sol};\text{mod}}$  [m<sup>2</sup>] is de referentieoppervlakte van één collectormodule;
- $N_{\text{col};\text{soli}}$  [-] is het aantal collectormodules dat wordt gebruikt per zonne-energiesysteem *soli*.

**Tabel 13.10 — Forfataire waarden voor de berekening van het collectorcircuitwarmteverlies**

Symbool	Forfataire waarde	Eenheid
$H_{\text{loop};p;\text{std}}$	5,0	W/K
$H_{\text{loop};p;\text{area}}$	0,5	W/(m <sup>2</sup> ·K)

## Hulpenergie

$$P_{\text{sol};\text{pmp}} = P_{\text{sol};\text{pmp};\text{std}} + P_{\text{sol};\text{pmp};\text{area}} \times A_{\text{sol};\text{mod}} \times N_{\text{col};\text{soli}} \quad [\text{W}] \quad (13.76)$$

waarin:

- $P_{\text{sol};\text{pmp}}$  [W] is het vermogen van de collectorpomp;
- $P_{\text{sol};\text{pmp};\text{std}}$  [W] is de factor zoals vastgelegd in tabel 13.11;
- $P_{\text{sol};\text{pmp};\text{area}}$  [W/m<sup>2</sup>] is de factor zoals vastgelegd in tabel 13.11;
- $A_{\text{sol};\text{mod}}$  [m<sup>2</sup>] is de referentieoppervlakte van één collectormodule;
- $N_{\text{col};\text{soli}}$  [-] is het aantal collectormodules dat wordt gebruikt per zonne-energiesysteem *soli*.

**Tabel 13.11 — Forfataire waarden voor de berekening van het vermogen van de pomp van de zonneboiler**

Symbool	Waarde	Eenheid
$P_{\text{sol};\text{pmp};\text{std}}$	10	W
$P_{\text{sol};\text{pmp};\text{area}}$	1	W/m <sup>2</sup>

### 13.7.2.2.2 Rekeninstellingen voor warm tapwater

De rekenprocedure voor warm tapwater wordt uitgevoerd:

- als het systeem is ontworpen voor warm tapwater ( $SOL\_USE = WHS$  ('water heating service') of  $SOL\_USE = COMBI$  ('space and water heating service'), en
- voor een maand met energiegebruik voor warm tapwater ( $Q_{W;sol;us;mi} > 0$ ).

Als de rekenmethode niet wordt uitgevoerd, worden alle outputwaarden voor warm tapwater op nul gezet.

Bij de rekenprocedure in 13.7.2.2.2 horen de parameterinstellingen van tabel 13.12.

**Tabel 13.12 — Parameterinstellingen voor warm tapwater**

Symbol	Eenheid	Omschrijving
$Q_{W;sol;us;mi}$	kWh	Maandelijks energiegebruik voor warm tapwater ( $Q_{W;sol;us} = Q_{W;dis;si,mi}$ )
$f_{W;use;mi}$	-	Berekend volgens formule (13.77)
$A_{W;sol;mi}$	$m^2$	Berekend volgens formule (13.78)
$V_{W;sto;tot}$	l	Berekend volgens formule (13.79)
$V_{W;sto;bu}$	l	Berekend volgens formule (13.80)
$H_{W;sto;ls}$	W/K	Berekend volgens formule (13.81)
$H_{W;sto;hx}$	W/K	Snelheid van de warmteoverdracht van de warmtewisselaar voor de volledige opslagtank (= $H_{sto;hx}$ )
$\vartheta_{W;ref;mi}$	$^{\circ}\text{C}$	Berekend volgens formule (13.83)
$\vartheta_{W;low;mi}$	$^{\circ}\text{C}$	Maandgemiddelde koudwatertemperatuur (= $\vartheta_{W;cw;mi} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )
$\vartheta_{W;high;mi}$	$^{\circ}\text{C}$	Warmtapwatertemperatuur (= $\vartheta_{W;hw}$ ) Voor systemen met alleen uittapleidingen: $\vartheta_{W;hw} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Voor systemen met circulatieleidingen: $\vartheta_{W;hw} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_{W;bu;set}$	$^{\circ}\text{C}$	Thermostaatinstelling voor het back-upopslagdeel bestemd voor warm tapwater (= $\vartheta_{W;bu;set}$ )
$W_{W;bu;aux;nom;mi}$	kWh	Hulpenergiegebruik van het back-upopwektoestel voor warm tapwater (= $W_{W;bu;aux;nom;mi}$ )
$Q_{W;bu;ls;nom;mi}$	kWh	Warmteverlies van het back-upopwektoestel voor warm tapwater (= $Q_{W;bu;ls;nom;mi}$ )
$P_{W;sol;pmp}$	W	Berekend volgens formule (13.84)

De factor voor het voor warm tapwater bestemde deel van het systeem wordt berekend volgens formule (13.77).

$$f_{W;use;mi} = \frac{Q_{W;sol;us;mi}}{Q_{W;sol;us;mi} + Q_{H;sol;us;mi}} \quad [ - ] \quad (13.77)$$

Als SOL\_SYS = WH:  $f_{W;use;mi} = 1$

waarin:

- $f_{W;use;mi}$  [-] is de dimensiooze factor voor warm tapwater voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en verwarming;
- $Q_{W;sol;us;mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater; gebruik hiervoor  $Q_{W;dis;si,mi}$  zoals bepaald in 13.1.2; bij zonneboilersystemen met een geïntegreerde naverwarmer vanuit het verwarmingssysteem mag voor de bepaling van  $Q_{W;dis;si,mi}$  in 13.1.2.5  $Q_{W;bu;sto;ls;soli;mi}$  buiten beschouwing gelaten worden;
- $Q_{H;sol;us;mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor ruimteverwarming; gebruik hiervoor de som van  $Q_{H;nod;out}$  en  $Q_{H;nod;ls}$  zoals bepaald in 9.2.3.2 en 9.2.3.3; in het geval van een boosterwarmtepomp voor warm tapwater in combinatie met het gebruik van een zonneboiler voor zowel verwarming als warm tapwater kan bij de bepaling van  $Q_{H;nod;out}$  voor  $Q_{W;BWP,si,in}$   $0,55 \times Q_{W;sol;us}$  aangehouden worden;
- SOL\_SYS [-] zijn de services gevoed door het zonne-energiesysteem.

OPMERKING Met de bij  $Q_{W;sol;us;mi}$  aangegeven vereenvoudiging wordt een iteratieve berekening voorkomen.

In het geval van meerdere zonneboilersystemen *soli* die leveren aan één warmtapwatersysteem en/of ruimteverwarmingssysteem, moet het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater  $Q_{W;sol;us;mi}$  en voor ruimteverwarming  $Q_{H;sol;us;mi}$  worden bepaald per zonneboilersysteem *soli*. Bij meerdere identieke zonneboilersystemen is het niet nodig om dit onderscheid te maken omdat de berekening per zonneboiler hetzelfde resultaat geeft als voor alle zonneboilers samen. Indien er echter sprake is van meerdere verschillende zonneboilers, moeten  $Q_{W;sol;us;mi}$  en  $Q_{H;sol;us;mi}$  verdeeld worden over de verschillende zonneboilers aan de hand van het volume  $V_{sto;tot}$  van de verschillende zonneboilers.

De effectieve collectoroppervlakte bestemd voor warm tapwater wordt berekend volgens formule (13.78).

$$A_{W;sol;mi} = f_{W;use;mi} \times A_{sol;mod} \times N_{col;soli} \quad [m^2] \quad (13.78)$$

waarin:

- $A_{W;sol;mi}$  [ $m^2$ ] is de effectieve collectoroppervlakte bestemd voor warm tapwater, in maand *mi*;
- $f_{W;use;mi}$  [-] is de dimensiooze factor voor warm tapwater voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en verwarming;
- $A_{sol;mod}$  [ $m^2$ ] is de referentieoppervlakte van één collectormodule;
- $N_{col;soli}$  [-] is het aantal geïnstalleerde collectormodules per zonne-energiesysteem *soli*.

De referentieoppervlakte van een collector is opgenomen in de productgegevens bij de parameters voor het collectorrendement. Bij toepassing van de forfataire parameters voor het collectorrendement uit tabel 13.14 kan voor vacuümbuiscollectoren uitgegaan worden van 60 % van de bruto-oppervlakte (lengte × breedte) van de collectormodule en voor de overige typen collectoren van de volledige bruto-oppervlakte.

Het effectieve totale opslagvolume bestemd voor warm tapwater wordt berekend volgens formule (13.79).

$$V_{W;sto;tot} = f_{W;use;mi} \times V_{sto;tot} \quad [l] \quad (13.79)$$

waarin:

- $V_{W;sto;tot}$  [l] is het effectieve totale opslagvolume van het voorraadvat bestemd voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;
- $f_{W;use;mi}$  [-] is de dimensioze factor voor warm tapwater voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en verwarming;
- $V_{sto;tot}$  [l] is het totale volume van het voorraadvat van het zonne-energiesysteem *soli*.

Het effectieve volume van het back-upopslagdeel bestemd voor warm tapwater wordt berekend volgens formule (13.80).

$$V_{W;sto;bu} = f_{W;use;mi} \times V_{sto;bu} \quad [l] \quad (13.80)$$

waarin:

- $V_{W;sto;bu}$  [-] is het effectieve volume van het back-updeel van het voorraadvat van het zonne-energiesysteem bestemd voor warm tapwater;
- $f_{W;use;mi}$  [-] is de dimensioze factor voor warm tapwater voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en verwarming;
- $V_{sto;bu}$  [l] is het volume van het back-updeel van het voorraadvat van het zonne-energiesysteem bestemd voor verwarming;  $V_{sto;bu}$  is nul, indien het voorraadvat alleen is bedoeld voor de opslag van zonnewarmte (voorverwarmer). Indien  $V_{sto;bu}$  onbekend is, dan gelden hiervoor de volgende forfataire waarden:  
indien  $V_{sto} < 80$  l:  $V_{sto;bu} = V_{sto}$ ;  
indien  $V_{sto} \leq 200$  l:  $V_{sto;bu} = 80$  l;  
indien  $V_{sto} \geq 300$  l:  $V_{sto;bu} = 120$  l;  
indien  $200 < V_{sto} < 300$ : interpoleer dan voor  $V_{sto;bu}$  op basis van  $V_{sto}$  tussen bovenstaande waarden voor  $V_{sto;bu}$ .

De effectieve warmteoverdrachtscoëfficiënt voor warm tapwater wordt berekend volgens formule (13.81).

$$H_{W;sto;ls} = f_{W;use;mi} \times H_{sto;ls;tot} \quad [W/K] \quad (13.81)$$

waarin:

- $H_{W;sto;ls}$  [W/K] is de effectieve warmteoverdrachtscoëfficiënt van het deel van het voorraadvat bestemd voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

- $f_{W;use;mi}$  [-] is de dimensioze factor voor warm tapwater voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en verwarming;
- $H_{sto;ls;tot}$  [W/K] is de warmteoverdrachtscoëfficiënt voor het volledige voorraadvat. Volgens opgave van de leverancier ( $UA_{sb,s,a}$  volgens NEN-EN 12977-3); rond deze waarde af naar boven op twee significante cijfers tot de dichtstbijzijnde getalswaarde uit de in bijlage X gegeven reeks. Voor boilervaten vanaf 2016 en van maximaal 500 l mag  $H_{sto;ls;tot}$  volgens formule (13.82) bepaald worden aan de hand van het energielabel van het voorraadvat conform CDR 812/2013. Voor boilervaten van meer dan 500 l kan gebruik worden gemaakt van de forfaitaire waarden voor het energielabel op basis van het productiejaar. NB: het gaat om het energielabel van het voorraadvat, niet om het label van het zonne-energiesysteem.

$$H_{sto;ls;tot} = \frac{S_{sto;ls}}{45} \text{ [W/K]} \quad (13.82)$$

waarin:

- $S_{sto;ls}$  [W] is het maximale gestandaardiseerde warmhouderlies van het voorraadvat, bepaald volgens 13.6.3.

De referentietemperatuur wordt berekend volgens formule (13.83).

$$\vartheta_{W;ref;mi} = 11,6 + 1,18 \times \vartheta_{W;sr} + 3,86 \times \vartheta_{W;cw;mi} - 1,32 \times \vartheta_{e;mi} \text{ [°C]} \quad (13.83)$$

waarin:

- $\vartheta_{W;ref;mi}$  [°C] is de referentietemperatuur voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;
- $\vartheta_{W;sr}$  [°C] is de warmtapwatertemperatuur;  $\vartheta_{W;sr} = 40 \text{ °C}$ ;
- $\vartheta_{W;cw;mi}$  [°C] is de maandgemiddelde koudwatertemperatuur;  $\vartheta_{W;cw;mi} = 10 \text{ °C}$ ;
- $\vartheta_{e;mi}$  [°C] is de maandgemiddelde buitenluchtemperatuur, bepaald volgens 17.2.

Het effectieve pompvermogen voor warm tapwater wordt berekend volgens formule (13.84).

$$P_{W;sol;pmp} = f_{W;use;mi} \times P_{sol;pmp} \text{ [W]} \quad (13.84)$$

waarin:

- $P_{W;sol;pmp}$  [W] is het effectieve vermogen van de collectorpomp voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;
- $f_{W;use;mi}$  [-] is de dimensioze factor voor warm tapwater voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en verwarming;
- $P_{sol;pmp}$  [W] is het vermogen van de collectorpomp volgens opgave van de leverancier of volgens formule (13.76), afgerekend naar boven op twee significante cijfers, bepaald volgens bijlage X.

### 13.7.2.2.3 Rekeninstellingen voor ruimteverwarming

De rekenprocedure voor ruimteverwarming wordt uitgevoerd:

- als het systeem is ontworpen voor ruimteverwarming ( $SOL\_USE = SHS$  ('space heating service') of  $SOL\_USE = COMBI$ ), en
- voor een maand met een ruimteverwarmingsgebruik ( $Q_{W;sol;us;mi} > 0$ ).

Als de rekenmethode niet wordt uitgevoerd, worden alle outputwaarden voor ruimteverwarming op nul gezet.

Bij de rekenprocedure in 13.7.2.2.3 horen de parameterinstellingen van tabel 13.13.

**Tabel 13.13 — Parameterinstellingen voor ruimteverwarming**

Symbool	Eenheid	Omschrijving
$Q_{H;sol;us;mi}$	kWh	Maandelijks energiegebruik voor ruimteverwarming ( $Q_{H;sol;us;} = Q_{H;nod;out;mi} + Q_{H;nod;ls;mi}$ ); in het geval van een boosterwarmtepomp voor warm tapwater in combinatie met het gebruik van een zonneboiler voor zowel verwarming als warm tapwater kan bij de bepaling van $Q_{H;nod;out}$ voor $Q_{W;BWP,si,in}$ $0,55 \times Q_{W;sol;us}$ aangehouden worden.
$f_{use;mi}$	-	Berekend volgens formule (13.85)
$A_{H;sol;mi}$	$m^2$	Berekend volgens formule (13.86)
$V_{H;sto;tot}$	l	Berekend volgens formule (13.87)
$V_{H;sto;bu}$	l	Berekend volgens formule (13.88)
$H_{H;sto;ls}$	W/K	Berekend volgens formule (13.89)
$H_{H;sto;hx}$	W/K	Snelheid van de warmteoverdracht van de warmtewisselaar voor de volledige opslagtank (= $H_{sto;hx}$ )
$\vartheta_{H;ref;mi}$	$^\circ C$	Berekend volgens formule (13.90)
$\vartheta_{H;low;mi}$	$^\circ C$	Luchttemperatuur in een verwarmde ruimte (= $\vartheta_{sto;amb;mi}$ )
$\vartheta_{H;high;mi}$	$^\circ C$	Retourtemperatuur van het distributiesysteem voor de ruimteverwarming (= $\vartheta_{H;dis;rtn}$ )
$\vartheta_{H;bu;set}$	$^\circ C$	Thermostaatinstelling voor de (het) back-upopslag(deel) (bestemd) voor ruimteverwarming (= $\vartheta_{H;bu;set}$ )
$W_{s;bu;aux;nom;mi}$	kWh	Hulpenergiegebruik van het back-upopwektoestel voor ruimteverwarming (= $W_{H;bu;aux;nom;mi}$ )
$Q_{H;bu;ls;nom;mi}$	kWh	Warmteverlies van het back-upopwektoestel voor ruimteverwarming (= $Q_{H;bu;ls;nom;mi}$ )
$P_{H;sol;pmp}$	W	Berekend volgens formule (13.91)

De factor voor het voor ruimteverwarming bestemde deel van het systeem wordt berekend volgens formule (13.85).

$$f_{H;use;mi} = \frac{Q_{H;sol;us;mi}}{Q_{W;sol;us;mi} + Q_{H;sol;us;mi}} \quad [ - ] \quad (13.85)$$

Als SOL\_SYS = SH:  $f_{H;use;mi} = 1$

waarin:

- $f_{H;use;mi}$  [-] is de dimensieloze factor voor ruimteverwarming voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en ruimteverwarming;
- $Q_{W;sol;us;mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater; gebruik hiervoor  $Q_{W;dis;si,mi}$  zoals bepaald in 13.1.2; bij zonneboilersystemen met een geïntegreerde naverwarmer vanuit het verwarmingssysteem mag voor de bepaling van  $Q_{W;dis;si,mi}$  in 13.1.2.5  $Q_{W;bu;sto;ls;soli;mi}$  buiten beschouwing gelaten worden;
- $Q_{H;sol;us;mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor ruimteverwarming; gebruik hiervoor de som van  $Q_{H;nod;out}$  en  $Q_{H;nod;ls}$  zoals bepaald in 9.2.3.2 en 9.2.3.3; in het geval van een boosterwarmtepomp voor warm tapwater in combinatie met het gebruik van een zonneboiler voor zowel verwarming als warm tapwater kan bij de bepaling van  $Q_{H;nod;out}$  voor  $Q_{W;BWP;si,in}$   $0,55 \times Q_{W;sol;us}$  aangehouden worden;
- SOL\_SYS [-] zijn de services gevoed door het zonne-energiesysteem.

In het geval van meerdere zonneboilersystemen *soli* die leveren aan één warmtapwatersysteem en/of ruimteverwarmingssysteem, moet het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater  $Q_{W;sol;us;mi}$  en voor ruimteverwarming  $Q_{H;sol;us;mi}$  worden bepaald per zonneboilersysteem *soli*. Bij meerdere identieke zonneboilersystemen is het niet nodig om dit onderscheid te maken, omdat de berekening per zonneboiler hetzelfde resultaat geeft als voor alle zonneboilers samen. Indien er echter sprake is van meerdere verschillende zonneboilers, moeten  $Q_{W;sol;us;mi}$  en  $Q_{H;sol;us;mi}$  verdeeld worden over de verschillende zonneboilers aan de hand van het volume  $V_{sto;tot}$  van de verschillende zonneboilers.

De effectieve collectoroppervlakte bestemd voor ruimteverwarming wordt berekend volgens formule (13.86).

$$A_{H;sol;mi} = f_{H;use;mi} \times A_{sol;mod} \times N_{col;soli} \quad [m^2] \quad (13.86)$$

waarin:

- $A_{H;sol;mi}$  [ $m^2$ ] is de effectieve collectoroppervlakte bestemd voor ruimteverwarming, in maand *mi*;
- $A_{sol;mod}$  [ $m^2$ ] is de referentieoppervlakte van één collectormodule;
- $N_{col;soli}$  [-] is het aantal geïnstalleerde collectormodules per zonne-energiesysteem *soli*.

De referentieoppervlakte van een collector is opgenomen in de productgegevens bij de parameters voor het collectorrendement. Bij toepassing van de forfaitaire parameters voor het collectorrendement uit tabel 13.14 kan voor vacuümbuiscollectoren uitgegaan worden van 60 % van de bruto-oppervlakte (lengte × breedte) van de collectormodule en voor de overige typen collectoren van de volledige bruto-oppervlakte.

Het effectieve totale opslagvolume bestemd voor ruimteverwarming wordt berekend volgens formule (13.87).

$$V_{H;sto;tot} = f_{H;use;mi} \times V_{sto;tot} \quad [l] \quad (13.87)$$

waarin:

$V_{H;sto;tot}$  [l] is het effectieve totale opslagvolume van het voorraadvat bestemd voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;

$V_{sto;tot}$  [l] is het totale volume van het voorraadvat van het zonne-energiesysteem *soli*.

Het effectieve volume van het back-upopslagdeel bestemd voor ruimteverwarming wordt berekend volgens formule (13.88).

$$V_{H;sto;bu} = f_{H;use;mi} \times V_{sto;bu} \quad [l] \quad (13.88)$$

waarin:

$f_{H;use;mi}$  [-] is de dimensioze factor voor ruimteverwarming voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en ruimteverwarming;

$V_{sto;bu}$  [l] is het volume van het back-updeel van het voorraadvat van het zonne-energiesysteem bestemd voor verwarming.  $V_{sto;bu}$  is nul, indien het voorraadvat alleen is bedoeld voor de opslag van zonnewarmte (voorverwarmer). Indien  $V_{sto;bu}$  onbekend is, dan gelden hiervoor de volgende forfaitaire waarden:  
 indien  $V_{sto} < 80$  l:  $V_{sto;bu} = V_{sto}$ ;  
 indien  $V_{sto} \leq 200$  l:  $V_{sto;bu} = 80$  l;  
 indien  $V_{sto} \geq 300$  l:  $V_{sto;bu} = 120$  l;  
 indien  $200 < V_{sto} < 300$ : interpoleer dan voor  $V_{sto;bu}$  op basis van  $V_{sto}$  tussen bovenstaande waarden voor  $V_{sto;bu}$ .

Het effectieve opslagwarmteverlies voor ruimteverwarming wordt berekend volgens formule (13.89).

$$H_{H;sto;ls} = f_{H;use;mi} \times H_{sto;ls;tot} \quad [W/K] \quad (13.89)$$

waarin:

$H_{H;sto;ls}$  [W/K] is de effectieve warmteoverdrachtscoëfficiënt van het deel van het voorraadvat bestemd voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;

$f_{H;use;mi}$  [-] is de dimensioze factor voor ruimteverwarming voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en verwarming;

$H_{sto;ls;tot}$  [W/K] is de warmteverliescoëfficiënt van de volledige opslagtank. Zie formule (13.82) en de variabele verklaring bij formule (13.81).

De referentietemperatuur wordt berekend volgens formule (13.90).

$$\vartheta_{H;ref;mi} = 0,75 \times \vartheta_{H;dis;rtn} + 55 \quad [^{\circ}C] \quad (13.90)$$

waarin:

$\vartheta_{H;ref;mi}$  [°C] is de referentietemperatuur voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;

$\vartheta_{H;dis;rtn}$  [°C] is de retourtemperatuur van het distributiesysteem voor de ruimteverwarming; gebruik hiervoor  $\vartheta_{H,a;ontw}$  minus  $\Delta\vartheta_{H;ontw}$  volgens 9.4.2;

- $\vartheta_{H,a;ontw}$  [°C] is de ontwerpaanvoertemperatuur van het afgiftesysteem, voor warmtetransport, voor een ontwerptemperatuurklasse, uit tabel 9.14;
- $\Delta\vartheta_{H,ontw}$  [°C] is het ontwerp-aanvoer-retourtemperatuurverschil van het afgiftesysteem, voor warmtetransport, voor een ontwerptemperatuurklasse, uit tabel 9.14.

Het effectieve pompvermogen voor ruimteverwarming wordt berekend volgens formule (13.91).

$$P_{H;sol;pmp} = f_{H;use;mi} \times P_{sol;pmp} \quad [W] \quad (13.91)$$

waarin:

- $P_{H;sol;pmp}$  [W] is het effectieve vermogen van de collectorpomp voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;
- $f_{H;use;mi}$  [-] is de dimensieloze factor voor ruimteverwarming voor verdeling van het zonne-energiesysteem over warm tapwater en verwarming;
- $P_{sol;pmp}$  [W] is het vermogen van de collectorpomp volgens opgave van de leverancier of bepaald volgens formule (13.76), afgerond naar boven op twee significante cijfers, bepaald volgens bijlage X.

#### 13.7.2.2.4 Berekeningsmethode tapwater

In deze paragraaf wordt de berekening uitgevoerd voor het tapwaterdeel van het zonneboilersysteem. De berekening voor het ruimteverwarmingsdeel vindt op analoge wijze plaats in 13.7.2.2.5.

De correctiefactor van de capaciteit van het voorraadvat wordt berekend volgens formule (13.92).

$$f_{W;sto;mi} = \left( \frac{75 \times A_{W;sol;mi}}{V_{W;sto;sol}} \right)^{0,25} \quad [I] \quad (13.92)$$

waarin:

- $f_{W;sto;mi}$  [-] is de dimensieloze correctiefactor voor de capaciteit van het voorraadvat voor warm tapwater;

- $A_{W;sol;mi}$  [ $m^2$ ] is de effectieve collectoroppervlakte bestemd voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

- $V_{W;sto;sol}$  [I] is het opslagvolume specifiek voor gegenereerde zonnewarmte voor warm tapwater berekend afhankelijk van het systeemtype (SOL\_TYPE);

als SOL\_TYPE = "SER":

$$V_{W;sto;sol} = V_{W;sto;tot} \quad [I]$$

als SOL\_TYPE = "PAR":

$$V_{W;sto;sol} = V_{W;sto;tot} \times (1 - f_{aux}) \quad [I] \quad (13.93)$$

- $V_{W;sto;tot}$  [I] is het effectieve totale opslagvolume van het voorraadvat bestemd voor warm tapwater volgens formule (13.79);

- $f_{aux}$  [-] berekend volgens formule (13.94).

Het aandeel van het voorraadvat gebruikt voor back-upverwarming wordt berekend volgens formule (13.94).

$$f_{aux} = f_{bu} \times \frac{V_{W;sto;bu}}{V_{W;sto;tot}} [-] \quad (13.94)$$

waarin:

- $f_{aux}$  [-] is het aandeel van het voorraadvat gebruikt voor back-upverwarming;
- $f_{bu}$  [-] is de controlecoëfficiënt voor de back-upverwarming;  
er wordt uitgegaan van continu gebruik:  $f_{bu} = 1,0$  (NEN-EN 15316-4-3:2017, tabel B.15);
- $V_{W;sto;bu}$  [-] is het effectieve volume van het back-updeel van het voorraadvat van het zonne-energiesysteem bestemd voor warm tapwater, berekend volgens formule (13.80);
- $V_{W;sto;tot}$  [l] is het effectieve totale opslagvolume van het voorraadvat bestemd voor warm tapwater volgens formule (13.79).

Het warmteverlies van het back-updeel van de opslag bestemd voor verwarming wordt berekend volgens formule (13.95).

$$Q_{W;bu;sto;ls;(sol_i)mi} = H_{W;sto;ls} \times \frac{V_{W;sto;tot} - V_{W;sto;sol}}{V_{W;sto;tot}} \times (\vartheta_{W;bu;set} - \vartheta_{sto;amb;mi}) \times \frac{t_{mi}}{1\ 000} [\text{kWh}] \quad (13.95)$$

waarin:

$Q_{W;bu;sto;ls;(sol_i)mi}$  [kWh] is de hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel naverwarmerdeel van een zonneboileropslagvat (*soli*) ten behoeve van warm tapwater van systeem *si*, in maand *mi*;

- $H_{W;sto;ls}$  [W/K] is de effectieve warmteoverdrachtscoëfficiënt voor het volledige voorraadvat bestemd voor warm tapwater;
- $V_{W;sto;tot}$  [l] is het effectieve totale opslagvolume van het voorraadvat bestemd voor warm tapwater volgens formule (13.79);
- $V_{W;sto;sol}$  [l] is het opslagvolume specifiek voor gegenereerde zonnewarmte voor warm tapwater berekend afhankelijk van het systeemtype (SOL\_TYPE) volgens (13.93), in l;
- $\vartheta_{W;bu;set}$  [°C] is de ingestelde temperatuur van het back-updeel voor warm tapwater:  
— voor tapwatersystemen met alleen uittapleidingen:  $\vartheta_{W;bu;set} = \vartheta_{sto;set} = 60$  °C;  
— voor tapwatersystemen met circulatieleidingen:  $\vartheta_{W;bu;set} = \vartheta_{sto;set} = 65$  °C;
- $\vartheta_{sto;amb;mi}$  [°C] is de omgevingstemperatuur van de ruimte waar het voorraadvat is opgesteld;
- $t_{mi}$  [h] is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand *mi*, bepaald volgens 17.2.

**OPMERKING 1** Als het rendement van het back-upopwektoestel is bepaald inclusief de warmteverliezen van het voorraadvat, dan wordt  $Q_{W;bu;sto;ls;(soli,)mi}$  op nul gezet om een dubbeltelling van dit warmteverlies te voorkomen.

Het energiegebruik toegepast op het zonnedeel van het systeem wordt berekend volgens formule (13.96).

$$Q_{W;sol;ls;us;mi} = \frac{Q_{W;sol;us;mi}}{f_{gebouw;si;W}} + Q_{W;bu;sto;ls;mi} \quad (13.96)$$

waarin:

- $Q_{W;sol;ls;us;mi}$  [kWh] is het energiegebruik voor warm tapwater toegepast op het zonnedeel van het systeem, in kWh;
- $f_{gebouw;si;W}$  [-] is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;
- $Q_{W;sol;us;mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater; gebruik hiervoor  $Q_{W;dis;si,mi}$  zoals bepaald in 13.1.2;
- $Q_{W;bu;sto;ls;(soli,)mi}$  [kWh] is de hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel naverwarmerdeel van een zonneboileropslagvat ( $soli$ ) ten behoeve van warm tapwater van systeem  $si$ , in maand  $mi$ .

In het geval van meerdere zonneboilersystemen  $soli$  die leveren aan één warmtapwatersysteem, moet het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater  $Q_{W;sol;us;mi}$  worden bepaald per zonneboilersysteem  $soli$ . Bij meerdere identieke zonneboilersystemen kan dit bepaald worden door te delen door het aantal zonneboilers  $N_{soli}$ . Indien er echter sprake is van meerdere verschillende zonneboilers, moet  $Q_{W;sol;us;mi}$  verdeeld worden over de verschillende zonneboilers aan de hand van het volume  $V_{sto;tot}$  van de verschillende zonneboilers.

De bijdrage van het zonne-energiesysteem aan het energiegebruik wordt berekend in vier stappen. Bereken voor de eerste stap, de eerste schatting van de zonnebijdrage, eerst de waarde van de dimensieloze variabelen  $X_{W;mi}$  en  $Y_{W;mi}$ .

De waarde van de factor  $X_{W;mi}$  wordt berekend volgens formule (13.97).

$$X_{W;mi} = \frac{A_{W;sol;mi} \times H_{W;loop} \times \eta_{loop} \times (\vartheta_{W;ref;mi} - \vartheta_{e;mi}) \times f_{W;sto;mi} \times t_{mi}}{Q_{W;sol;ls;us;mi} \times 1\ 000} \quad [-] \quad (13.97)$$

De minimumwaarde van  $X_{W;mi} = 0$  en de maximumwaarde van  $X_{W;mi} = 18$ .

Waarin:

- $X_{W;mi}$  [-] is de dimensieloze variabele  $X$  voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;
- $A_{W;sol;mi}$  [ $m^2$ ] is de effectieve collectoroppervlakte bestemd voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

$H_{W;\text{loop}}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] is de warmteverliescoëfficiënt van het collectorcircuit (leidingen en collector) berekend volgens formule (13.98);

$\eta_{\text{loop}}$  [-] is het dimensiooze rendement van het collectorcircuit inclusief de invloed van de warmtewisselaar, berekend volgens formule (13.72);

$\vartheta_{W;\text{ref};mi}$  [°C] is de referentitemperatuur voor warm tapwater, in maand *mi*, berekend volgens formule (13.83);

$\vartheta_{e;mi}$  [°C] is de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur bepaald volgens 17.2;

$f_{W;\text{sto};mi}$  [-] is de dimensiooze correctiefactor voor de capaciteit van het voorraadvat voor warm tapwater, berekend volgens formule (13.92);

$Q_{W;\text{sol};ls;us;mi}$  [kWh] is het energiegebruik voor warm tapwater toegepast op het zonnedeel van het systeem.

$$H_{W;\text{loop}} = a_1 + a_2 \times 40 + \frac{H_{\text{loop};p}}{A_{W;\text{sol};mi}} \quad [\text{W/m}^2\cdot\text{K}] \quad (13.98)$$

waarin:

$H_{W;\text{loop}}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] is de warmteverliescoëfficiënt van het collectorcircuit (leidingen en collector);

$a_1$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] is de warmteverliescoëfficiënt;

$a_2$  [W/(m<sup>2</sup>·K<sup>2</sup>)] is de temperatuurafhankelijkheid van de warmteverliescoëfficiënt;

$H_{\text{loop};p}$  [W/K] is de totale warmteverliescoëfficiënt van alle leidingen in het collectorcircuit, inclusief de leidingen tussen de collectoren en leidinggreeksen tussen een collectorreeks en zonneopslagtank, volgens opgave van de leverancier of bepaald met formule (13.74) of (13.75);

$A_{W;\text{sol};mi}$  [m<sup>2</sup>] is de effectieve collectoroppervlakte bestemd voor warm tapwater, in maand *mi*.

Ontleen de waarde voor  $a_1$  en  $a_2$  aan productspecificaties. Forfaitaire rekenwaarden zijn gegeven in tabel 13.14.

**Tabel 13.14 — Forfaitaire waarden voor de parameters van het collectorrendement**

Symbol	Niet-beglaasde collector of onbekend type	Beglaasde collector	Vacuümbuis-collector	
$\eta_0$	0,8	0,8	0,8	[-]
$a_1$	15,0	3,5	1,8	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$a_2$	0	0	0	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$K_{\text{hem}}(50^\circ)$	1,0	0,94	1,0	[-]

De waarde van de factor  $Y_{W;mi}$  wordt berekend volgens formule (13.99).

$$Y_{W;mi} = \frac{A_{W;sol;mi} \times K_{\text{hem}}(50^\circ) \times \eta_0 \times \eta_{\text{loop}} \times I_{\text{sol};mi} \times F_{\text{sh};\text{obst};mi} \times t_{mi}}{Q_{W;\text{sol};ls;\text{us};mi} \times 1\ 000} \quad [ - ] \quad (13.99)$$

De minimumwaarde van  $Y_{W;mi} = 0$ .

Waarin:

- $Y_{W;mi}$  [-] is de dimensieloze variabele  $Y$  voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;
- $A_{W;sol;mi}$  [ $\text{m}^2$ ] is de effectieve collectoroppervlakte bestemd voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;
- $K_{\text{hem}}(50^\circ)$  [-] is de hoekafhankelijkheidscoëfficiënt van de zonnecollector. Ontleen de waarde aan productspecificaties; forfataire rekenwaarden zijn gegeven in tabel 13.14;
- $\eta_0$  [-] is het maximale collectorrendement. Ontleen de waarde aan productspecificaties; forfataire rekenwaarden zijn gegeven in tabel 13.14;
- $\eta_{\text{loop}}$  [-] is het dimensieloze rendement van het collectorcircuit inclusief de invloed van de warmtewisselaar, berekend volgens formule (13.72);
- $I_{\text{sol};mi}$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] is de opvallende zonnestraling in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2;
- $F_{\text{sh};\text{obst};mi}$  is de dimensieloze beschaduwingsreductiefactor van het desbetreffende zonnewarmtesysteem in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.3;
- $Q_{W;\text{sol};ls;\text{us};mi}$  [ $\text{kWh}$ ] is het energiegebruik voor warm tapwater toegepast op het zonnedeel van het systeem.

De eerste schatting van de zonnebijdrage wordt berekend volgens formule (13.100).

$$Q_{W;\text{sol};tmp;mi} = f_{\text{app}} \cdot (a \cdot Y_{mi} + b \cdot X_{mi} + c \cdot Y_{mi}^2 + d \cdot X_{mi}^2 + e \cdot Y_{mi}^3 + f \cdot X_{mi}^3) \cdot Q_{W;\text{sol};ls;\text{us};mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.100)$$

De minimumwaarde van  $Q_{W;\text{sol};tmp;mi} = 0$ .

Waarin:

- $Q_{W;\text{sol};tmp;mi}$  [ $\text{kWh}$ ] is de eerste schatting van de zonnebijdrage voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;
- $f_{\text{app}}$  [-] is een correctiefactor met als standaardwaarde 1,08;
- a.. f [-] zijn constanten vastgelegd in tabel 13.15;
- $Q_{W;\text{sol};ls;\text{us};mi}$  [ $\text{kWh}$ ] is het energiegebruik voor warm tapwater toegepast op het zonnedeel van het systeem.

**Tabel 13.15 — Correlatiefactoren (NEN-EN 15316-4-3, tabel B.18)**

<b>Factor</b>	<b>Wateropslag (de collector is verbonden aan het voorraadvat)</b>
<b>a</b>	1,029
<b>b</b>	-0,065
<b>c</b>	-0,245
<b>d</b>	0,001 8
<b>e</b>	0,021 5
<b>f</b>	0

De eerste schatting van de zonnefractie wordt berekend volgens formule (13.101).

$$f_{W;\text{tmp};mi} = \frac{Q_{W;\text{sol};\text{tmp};mi}}{Q_{W;\text{sol};ls;us;mi}} \quad [ - ] \quad (13.101)$$

De maximumwaarde van  $f_{W;\text{tmp};mi} = 1$ .

Waarin:

$f_{W;\text{tmp};mi}$  [-] is de eerste schatting van de dimensioze zonnebijdrage van het zonne-energiesysteem voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

$Q_{W;\text{sol};\text{tmp};mi}$  [kWh] is de eerste schatting van de zonnebijdrage voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

$Q_{W;\text{sol};ls;us;mi}$  [kWh] is het energiegebruik voor warm tapwater toegepast op het zonnedeel van het systeem.

Het warmteverlies van de opslag van het zonneboilerdeel wordt berekend volgens formule (13.102), in kWh.

$$Q_{W;\text{sol};sto;ls;mi} = H_{W;\text{sto};ls} \times \frac{V_{W;\text{sto};sol}}{V_{W;\text{sto};tot}} \times \left( \vartheta_{W;\text{low}} + (\vartheta_{W;\text{high}} - \vartheta_{W;\text{low}}) \times f_{W;\text{tmp};mi} - \vartheta_{sto;\text{amb};mi} \right) \times f_{W;\text{tmp};mi} \times \frac{t_{mi}}{1000} \quad (13.102)$$

De minimumwaarde van  $Q_{W;\text{sol};sto;ls;mi} = 0$ .

Waarin:

$Q_{W;\text{sol};sto;ls;mi}$  [kWh] is het warmteverlies van de opslag van het zonneboilerdeel voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

$\vartheta_{W;\text{low};mi}$  [°C] is de maandgemiddelde koudwatertemperatuur ( $= \vartheta_{W;\text{cw};mi} = 10$  °C);

- $\vartheta_{W;high;mi}$  [°C] is de warmtapwatertemperatuur (=  $\vartheta_{W;hw}$ ):
- voor systemen met alleen uittapleidingen:  $\vartheta_{W;hw} = 60$  °C;
  - voor systemen met circulatieleidingen:  $\vartheta_{W;hw} = 65$  °C.

De zonnebijdrage wordt berekend volgens formule (13.103).

$$Q_{W;sol;out;mi} = Q_{W;sol;tmp;mi} - Q_{W;sol;sto;ls;mi} \text{ [kWh]} \quad (13.103)$$

De minimumwaarde van  $Q_{W;sol;out;mi} = 0$ .

$$Q_{W;ren;si;mi} = Q_{W;sol;out;mi} \text{ [kWh]} \quad (13.104)$$

waarin:

- $Q_{W;sol;out;mi}$  [kWh] is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie, ten behoeve van systeem  $si$ ;
- $Q_{W;sol;sto;ls;mi}$  [kWh] is het warmteverlies van de opslag van het zonneboilerdeel voor warm tapwater, in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{W;ren;si;mi}$  [kWh] is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie, ten behoeve van systeem  $si$ , in kWh.

Rond  $Q_{W;ren;si;mi}$  af naar beneden op twee significante cijfers tot de dichtstbijzijnde getalswaarde uit de in bijlage X gegeven reeks.

De bijdrage van de back-upverwarming aan het energiegebruik wordt berekend volgens formule (13.105).

$$Q_{W;bu;out;mi} = \frac{Q_{W;sol;us;mi}}{f_{gebouw;si;W}} - Q_{W;sol;out;mi} + Q_{W;bu;sto;ls;mi} \text{ [kWh]} \quad (13.105)$$

De minimumwaarde van  $Q_{W;bu;out;mi} = 0$ .

Waarin:

- $Q_{W;bu;out;mi}$  [kWh] is de output van de naverwarmer;
- $Q_{W;sol;us;mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater; gebruik hiervoor  $Q_{W;dis;si;mi}$  zoals bepaald in 13.1.2;
- $f_{gebouw;si;W}$  is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2.

In het geval van meerdere zonneboilersystemen  $soli$  die leveren aan één warmtapwatersysteem, moet het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater  $Q_{W;sol;us;mi}$  worden bepaald per zonneboilersysteem  $soli$ . Bij meerdere identieke zonneboilersystemen kan dit bepaald worden door te

delen door het aantal zonneboilers  $N_{sol}$ . Indien er echter sprake is van meerdere verschillende zonneboilers moet  $Q_{W;sol;us;mi}$  verdeeld worden over de verschillende zonneboilers aan de hand van het volume  $V_{sto;tot}$  van de verschillende zonneboilers.

Het warmteverlies van het back-upwarmtecircuit wordt berekend volgens formule (13.106).

$$Q_{W;bu;dis;ls;mi} = f_{bu;ins} \times Q_{W;bu;out;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.106)$$

waarin:

$Q_{W;bu;dis;ls;mi}$  [kWh] is het warmteverlies van het naverwarmerdeel voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

$f_{bu;ins}$  [-] is de factor die het effect beschrijft van het isoleren van het back-upwarmtecircuit, met als forfaitaire waarde  $f_{bu;ins} = 0$ .

Het totale terugwinbare verlies van het zonne-energiesysteem wordt berekend volgens formule (13.107).

$$Q_{W;sol;ls;rbl;mi} = f_{rbl} \times (Q_{W;sol;sto;ls;mi} + Q_{W;bu;sto;ls;mi} + Q_{W;bu;dis;ls;mi}) \quad [\text{kWh}] \quad (13.107)$$

waarin:

$Q_{W;sol;ls;rbl;mi}$  [kWh] is het voor ruimteverwarming terugwinbare verlies van het verwante zonne-energiesysteem *soli* voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

$f_{rbl}$  [-] is de factor die het terugwinbare deel van het warmteverlies beschrijft. Voor verwarmde ruimten:  $f_{rbl} = 1$ , voor onverwarmde ruimten:  $f_{rbl} = 0$  (op basis van NEN-EN 15316-4-3:2017, tabel B.17).

OPMERKING 2 Er wordt van uitgegaan dat alle installatieonderdelen zich op dezelfde locatie bevinden.

Het hulpenergiegebruik wordt berekend volgens formule (13.108).

$$W_{W;aux;sol;mi} = P_{W;sol;pmp} \times \frac{t_{W;aux;mi}}{1\ 000} \quad [\text{kWh}] \quad (13.108)$$

waarin:

$W_{W;aux;sol;mi}$  [kWh] is het hulpenergiegebruik voor de bijdrage van de zonneboiler aan het energiegebruik voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

$P_{W;sol;pmp}$  [W] is het effectieve vermogen van de collectorpomp voor warm tapwater, in maand  $mi$ , volgens formule (13.84);

$t_{W;aux;mi}$  [h] is de maandelijkse bedrijfstijd van de collectorpomp, berekend volgens formule (13.109).

De verdeling van de jaarlijkse bedrijfstijd van de collectorpomp naar maandwaarden wordt berekend volgens formule (13.109).

$$t_{W;aux;mi} = \frac{I_{sol;mi}}{\sum_{mi=1}^{12} I_{sol;mi}} \times t_{W;aux} \quad [\text{h}] \quad (13.109)$$

waarin:

$I_{sol;mi}$  [W/m<sup>2</sup>] is de opvallende zonnestraling in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2;

$t_{w;aux}$  [h] is de jaarlijkse bedrijfstijd van de collectorpomp, vaste waarde  $t_{aux} = 1\ 500$  h bij zonneboilers die alleen leveren aan tapwater (SOL\_USE=WHS) en  $t_{aux} = 2\ 000$  h bij zonneboilers die leveren aan tapwater en verwarming (SOL\_USE=COMBI).

### 13.7.2.2.5 Berekeningsmethode verwarming

In deze paragraaf wordt de berekening uitgevoerd voor het verwarmingsdeel van het zonneboilersysteem.

De correctiefactor van de capaciteit van het voorraadvat wordt berekend volgens formule (13.110).

$$f_{H;sto;mi} = \left( \frac{75 \times A_{H;sol;mi}}{V_{H;sto;sol}} \right)^{0,25} \quad [l] \quad (13.110)$$

waarin:

$f_{H;sto;mi}$  [-] is de dimensioze correctiefactor voor de capaciteit van het voorraadvat voor verwarming;

$A_{H;sol;mi}$  [m<sup>2</sup>] is de effectieve collectoroppervlakte bestemd voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;

$V_{H;sto;sol}$  [l] is het opslagvolume specifiek voor gegenereerde zonnewarmte berekend afhankelijk van het systeemtype (SOL\_TYPE); als SOL\_TYPE = "SER":

$$V_{H;sto;sol} = V_{H;sto;tot} \quad [l]$$

als SOL\_TYPE = "PAR"

$$V_{H;sto;sol} = V_{H;sto;tot} \times (1 - f_{aux}) \quad [l] \quad (13.111)$$

$V_{H;sto;tot}$  [l] is het totale volume van het voorraadvat voor ruimteverwarming volgens formule (13.87);

$f_{aux}$  [-] berekend volgens formule (13.112).

Het aandeel van het opslagtankvolume gebruikt voor back-upverwarming wordt berekend volgens formule (13.112).

$$f_{aux} = f_{bu} \times \frac{V_{H;sto;bu}}{V_{H;sto;tot}} \quad [-] \quad (13.112)$$

waarin:

$f_{bu}$  [-] is de controlecoëfficiënt voor de back-upverwarming; er wordt uitgegaan van continu gebruik:  $f_{bu} = 1,0$  (NEN-EN 15316-4-3:2017, tabel B.15);

$V_{H;sto;bu}$  [l] is het effectieve volume van het back-upopslagdeel bestemd voor ruimteverwarming. Dit wordt berekend volgens formule (13.88).

Het warmteverlies van het back-updeel van de opslag bestemd voor verwarming wordt berekend volgens formule (13.113).

$$Q_{H;bu;sto;ls;mi} = H_{H;sto;ls} \times \frac{V_{H;sto;tot}-V_{H;sto;sol}}{V_{H;sto;tot}} \times (\vartheta_{H;bu;set} - \vartheta_{sto;amb;mi}) \times \frac{t_{mi}}{1\ 000} \text{ [kWh]} \quad (13.113)$$

waarin:

- $Q_{H;bu;sto;ls;mi}$  [kWh] is de hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel naverwarmerdeel van een zonneboileropslagvat ten behoeve van ruimteverwarming van systeem  $si$ , in maand  $mi$ ;
- $H_{H;sto;ls}$  [W/K] is de effectieve warmteoverdrachtscoëfficiënt van het deel van het voorraadvat bestemd voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ , volgens formule (13.89);
- $V_{H;sto;tot}$  [l] is het effectieve totale opslagvolume van het voorraadvat bestemd voor ruimteverwarming volgens formule (13.87);
- $V_{H;sto;sol}$  [l] is het opslagvolume specifiek voor gegenereerde zonnewarmte berekend afhankelijk van het systeemtype (SOL\_TYPE) volgens formule (13.111);
- $\vartheta_{H;bu;set}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] is de thermostaatinstelling voor het naverwarmerdeel bestemd voor ruimteverwarming; gebruik hiervoor  $\vartheta_{H,a;ontw}$  volgens 9.4.2;
- $\vartheta_{H,a;ontw}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] is de ontwerpaanvoertemperatuur van het afgiftesysteem, voor warmtetransport, voor een ontwerptemperatuurklasse, uit tabel 9.14.

**OPMERKING 1** Als het rendement van het back-upopwektoestel is bepaald inclusief de warmteverliezen van het voorraadvat, dan wordt,  $Q_{H;bu;sto;ls;mi}$  op nul gezet om een dubbeltelling van dit warmteverlies te voorkomen.

Het energiegebruik toegepast op het zonnedeel van het systeem wordt berekend volgens formule (13.114).

$$Q_{H;sol;ls;us;mi} = \frac{Q_{H;sol;us;mi}}{f_{gebouw;si;H}} + Q_{H;bu;sto;ls;mi} \quad (13.114)$$

waarin:

- $Q_{H;sol;ls;us;mi}$  [kWh] is het energiegebruik voor ruimteverwarming toegepast op het zonnedeel van het systeem;
- $Q_{H;sol;us;mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor ruimteverwarming; gebruik hiervoor de som van  $Q_{H;nod;out}$  en  $Q_{H;nod;ls}$  zoals bepaald in 9.2.3.2 en 9.2.3.3; in het geval van een boosterwarmtepomp voor warm tapwater in combinatie met het gebruik van een zonneboiler voor zowel verwarming als warm tapwater kan bij de bepaling van  $Q_{H;nod;out}$  voor  $Q_{W;BWP,si;in}$   $0,55 \times Q_{W;sol;us}$  aangehouden worden;
- $f_{gebouw;si;H}$  [-] is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwindstallatie  $si$  voor de functie verwarming, volgens 9.1;

$Q_{H;bu;sto;ls;mi}$  [kWh] is de hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel naverwarmerdeel van een zonneboileropslagvat ten behoeve van ruimteverwarming van systeem  $si$ , in maand  $mi$ .

$$X_{H;mi} = \frac{A_{H;sol;mi} \times H_{H;\text{loop}} \times \eta_{\text{loop}} \times (\vartheta_{H;\text{ref};mi} - \vartheta_{e;mi}) \times f_{H;\text{sto};mi} \times t_{mi}}{Q_{H;sol;ls;us;mi} \times 1000} \quad [ - ] \quad (13.115)$$

De minimumwaarde van  $X_{H;mi} = 0$  en de maximumwaarde van  $X_{H;mi} = 18$ .

waarin:

- $X_{H;mi}$  [-] is de dimensiooze variabele  $X$  voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;
- $A_{H;sol;mi}$  [ $\text{m}^2$ ] is de effectieve collectoroppervlakte bestemd voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;
- $H_{H;\text{loop}}$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] is de warmteverliescoëfficiënt van het collectorcircuit (leidingen en collector) berekend volgens formule (13.116);
- $\eta_{\text{loop}}$  [-] is het dimensiooze rendement van het collectorcircuit inclusief de invloed van de warmtewisselaar, berekend volgens formule (13.72);
- $\vartheta_{H;\text{ref};mi}$  [ $^\circ\text{C}$ ] is de referentitemperatuur voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ , berekend volgens formule (13.90);
- $\vartheta_{e;mi}$  [ $^\circ\text{C}$ ] is de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur bepaald volgens 17.2;
- $f_{H;\text{sto};mi}$  [-] is de dimensiooze correctiefactor voor de capaciteit van het voorraadvat voor verwarming, berekend volgens formule (13.110).

$$H_{H;\text{loop}} = a_1 + a_2 \times 40 + \frac{H_{\text{loop};p}}{A_{H;sol;mi}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (13.116)$$

waarin:

- $H_{H;\text{loop}}$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] is de warmteverliescoëfficiënt van het collectorcircuit (leidingen en collector);
- $H_{\text{loop};p}$  [ $\text{W}/\text{K}$ ] is de totale warmteverliescoëfficiënt van alle leidingen in het collectorcircuit, inclusief de leidingen tussen de collectoren en leidinggreeksen tussen een collectorreeks en zonneopslagtank, volgens opgave van de leverancier of bepaald met formule (13.74) of (13.75);
- $a_1$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] is de warmteverliescoëfficiënt;
- $a_2$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$ ] is de temperatuurafhankelijkheid van de warmteverliescoëfficiënt.

Ontleen de waarde voor  $a_1$  en  $a_2$  aan productspecificaties. Forfaitaire rekenwaarden zijn gegeven in tabel 13.14.

$$Y_{H;mi} = \frac{A_{H;sol;mi} \times K_{\text{hem}}(50^\circ) \times \eta_0 \times \eta_{\text{loop}} \times I_{\text{sol};mi} \times F_{\text{sh};ob;mi} \times t_{mi}}{Q_{H;sol;ls;us;mi} \times 1000} \quad [ - ] \quad (13.117)$$

De minimumwaarde van  $Y_{H;mi} = 0$ .

waarin:

- $Y_{H;mi}$  [-] is de dimensieloze variabele  $Y$  voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;
- $K_{hem}(50^\circ)$  [-] is de hoekafhankelijkheidscoëfficiënt van de zonnecollector. Ontleen de waarde aan productspecificaties; forfataire rekenwaarden zijn gegeven in tabel 13.14;
- $\eta_o$  [-] is het maximale collectorrendement. Ontleen de waarde aan productspecificaties; forfataire rekenwaarden zijn gegeven in tabel 13.14;
- $\eta_{loop}$  [-] is het dimensieloze rendement van het collectorcircuit inclusief de invloed van de warmtewisselaar, berekend volgens formule (13.72);
- $I_{sol;mi}$  [ $\text{W/m}^2$ ] is de opvallende zonnestraling in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2;
- $F_{sh;ob;mi}$  [-] is de dimensieloze beschaduwingreductiefactor van het desbetreffende zonnewarmtesysteem in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.3.

De bijdrage van het zonne-energiesysteem aan het energiegebruik wordt berekend in vier stappen.

De eerste schatting van de zonnebijdrage wordt berekend volgens formule (13.118).

$$Q_{H;sol;tmp;mi} = f_{app} \cdot (a \cdot Y_{mi} + b \cdot X_{mi} + c \cdot Y_{mi}^2 + d \cdot X_{mi}^2 + e \cdot Y_{mi}^3 + f \cdot X_{mi}^3) \cdot Q_{H;sol;ls;us;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.118)$$

De minimumwaarde van  $Q_{H;sol;tmp;mi} = 0$ .

waarin:

- $Q_{H;sol;tmp;mi}$  [ $\text{kWh}$ ] is de eerste schatting van de zonnebijdrage voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;
- $f_{app}$  [-] is een correctiefactor met als standaardwaarde 1,08;
- a.. f [-] zijn constanten vastgelegd in tabel 13.15.

De eerste schatting van de zonnefractie wordt berekend volgens formule (13.119).

$$f_{H;tmp;mi} = \frac{Q_{H;sol;tmp;mi}}{Q_{H;sol;ls;us;mi}} \quad [-] \quad (13.119)$$

De maximumwaarde van  $f_{H;tmp;mi} = 1$ .

waarin:

- $f_{H;tmp;mi}$  [-] is de eerste schatting van de dimensieloze zonnebijdrage van het zonne-energiesysteem voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ .

Het warmteverlies van de opslag van het zonneboilerdeel wordt berekend volgens formule (13.120).

$$Q_{H;sol;sto;ls;mi} = H_{H;sto;ls} \times \frac{V_{H;sto;sol}}{V_{H;sto;tot}} \times \left[ \vartheta_{H;low} + (\vartheta_{H;high} - \vartheta_{H;low}) \times f_{H;tmp;mi} - \vartheta_{sto;amb;mi} \right] \times f_{H;tmp;mi} \times \frac{t_{mi}}{1\ 000} \quad [\text{kWh}] \quad (13.120)$$

De minimumwaarde van  $Q_{H;sol;sto;ls;mi} = 0$ .

waarin:

$Q_{H;sol;sto;ls;mi}$  [kWh] is het warmteverlies van de opslag van het zonneboilerdeel voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;

$H_{H;sto;ls}$  [W/K] is de effectieve warmteoverdrachtscoëfficiënt van het deel van het voorraadvat bestemd voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ , volgens formule (13.89);

$V_{H;sto;sol}$  [l] is het opslagvolume specifiek voor gegenereerde zonnewarmte berekend afhankelijk van het systeemtype (SOL\_TYPE) volgens formule (13.111);

$V_{H;sto;tot}$  [l] is het effectieve totale opslagvolume van het voorraadvat bestemd voor ruimteverwarming volgens formule (13.87);

$\vartheta_{H;low;mi}$  [°C] is de luchttemperatuur in een verwarmde ruimte ( $= \vartheta_{sto;amb;mi}$  volgens 13.7.2.2);

$\vartheta_{H;high;mi}$  [°C] is de retourtemperatuur van het distributiesysteem voor de ruimteverwarming ( $= \vartheta_{H;dis; rtn}$ );

$\vartheta_{sto;amb;mi}$  [°C] is de omgevingstemperatuur van de ruimte waar het voorraadvat is opgesteld.

De zonnebijdrage wordt berekend volgens formule (13.121).

$$Q_{H;sol;out;mi} = Q_{H;sol;tmp;mi} - Q_{H;sol;sto;ls;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.121)$$

De minimumwaarde van  $Q_{H;sol;out;mi} = 0$ .

$$Q_{H;ren;si;mi} = Q_{H;sol;out;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.122)$$

waarin:

$Q_{H;sol;out;mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van verwarming, in maand  $mi$ , aangeleverd door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie, ten behoeve van systeem  $si$ , in kWh;

$Q_{H;ren;si;mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van verwarming, in maand  $mi$ , aangeleverd door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie, ten behoeve van systeem  $si$ , in kWh.

Rond  $Q_{H;ren;si;mi}$  af naar beneden op twee significante cijfers tot de dichtstbijzijnde getalswaarde uit de in bijlage X gegeven reeks.

De bijdrage van de back-upverwarming aan het energieverbruik wordt berekend volgens formule (13.123).

$$Q_{H;bu;out;mi} = \frac{Q_{H;sol;us;mi}}{f_{gebouw;si;H}} - Q_{H;sol;out;mi} + Q_{H;bu;sto;ls;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.123)$$

De minimumwaarde van  $Q_{H;bu;out;mi} = 0$ .

waarin:

$f_{bu;ins}$  [kWh] is de output van het back-upverwarmingstoestel;

$f_{gebouw;si;H}$  [-] is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie verwarming wordt bepaald, en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie  $si$  voor de functie verwarming, volgens 9.1.

Het warmteverlies van het back-upwarmtecircuit wordt berekend volgens formule (13.124).

$$Q_{H;bu;dis;ls;mi} = f_{bu;ins} \times Q_{H;bu;out;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.124)$$

waarin:

$Q_{H;bu;dis;ls;mi}$  [kWh] is het warmteverlies van het naverwarmerdeel voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;

$f_{bu;ins}$  [-] is de factor die het effect beschrijft van het isoleren van het back-upwarmtecircuit, met als forfaitaire waarde  $f_{bu;ins} = 0$ .

Het totale terugwinbare verlies van het zonne-energiesysteem wordt berekend volgens formule (13.125).

$$Q_{H;sol;ls;rbl;mi} = f_{rbl} \times (Q_{H;sol;sto;ls;mi} + Q_{H;bu;sto;ls;mi} + Q_{H;bu;dis;ls;mi}) \quad [\text{kWh}] \quad (13.125)$$

waarin:

$Q_{H;sol;ls;rbl;mi}$  [kWh] is het voor ruimteverwarming terugwinbare verlies van het verwante zonne-energiesysteem  $soli$  voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ ;

$f_{rbl}$  [-] is de factor die het terugwinbare deel van het warmteverlies beschrijft. Voor verwarmde ruimten:  $f_{rbl} = 1$ , voor onverwarmde ruimten:  $f_{rbl} = 0$ ;

$Q_{H;bu;sto;ls;mi}$  is de hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel naverwarmerdeel van een zonneboileropslagvat ten behoeve van ruimteverwarming van systeem  $si$ , in maand  $mi$ , in kWh.

OPMERKING 2 Er wordt van uitgegaan dat alle installatieonderdelen zich op dezelfde locatie bevinden.

Het hulpenergiegebruik wordt berekend volgens formule (13.126).

$$W_{H;aux;sol;mi} = P_{H;sol;pmp} \times \frac{t_{H;aux;mi}}{1\ 000} \quad [\text{kWh}] \quad (13.126)$$

waarin:

$W_{H;aux;sol;mi}$  [kWh] is het hulpenergiegebruik voor de bijdrage van de zonneboiler aan het energiegebruik voor verwarming, in maand  $mi$ ;

$P_{H;sol;pmp}$  [W] is het effectieve vermogen van de collectorpomp voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ , volgens formule (13.91);

$t_{H;aux;mi}$  [h] is de maandelijkse bedrijfstijd van de collectorpomp, berekend volgens formule (13.127).

De verdeling per maand van de jaarlijkse bedrijfstijd van de collectorpomp naar maandwaarden wordt berekend volgens formule (13.127).

$$t_{H;aux;mi} = \frac{I_{sol;mi}}{\sum_{mi=1}^{12} I_{sol;mi}} \times t_{H;aux} \text{ [h]} \quad (13.127)$$

waarin:

$t_{H;aux;mi}$  [h] is de maandelijkse bedrijfstijd van de collectorpomp;

$I_{sol;mi}$  [W/m<sup>2</sup>] is de opvallende zonnestraling in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2;

$t_{H;aux}$  [h] is de jaarlijkse bedrijfstijd van de collectorpomp, vaste waarde  $t_{aux} = 2\,000$  h bij zonneboilers die leveren aan verwarming of tapwater en verwarming (SOL\_USE=COMBI).

### 13.7.2.3 Zonneboilers getest als compleet systeem (alleen voor warm tapwater)

#### Rekenprocedure

De gemiddelde zonnestraling op het collectorvlak wordt bepaald voor de locatie van het gebouw en de oriëntatie van de collector. Daarbij wordt rekening gehouden met eventuele schaduw door obstakels.

De distributiefactor voor het omrekenen van de maandelijkse prestatie van het zonne-energiesysteem naar maandelijkse waarden wordt berekend volgens formule (13.128).

$$f_{dis;mi} = \frac{I_{sol;mi} \times F_{sh;obst;mi} \times t_{mi}}{I_{sol;s45;an} \times t_{an}} \quad [-] \quad (13.128)$$

$$Q_{W;sol;us;soli,mi} = \frac{Q_{W;sol;us;mi}}{N_{soli}} \text{ [kWh]} \quad (13.129)$$

waarin:

$f_{dis;mi}$  [-] is de dimensieloze factor voor het verdelen van de jaarlijkse prestatie van een zonne-energiesysteem naar maandwaarden, in maand  $mi$ ;

$F_{sh;obst;mi}$  [-] is de dimensieloze beschaduwingsreductiefactor van het desbetreffende zonnewarmtesysteem in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.3;

$t_{mi}$  [h] is de tijdstap van de berekening: aantal uren in een maand bepaald volgens 17.2;

$I_{sol;s45;an}$  [W/m<sup>2</sup>] is de jaarlijkse gemiddelde zonnestraling op een collectorvlak gericht op het zuiden met een hoek van 45° ten opzichte van de horizontaal;

$t_{an}$  [h] is het aantal uren in een jaar;

$Q_{W;sol;us;soli,mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater per zonne-energiesysteem  $soli$ ;

$Q_{W;sol;us;mi}$	[kWh]	is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater. Gebruik hiervoor $Q_{W;dis;si,mi}$ zoals bepaald in 13.1.2;
$N_{soli}$	[-]	is het aantal identieke zonne-energiesystemen dat wordt toegepast binnen hetzelfde tapwatersysteem; $N_{soli} = N_{tap;si}$ ;
$N_{tap;si}$	[-]	is het aantal identieke opwektoestellen voor warm tapwater dat wordt toegepast binnen hetzelfde tapwatersysteem.

In de formules (13.131) t/m (13.135) is lineaire interpolatie vereist met als basis het energiegebruik van het systeem. Formule (13.130) wordt gebruikt waarbij de 'Y'-parameters in elke formule worden vervangen.

$$Y = Y_1 + \left( \sum_{mi=1}^{12} Q_{W;sol;us;soli,mi} - Q_{W;sol;us;an;i-1} \right) \times \frac{Y_2 - Y_1}{Q_{W;sol;us;an;i+1} - Q_{W;sol;us;an;i-1}} \quad [kWh] \quad (13.130)$$

waarin:

$Q_{W;sol;us;soli,mi}$	[kWh]	is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater per zonne-energiesysteem <i>soli</i> , volgens formule (13.129);
$Q_{W;sol;us;an;i-1}$	[kWh]	is de $Q_{W;sol;us;an}$ van de dataset, de laagste van de twee;
$Q_{W;sol;us;an;i+1}$	[kWh]	is de $Q_{W;sol;us;an}$ van de dataset, de hoogste van de twee;
$Y_i$	[kWh]	is het energiegebruik toegepast voor testresultaat <i>i</i> ;
$Q_{W;sol;us;an}$	[kWh]	is het jaarlijkse energiegebruik voor warm tapwater. Gebruik hiervoor de som over alle twaalf maanden van $Q_{W;dis;si,mi}$ zoals bepaald in 13.1.2.

OPMERKING 1  $Q_{W;sol;us;an}$  wordt in verklaringen ook wel aangeduid als  $Q_D$ .

De maandelijkse bijdrage van de back-up aan het warmtapwatergebruik voor voorverwarmerzonneboilers (SOL\_TYPE = "SER") wordt berekend volgens formule (13.131).

$$Q_{W;bu;out;mi} = Q_{W;sol;us;soli,mi} - Q_{W;ren;si;mi} \quad [kWh] \quad (13.131)$$

$$Q_{W;ren;si,mi} = f_{dis;mi} \times Q_{W;sol;out;an} \quad [kWh] \quad (13.132)$$

waarin:

$Q_{W;bu;out;mi}$	[kWh]	is de bijdrage aan de opwekking van warm tapwater in maand <i>mi</i> die door het opweksysteem geleverd moet worden aan systeem <i>si</i> ;
$Q_{W;sol;us;soli,mi}$	[kWh]	is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater per zonne-energiesysteem <i>soli</i> , volgens formule (13.129);
$Q_{W;ren;si,mi}$	[kWh]	is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand <i>mi</i> , aangeleverd door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie, ten behoeve van systeem <i>si</i> ;
$Q_{W;sol;out;an}$	[kWh]	is de jaarlijkse zonnebijdrage aan het energiegebruik, berekend door lineaire interpolatie van de technische data van het product volgens formule (13.130), waarin $Y = Q_{W;sol;out;an}$ , $Y_1 = Q_{W;sol;out;an;i-1}$ en $Y_2 = Q_{W;sol;out;an;i+1}$ .

Rond  $Q_{W;ren;si,mi}$  af naar beneden op twee significante cijfers tot de dichtstbijzijnde getalswaarde uit de in bijlage X gegeven reeks.

OPMERKING 2  $Q_{W;sol;out;an}$  wordt in verklaringen ook wel aangeduid als  $Q_L$ .  $Q_{W;bu;out;mi}$  wordt als jaarsom in verklaringen ook wel aangeduid als  $Q_{aux;net}$ .

De maandelijkse bijdrage van de back-up aan het warmtapwatergebruik voor zonneboilers met geïntegreerde naverwarming (SOL\_TYPE = "PAR") wordt berekend volgens formule (13.133).

$$Q_{W;bu;out;mi} = Q_{W;sol;us;soli,mi} - Q_{W;ren;si,mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.133)$$

$$Q_{W;ren;si,mi} = Q_{W;sol;us;soli,mi} - f_{dis;mi} \times Q_{W;bu;out;an} \quad [\text{kWh}] \quad (13.134)$$

waarin:

$Q_{W;bu;out;mi}$  [kWh] is de bijdrage aan de opwekking van warm tapwater in maand  $mi$  die door het opweksysteem geleverd moet worden aan systeem  $si$ ;

$Q_{W;sol;us;soli,mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater per zonne-energiesysteem  $soli$ , volgens formule (13.129);

$Q_{W;ren;si,mi}$  [kWh] is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , aangeleverd door op het eigen perceel opgewekte thermische duurzame energie, ten behoeve van systeem  $si$ ;

$Q_{W;bu;out;an}$  [kWh] is de jaarlijkse bijdrage van de back-up aan het energiegebruik, berekend door lineaire interpolatie van de technische data van het product volgens formule (13.130), waarin  $Y = Q_{W;bu;out;an}$ ,  $Y_1 = Q_{W;bu;out;an;i-1}$  en  $Y_2 = Q_{W;bu;out;an;i+1}$ .

Het maandelijkse hulpenergiegebruik wordt berekend volgens formule (13.135).

$$W_{W;aux;sol;mi} = f_{dis;mi} \times W_{W;sol;aux;an} \quad [\text{kWh}] \quad (13.135)$$

waarin:

$W_{W;aux;sol;mi}$  [kWh] is het hulpenergiegebruik voor de bijdrage van zonne-energiesystemen ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ ;

$W_{W;sol;aux;an}$  [kWh] is het jaarlijkse hulpenergiegebruik, berekend door lineaire interpolatie van de technische data van het product volgens formule (13.130), waarin  $Y = W_{W;sol;aux;an}$ ,  $Y_1 = W_{W;sol;aux;an;i-1}$  en  $Y_2 = W_{W;sol;aux;an;i+1}$ .

OPMERKING 3  $W_{W;sol;aux;an}$  wordt in verklaringen ook wel aangeduid als  $Q_{par}$ .

De zonnefractie wordt berekend volgens formule (13.136).

$$f_{sol} = \frac{Q_{W;sol;us;soli} - Q_{W;bu;out}}{Q_{W;sol;us;soli}} \quad [-] \quad (13.136)$$

Het warmteverlies van het deel van de opslag bestemd voor ruimteverwarming wordt berekend volgens formule (13.137).

$$Q_{W;sol;sto;ls;mi} = (\vartheta_{W;hw} - \vartheta_{sto;amb;mi}) \times \left( 0,37 + 2,06 \times \left( \frac{Q_{W;sol;us;soli,mi}}{t_{mi}} \right)^{0,4} \right) \times f_{sol} \times \frac{t_{mi}}{1\ 000} \quad [\text{kWh}] \quad (13.137)$$

De minimumwaarde van  $Q_{W;sol;sto;ls;mi} = 0$ .

Waarin:

$Q_{W;sol;sto;ls;mi}$  [kWh] is het warmteverlies van de opslag van het zonneboilerdeel voor warm tapwater, in maand  $mi$ ;

$\vartheta_{W;hw}$  [°C] is de warmtapwatertemperatuur;  
voor systemen met alleen uittapleidingen:  $\vartheta_{W;hw} = 60$  °C;  
voor systemen met circulatieleidingen:  $\vartheta_{W;hw} = 65$  °C;

$\vartheta_{sto;amb;mi}$  [°C] is de maandgemiddelde omgevingstemperatuur rond het voorraadvat, bepaald door de locatie van het voorraadvat;

$Q_{W;sol;us;soli,mi}$  [kWh] is het maandelijkse energiegebruik voor warm tapwater per zonne-energiesysteem *soli*, volgens formule (13.129);

$t_{mi}$  [h] is de tijdstap van de berekening: het aantal uren in een maand bepaald volgens 17.2.

Voor de maandgemiddelde omgevingstemperatuur rond het voorraadvat geldt in het geval dat voor de opwekking van warm tapwater een warmtepomp met als bron ventilatieretourlucht wordt toegepast:

$$\vartheta_{sto;amb;mi} = \vartheta_{int;set;H;stc;zi,mi} \quad [\text{°C}] \quad \text{in een verwarmde ruimte} \quad (\text{STO\_LOC} = \text{HS}) \quad (13.137\text{a})$$

In alle andere gevallen geldt:

$$\vartheta_{sto;amb;mi} = \vartheta_{int;set;H;zi,mi} \quad [\text{°C}] \quad \text{in een verwarmde ruimte} \quad (\text{STO\_LOC} = \text{HS}) \quad (13.137\text{b})$$

waarin:

$\vartheta_{int;set;H;stc;zi,mi}$  [°C] is de setpointtemperatuur voor de thermisch geconditioneerde zones van de aangrenzende rekenzone  $zi$ , bepaald volgens 7.9, in °C;

$\vartheta_{int;set;H;zi,mi}$  [°C] is de setpointtemperatuur van de rekenzone voor verwarming, bepaald volgens 7.9.4, in °C.

Het warmteverlies van het back-updeel van de opslag bestemd voor naverwarming wordt berekend volgens formule (13.138).

$$Q_{W;bu;sto;ls;mi} = (\vartheta_{W;hw} - \vartheta_{sto;amb}) \times \left( 0,37 + 2,06 \times \left( \frac{Q_{W;sol;us;soli,mi}}{t_{mi}} \right)^{0,4} \right) \times \frac{t_{mi}}{1\,000} \quad [\text{kWh}] \quad (13.138)$$

Voor zonne-energiesystemen met voorverwarmer of alleen zonne-energie geldt  $Q_{W;bu;sto;ls;(soli)mi} = 0$ .

Waarin:

$Q_{W;bu;sto;ls;(soli)mi}$  [kWh] is de maandelijkse hoeveelheid warmteverlies die ontstaat bij een eventueel naverwarmerdeel van een zonneboileropslagvat (*soli*) ten behoeve van warm tapwater van systeem *si*.

Het warmteverlies van het back-upwarmtecircuit wordt berekend volgens formule (13.139).

$$Q_{W;bu;dis;ls;mi} = f_{bu;ins} \times Q_{W;bu;out;mi} \quad [\text{kWh}] \quad (13.139)$$

waarin:

- $f_{bu;ins}$  [-] is de factor die het effect beschrijft van het isoleren van het back-upwarmtecircuit, met als forfaitaire waarde  $f_{bu;ins} = 0$ .

Het totale terugwinbare verlies van het zonne-energiesysteem wordt berekend volgens formule (13.140).

$$Q_{W;sol;ls;rbl;mi} = f_{rbl} \times (Q_{W;sol;sto;ls;mi} + Q_{W;bu;sto;ls;mi} + Q_{W;bu;dis;ls;mi}) \text{ [kWh]} \quad (13.140)$$

waarin:

- $f_{rbl}$  [-] is de factor die het terugwinbare deel van het warmteverlies beschrijft, zie formule (13.107) voor vaste waarden.

OPMERKING 4 Er wordt van uitgegaan dat alle installatieonderdelen zich op dezelfde locatie bevinden.

#### 13.7.2.4 Rekenwaarden PVT

Bepaal voor PVT-systemen de thermische reductiefactor  $f_{PVT;th}$  volgens tabel 13.16 voor met enkel glas afgedekte PVT-systemen. Voor onafgedekte PVT-systemen bedraagt  $f_{PVT;th}$  0,9.

**Tabel 13.16 — PVT-reductiefactor voor met enkel glas afgedekte PVT-systemen**

$(A_{sol;mod} \times N_{col}) / V_{sto;tot}$	$f_{PVT;th}$
< 0,015 m <sup>2</sup> /dm <sup>3</sup>	0,76
0,015 m <sup>2</sup> /dm <sup>3</sup> – 0,03 m <sup>2</sup> /dm <sup>3</sup>	0,83
> 0,03 m <sup>2</sup> /dm <sup>3</sup>	0,89

waarin:

$A_{sol;mod}$  is de referentieoppervlakte van een collectormodule, in m<sup>2</sup>;

$N_{col}$  is het aantal geïnstalleerde collectormodules per zonne-energiesysteem *soli*;

$V_{sto;tot}$  is het totale volume van het opslagvat van zonne-energiesysteem *soli*, in dm<sup>3</sup>;

$f_{PVT;th}$  is de reductiefactor voor thermische opbrengst van PVT-systemen.

### 13.8 Warmteopwekking

#### 13.8.1 Principe

##### 13.8.1.1 Inleiding

Wanneer het tapwatersysteem gemodelleerd wordt als één groot systeem met meerdere identieke fysieke opweksystemen (met dezelfde opwekkers van hetzelfde merk, type en vermogen en dezelfde

energiedragers; bijvoorbeeld bij een woongebouw met een individueel opweksysteem per woning), dan moet bij de bepaling van het opwekrendement, het vermogen van een toestel of pomp en het hulpenergiegebruik rekening worden gehouden met de energievraag per (individueel) fysiek opweksysteem en het werkelijke aantal identieke systemen.

Hierbij mag de totale oppervlakte van het gemodelleerde systeem worden gedeeld door het aantal fysieke identieke systemen om de gebruiksoppervlakte per systeem vast te stellen.

### 13.8.1.2 Rendement

Het opwekkingsrendement van de warmteopwekking van warm tapwater is de verhouding tussen de nuttige warmtelevering en alle hiervoor vereiste door een energiedrager toe te leveren energie. De hierbij vereiste hulpenergie wordt in principe afzonderlijk bepaald.

**OPMERKING 1** Voor bepaalde soorten toestellen is de hulpenergie inbegrepen in het opwekkingsrendement; in dat geval wordt deze niet apart in rekening gebracht.

De warmteopwekking van warm tapwater kan op drie manieren worden verzorgd:

- individuele gebouwgebonden warmteopwekking voor één energieprestatieplichtig gebouwdeel, eventuele warmteopslag en verbindende waterleidingen;
- collectieve gebouwgebonden warmteopwekking voor meerdere energieprestatieplichtige gebouwdelen, eventuele warmtewisseling, eventuele warmteopslag en verbindende waterleidingen;
- warmteopwekking en circulatieleidingen van de warmtedistributie buiten de perceelsgrens (externe warmtelevering); eventuele gebouwgebonden centrale warmtewisseling, eventuele warmteopslag en/of warmtedistributie.

De warmteverliezen van voorraadvaten en/of boilervaten van zonne-energiesystemen worden apart berekend.

Per opwekker  $gi$  worden het dimensieloze opwekkingsrendement voor warm tapwater  $\eta_{W;gen;prac;gi}$ , de bijdrage  $Q_{W;gen;gi,out;mi}$  van elk toestel aan de warmteopwekking  $Q_{W;dis;nren}$  en de terugwinbare systeemverliezen  $Q_{W;gen;ls}$  bepaald. Deze grootheden kunnen op verschillende manieren worden bepaald, afhankelijk van het type opwekkingsinstallatie:

- kleine en grote toestellen die volledig in de tapwatervraag kunnen voorzien

Dit omvat zowel monovalente toestellen als bivalente toestellen met geïntegreerde bij- en/of naverwarmer.

- opwekinstallaties samengesteld uit meerdere toestellen of componenten

Hieronder vallen onder meer systemen met toestellen zonder geïntegreerde naverwarming en bij- en/of naverwarmers voor zonne-energiesystemen.

De prestaties van deze opweksystemen zijn niet als geheel getest.

- systemen met indirect verwarmde voorraadvaten opgebouwd uit verschillende toestellen en/of componenten

De prestaties van de warmteopwekking voor warm tapwater worden bepaald op basis van de prestaties van de afzonderlijke componenten waarmee de warmtapwaterbereiding wordt verzorgd.

#### d) warmtelevering

Dit kan worden toegepast in combinatie met afleversets op externe warmtelevering of op een collectieve verwarmingsinstallatie, eventueel opgebouwd uit verschillende toestellen en/of componenten.

Een opweksysteem dat het warm tapwater verzorgt voor twee of meer energieprestatieplichtige gebouwen of delen van een gebouw binnen het eigen perceel, wordt beschouwd als een collectief tapwatersysteem. Dit geldt niet voor systemen die zijn opgebouwd uit meerdere identieke individuele toestellen die afzonderlijk in (een deel van) de opwekking van het warm tapwater voorzien (zoals bij keukenboilers, doorstroomtoestellen of boosterwarmtepompen).

Het opwekkingsrendement kan bepaald worden aan de hand van testgegevens indien deze beschikbaar zijn. Daarnaast zijn er rekenmethoden en forfaitaire gegevens beschikbaar afhankelijk van het type opwekker. In alle gevallen wordt het opwekrendement gecorrigeerd met een correctiefactor voor het functioneren onder praktijkomstandigheden.

Eerst wordt de verdeling over meerdere services en toestellen toegelicht. Vervolgens worden de verschillende methoden afhankelijk van het type opwekinstallatie uitgewerkt.

**OPMERKING 2** De methoden onder a) en b) zijn vooral geschikt voor met gas of olie gestookte (combi)toestellen met een belasting tot 70 kW of voor elektrische toestellen of (combi)warmtepompen die volgens de methode van bijlage T (Gaskeur), NEN-EN 13203-2, NEN-EN 16147 of op gelijkwaardige wijze zijn getest. De methode onder c) is vooral geschikt voor opwekinstallaties die bestaan uit een of meer grote indirect verwarmde voorraadvaten, waarbij de warmte wordt geleverd door een of meer verwarmingstoestellen, zoals ketels en warmtepompen. Dergelijke installaties zijn in de meeste gevallen per toepassing samengesteld.

#### 13.8.1.3 Verdeling van de opwekking over meerdere services en toestellen

De opwekverdeling wordt eerst gebaseerd op de serviceverdeling ('service operating mode') over bijvoorbeeld warm tapwater en verwarming en daarna over de verdeling over meerdere opwekkers.

De totale hoeveelheid energie voor warm tapwater  $Q_{W;dis;nren}$  die door het opweksysteem geleverd moet worden, wordt verdeeld over de verschillende opwekkers afhankelijk van een alternerende of parallelle bedrijfswijze wanneer het systeem invulling geeft aan verschillende services.

Wanneer de bedrijfswijze voor meerdere services alternerend is, dan worden de services in de onderstaande volgorde afgehandeld:

- a) warm tapwater;
- b) verwarming;
- c) andere services.

#### 13.8.1.4 Gemeten toestelprestaties

Het opwekkingsrendement van een toestel voor warmtapwaterbereiding is het jaargebruiksrendement van het toestel, waarbij de nuttige warmtelevering rechtstreeks over het toestel wordt bepaald en het brandstofverbruik ook de stilstandsverliezen inclusief een eventuele waakvlam omvat.

Uitgangspunt is het gemeten opwekkingsrendement van één compleet toestel, zoals bepaald bij een of meer tappatronen. Dit omvat zowel monovalente toestellen als bivalente toestellen met geïntegreerde bij- en/of naverwarmer. Voorbeelden hiervan zijn:

- individuele met gas gestookte warmwatertoestellen;
- individuele met gas gestookte combitoestellen;
- individuele met gas gestookte (combi)toestellen met microWKK ten behoeve van de tapfunctie;
- elektrische boilers;
- elektrische tapwaterwarmtepompen met eventueel een geïntegreerd elektrisch bijstookelement;
- elektrische combiwarmtepompen met eventueel een geïntegreerd elektrisch bijstookelement.

Het opwekkingsrendement is bepaald volgens een van de volgende drie methoden.

- a) Voor toestellen waarvan het type reeds vóór 2021 werd geleverd, kan gebruik worden gemaakt van de Nederlandse methode, zoals ontwikkeld voor Gaskeur en zoals beschreven in bijlage A van NEN 7120+C2:2012 inclusief C5.  
Het opwekkingsrendement is bepaald bij een of meer van in totaal vijf gegeven Nederlandse toepassingsklassen van warmtapwatergebruikspatronen. Elke toepassingsklasse wordt gekarakteriseerd door tappatroon, warmtapwaterhoeveelheid en -comfort. Een gegeven opwekkingsrendement behoort dus bij een bepaalde toepassingsklasse.  
Het opwekkingsrendement is afhankelijk van de warmtapwatervraag aan het toestel. Omdat de warmtapwatervraag in de praktijk doorgaans niet precies overeenkomt met de warmtapwatervraag waarbij het opwekkingsrendement is gemeten, zal over het algemeen een interpolatie nodig zijn tussen twee gemeten rendementen. In afwijking hiervan mag het rendement ook worden bepaald volgens de gemeten waarde bij één bepaalde toepassingsklasse, waarbij een passende correctiefactor ( $c_{W;gen}$ ) zorgt voor de forfaitaire omrekening naar de waarde die past bij de warmtapwatervraag.  
Bij deze methode is het hulpenergiegebruik reeds in het opwekkingsrendement inbegrepen.
- b) Voor warmtepompen waarvoor (in het kader van ecodesign) conform NEN-EN 16147 slechts één meetpunt (meetgegevens bij één Europese toepassingsklasse) beschikbaar is, kan het opwekkingsrendement worden bepaald volgens die meetgegevens bij één bepaalde toepassingsklasse (maximaal XL), waarbij een passende correctiefactor ( $c_{W;EU;gen}$ ) zorgt voor de forfaitaire omrekening naar de waarde die past bij de warmtapwatervraag.  
Bij deze methode is het hulpenergiegebruik reeds in het opwekkingsrendement inbegrepen.
- c) De Europese methode, zoals beschreven in NEN-EN 13203-2 of NEN-EN 16147.  
Het opwekkingsrendement moet voor toepassing in deze NTA bepaald zijn bij ten minste twee in een van beide normen gegeven warmtapwatergebruikspatronen. In 13.8.4.2 is aangegeven op welke wijze het opwekkingsrendement zoals gemeten volgens NEN-EN 13203-2 of NEN-EN 16147 wordt omgerekend.

Voor installaties met een gescheiden warmteopwekking en opslag van warm tapwater (indirect verwarmd voorraadvat) heeft de hiervoor beschreven methode betrekking op de hele keten van ketel-warmteoverdracht-voorraadvat(en).

Voor combiketels heeft het opwekkingsrendement betrekking op het jaargebruiksrendement, waarin zowel de zomer- als de wintercondities zijn verdisconteerd.

Voor bivalente toestellen die als compleet product worden geleverd en getest, zoals een elektrische warmtepomp met een geïntegreerd elektrisch bijstookelement, een met gas gestookte warmtepomp met een geïntegreerde bijstookketel of een met gas gestookt (combi)toestel met microWKK ten behoeve van de tapfunctie met een geïntegreerde bijstookketel, heeft het opwekkingsrendement betrekking op het jaargebruiksrendement van het gehele bivalente toestel.

### **13.8.1.5 Samengestelde opwekinstallaties**

Het opwekkingsrendement van een samengestelde opwekinstallatie voor warmtapwaterbereiding is opgebouwd uit de bijdrage van de afzonderlijke delen. Hierbij wordt gebruikgemaakt van gemeten prestaties van een of meer van de toestellen waaruit de installatie is samengesteld. De prestaties van deze installaties zijn niet als geheel getest. De verliezen van een voorraadvat worden apart bepaald.

Voorbeelden van samengestelde opwekinstallaties zijn:

- alle zonne-energiesystemen met bij- en/of naverwarmers;
- bivalente warmtepompen zonder geïntegreerde naverwarming, bijvoorbeeld elektrische warmtepompen met een met gas gestookt (combi)toestel als bij- en/of naverwarmer;
- boosterwarmtepompen die gebruikmaken van een verwarmingssysteem of een collectief systeem waaraan warmte wordt onttrokken.

Voor individuele warmtapwaterwarmtepompen met een (collectieve) hogetemperatuurwarmtebron (het verwarmingssysteem), met een watertemperatuur boven 12 °C, hierna aangeduid als boosterwarmtepompen (BWP), is een aparte bepalingsmethode gegeven in bijlage W.

De energieprestatie van de BWP als warmteopwekker voor warm tapwater wordt op de volgende manier in deze NTA weergegeven:

- het opwekkingsrendement is de verhouding tussen gevraagde tapwarmte en vereiste warmte van het verwarmingssysteem; de bepaling van het primair energiegebruik maakt gebruik van het opwekkingsrendement en de energiefactor van het verwarmingssysteem;
- het elektrische-energiegebruik wordt verwerkt als hulpenergiegebruik van de BWP.

Indien de BWP deels gebruikmaakt van de warmte uit het koelsysteem, dan heeft de BWP tevens het karakter van een koelmachine met een opwekkingsrendement en de energetische bijdrage voor koeling. Het opwekkingsrendement betreft de verhouding tussen geleverde koude en energiegebruik van de circulatiepomp. Het gelijktijdige elektrische-energiegebruik van de BWP zelf wordt toegerekend aan de tapfunctie.

### **13.8.1.6 Direct verwarmde voorraadvaten**

Gasboilers kunnen toegepast worden als individueel toestel en als toestel in een collectief systeem, eventueel opgebouwd uit meerdere in serie opgestelde toestellen.

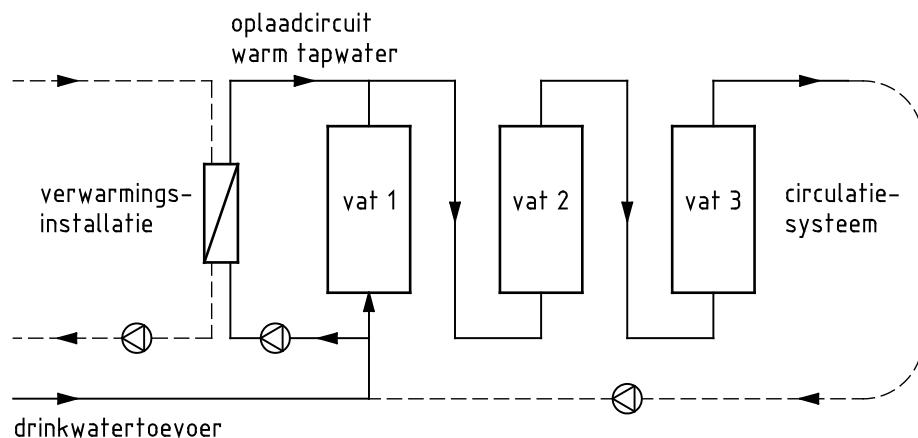
Voor gasboilers kan gebruik worden gemaakt van twee methoden:

- testgegevens volgens NEN-EN 13203-2 (tot 70 kW);
- de aanpak uit NEN-EN 15316-4-1, met testgegevens volgens NEN-EN 89 (tot en met 150 kW) zoals opgenomen in 13.8.4.5.2.

Voor overige direct verwarmde voorraadvaten is geen normatieve methode beschikbaar.

### 13.8.1.7 Indirect verwarmde voorraadvaten

Een systeem voor warmtapwaterbereiding met indirect verwarmde voorraadvaten bestaat uit een of meer (in serie opgestelde) indirect verwarmde warmwatervorraadvaten, die via een warmtewisselaar worden verwarmd door een verwarmingssysteem.



**Figuur 13.5 — Een systeem met indirect verwarmde voorraadvaten**

Het systeem met indirect verwarmde warmwatervorraadvaten kan als volgt zijn samengesteld:

- een of meer (in serie opgestelde) warmwatervorraadvaten; hierbij treden permanente verliezen op;
- een extern oplaadcircuit met pomp (een variant met een interne warmtewisselaar per vat is ook mogelijk); hierbij treden verliezen op tijdens het opladen;
- leidingwerk van het verwarmingssysteem en pomp tussen de warmtewisselaar en de warmteopwekker(s); de verliezen van leidingdelen die ook voor verwarming worden gebruikt, worden niet toegerekend aan de warmtapwaterbereiding tijdens het verwarmingsseizoen; de verliezen van leidingdelen die uitsluitend voor de warmtapwaterbereiding worden gebruikt, worden over het gehele jaar aan de warmtapwaterbereiding toegerekend;
- warmteopwekker(s), zoals cv-ketels, warmtekracht, collectieve gebouwverwarming; hierbij wordt uitgegaan van het rendement bij bedrijf op hoge temperatuur ( $90^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$  of  $80^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$ ).

Het warmteverlies van de verschillende componenten wordt afzonderlijk bepaald, waarna het totale verlies kan worden bepaald.

### 13.8.1.8 Warmtelevering

Bij warmtelevering wordt er onderscheid gemaakt in externe warmtelevering en warmtelevering op gebouwniveau of voor een beperkt aantal gebouwen samen. In beide gevallen worden de individuele woningen, gebouwen en/of gebouwunits via een afleverset aangesloten op een collectief verwarmingssysteem. Wanneer er sprake is van een collectieve gebouwinstallatie voor de functie verwarming, zie hoofdstuk 9 voor het opweksysteem bij verwarming.

## 13.8.2 Inzet van toestellen

### 13.8.2.1 Volgorde

Bij de opwekking van warm tapwater wordt beschikbare zonne-energie preferent ingezet. De andere opwektoestellen worden in onderstaande volgorde ingezet:

- warmtepomp op ventilatieretourlucht – zonder overventilatie en zonder buitenlucht;
- warmtepomp, ketel op biomassa of WKK;
- overige toestellen.

Indien er meerdere toestellen worden toegepast in de categorieën zoals hierboven omschreven onder b) en c), moet voor de volgorde van de toestellen binnen de categorie uitgegaan worden van het toestel met het hoogste rendement.

**OPMERKING** Zonne-energie wordt preferent benut door de opbrengst van het zonneboilersysteem af te trekken van de energie voor warm tapwater die door de rest van het systeem opgewekt moet worden, zie formule (13.4).

### 13.8.2.2 Maximale output per toestel

Bepaal voor elke opwekker  $gi$  de maximale hoeveelheid energie die geleverd kan worden, als volgt:

$$Q_{W;gen;gi;Pout;max;mi} = f_{gebouw;si;W} \times f_{func} \times P_{nom} \times t_{mi} \quad (13.141)$$

Voor warmtelevering via een afleverset kan ervan uitgegaan worden dat het vermogen van het opweksysteem altijd voldoende is voor het leveren van de energievraag. Dan geldt:

$$Q_{W;gen;gi;Pout;max;mi} = Q_{W;dis;nren;si,mi} \quad (13.142)$$

waarin:

$Q_{W;gen;gi;Pout;max;mi}$  is de maximale hoeveelheid energie die door het toestel geleverd kan worden op basis van het vermogen, in maand  $mi$ , in kWh;

$f_{gebouw;si;W}$  is de dimensieloze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;

$f_{func}$  is de dimensieloze tijdfractie dat opwekker  $gi$  voor warm tapwater maximaal in bedrijf is. Voor toestellen in grote systemen ( $A_{g;si} > 500 \text{ m}^2$ ) geldt  $f_{func} = 0,6$ . Voor alle overige toestellen geldt  $f_{func} = 1,0$ ;

$P_{nom}$  is het nominale vermogen van het toestel volgens opgave van de leverancier of zoals vermeld op het typeplaatje, in kW; voor warmtepompen op ventilatieretourlucht moet voor woningbouw uitgegaan worden van een gemiddeld nominaal vermogen gedurende tapwaterbedrijf; indien onbekend kan voor individuele toestellen uitgegaan worden van 1,0 kW;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;

$Q_{W;dis;nren;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.1, in kWh.

**OPMERKING 1** De waarde voor  $f_{func}$  is gebaseerd op de aannname dat de preferente opwekkers over 60 % van de gehele dagperiode van 24 h warmte kunnen leveren aan het voorraadsysteem.

**OPMERKING 2** In veel installaties worden voor deze vorm van warmtapwaterbereiding dezelfde opwekkingstoestellen ingezet als voor verwarming. De volgens hoofdstuk 9 bepaalde nominale vermogens van de opwekkingstoestellen mogen dan ook hier worden gebruikt.

**OPMERKING 3** Het gaat bij het nominale vermogen van de opwekker om het vermogen exclusief een eventueel elektrisch naverwarmingselement. Indien er in het toestel een elektrisch naverwarmingselement is opgenomen, is er feitelijk sprake van een toestel met daarin twee opwekkers.

**OPMERKING 4** Het gemiddelde nominale vermogen gedurende tapwaterbedrijf van een warmtepomp op ventilatiereturrlucht kan bepaald worden uit de meetgegevens van de test door de geproduceerde hoeveelheid warm tapwater uit de testfase te delen door de tijd dat het toestel in tapwaterbedrijf was.

### 13.8.2.3 Output per toestel

Bereken achtereenvolgens voor elke opwekker  $gi$  de hoeveelheid energie  $Q_{W;gen;gi,out}$  die door het toestel geleverd moet worden ten behoeve van warm tapwater, te beginnen bij de eerste opwekker volgens de preferenties zoals bepaald in 13.8.2.1 bij de volgorde van de in te zetten toestellen.

Bereken voor toestel  $gi$  eerst de resterende hoeveelheid energie  $Q_{W;gi,rest}$  die door de resterende opwekkers geleverd moet worden binnen het tapwatersysteem:

$$Q_{W;gi,rest;si,mi} = Q_{W;dis;nren;si,mi} - \sum_{1...gi-1} Q_{W;gen;gi,out;mi} \quad (13.143a)$$

Bepaal vervolgens, de maximale hoeveelheid energie  $Q_{W;gen;gi,out,max}$  die door elk toestel geleverd kan worden.

In het geval van een warmtepomp op returrlucht wordt de maximale hoeveelheid energie  $Q_{W;gen;gi,out,max}$  in het geval van een ventilatiesysteem C (VENT\_SYS\_OP = EXTRACT\_OP) of een ventilatiesysteem D zonder warmteterugwinning ( $\eta_{hr}=0$  volgens 11.3.2.2) als volgt bepaald:

$$Q_{W;gen;gi,out,max;mi} = Q_{W;gen;gi,Pout,max;mi} \times (1 - f_{combi,mi}) \quad (13.144a)$$

Bij alle andere ventilatiesystemen geldt voor een warmtepomp op returrlucht  $Q_{W;gen;gi,out,max} = 0$ .

Voor alle overige toestellen geldt voor de maximale hoeveelheid energie  $Q_{W;gen;gi,out,max}$ :

$$Q_{W;gen;gi,out,max;mi} = Q_{W;gen;gi,Pout,max;mi} \quad (13.144b)$$

Bereken als laatste de hoeveelheid energie  $Q_{W;gen;gi,out}$  die door elk toestel geleverd wordt:

$$Q_{W;gen;gi,out;mi} = MIN(Q_{W;rest;si,mi}; Q_{W;gen;gi,out,max;mi}) \quad (13.145)$$

$Q_{W;gi,rest;si,mi}$  is de resterende hoeveelheid energie die door de resterende opwekkers  $gi$  geleverd moet worden ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{W;dis;nren;si,mi}$	is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem $si$ , bepaald volgens 13.1, in kWh;
$Q_{W;gen;gi,out;mi}$	is de hoeveelheid energie die door opwekker $gi$ geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand $mi$ , in kWh;
$Q_{W;gen;gi,out;max;mi}$	is de maximale hoeveelheid energie die door het toestel geleverd kan worden, in maand $mi$ , in kWh;
$Q_{W;gen;gi;Pout;max;mi}$	is de maximale hoeveelheid energie die door het toestel geleverd kan worden op basis van het vermogen, in maand $mi$ , volgens formule (13.141) of (13.142), in kWh;
$f_{combi;mi}$	is de correctiefactor voor gecombineerd gebruik voor verwarming en warm tapwater van een warmtepomp op ventilatieretourlucht, in maand $mi$ . In het geval dat de warmtepomp op ventilatieretourlucht alleen wordt ingezet voor warm tapwater, geldt $f_{combi;mi} = 0$ ; wanneer de warmtepomp ook wordt ingezet voor verwarming, geldt bij toepassing van het forfaitaire opwekkingsrendement voor verwarming volgens 9.6.3.1: $f_{combi;mi} = 1$ voor $mi=oktober t/m maart$ en $f_{combi;mi} = 0$ voor $mi=april t/m september$ ; wanneer de energieprestatie voor verwarming wordt bepaald volgens bijlage Q, geldt $f_{combi;mi} = f_{H;t;hp-on;mi}$ volgens Q.5.2.3;
$f_{H;t;hp-on;mi}$	is de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, in maand $mi$ volgens Q.5.2.3.

Voer bovenstaande stappen uit voor alle opwekkers  $gi$  binnen het warmtapwatersysteem  $si$ . De opvolging eindigt als alle benodigde energie wordt geleverd. Als door het laatste opgegeven toestel niet alle vereiste energie geleverd kan worden, moet een extra elektrisch doorstroomtoestel in de toestelvolgorde opgenomen worden.

**OPMERKING 1** Bij niet-modulerende warmtepompen op retourlucht kan ervan uitgegaan worden dat er sprake is van overventilatie indien er onvoldoende warmte beschikbaar is uit retourlucht zonder overventilatie. Bij modulerende warmtepompen op retourlucht is de overventilatie afhankelijk van de instelling van het toestel. Er wordt van uitgegaan dat de warmtepomp op retourlucht niet-modulerend is.

**OPMERKING 2** Wanneer er bij een warmtepomp op ventilatieretourlucht sprake is van een combitoestel dat wordt ingezet voor zowel warm tapwater als verwarming, dan kan dit toestel voor warm tapwater slechts ingezet worden gedurende het deel van de tijd dat het niet in gebruik is voor verwarming. De NTA voorziet niet in een goede methode voor het gecombineerd gebruik van ventilatieretourlucht voor zowel verwarming als warm tapwater in combinatie met eventuele overventilatie voor verwarming en/of warm tapwater.

**OPMERKING 3** Wanneer volgens formule (13.145) de hoeveelheid energie  $Q_{W;gen,gi,out}$  die door het toestel geleverd wordt, is bepaald, kan voor warmtepompen op retourlucht waarbij gebruik wordt gemaakt van de forfaitaire waarde voor het opwekkingsrendement, ook het door de warmtepomp benodigde ventilatiedebiet per rekenzone ( $q_{ve,HP,W;zi;mi}$ ) worden berekend volgens formule (13.148) en de tijdfractie dat de warmtepomp op ventilatieretourlucht voor warm tapwater in bedrijf is ( $f_{W;t;hp-on;mi}$ ) volgens formule (13.149). Voor warmtepompen op retourlucht waarbij gebruik wordt gemaakt van meetresultaten voor het opwekkingsrendement, wordt het voor de warmtepomp benodigde ventilatiedebiet ontleend aan de verklaring met meetresultaten.

In voorkomende gevallen kan de energetische bijdrage  $F_{W;gen,gi}$  ontleend worden aan een kwaliteitsverklaring. Indien deze waarden voor meer tappatronen (klassen) zijn bepaald, moeten de waarden van de energetische bijdrage  $F_{W;gen,gi}$  door interpolatie worden bepaald voor de specifieke waarde van de warmtebehoefte  $Q_{W;dis;nren;an}$ .

In het geval dat de energetische bijdrage  $F_{W;gen;gi}$  bekend is, kan de door het toestel geleverde energie  $Q_{W;gen;gi;out;mi}$  bepaald worden volgens:

$$Q_{W;gen;gi;out;mi} = F_{W;gen;gi} \times Q_{W;dis;nren;si,mi} \quad (13.146)$$

### 13.8.2.4 Overventilatie bij warmtepompen op retourlucht

Indien er voor het goed functioneren van de warmtepomp met als bron ventilatieretourlucht in enige maand een grotere luchtvolumestroom nodig is dan vanuit de standaard systeemgerelateerde ventilatie ( $q_{v;ODA;req;zi,mi}$  volgens 11.2.2.1.1), dan is er sprake van overventilatie.

Onderstaande methode voor de bepaling van het ventilatiedebiet inclusief overventilatie ( $q_{ve,hp,W;zi,mi}$ ) wordt alleen gebruikt indien de warmtepomp op ventilatieretourlucht alleen wordt ingezet voor warm tapwater.

Wanneer er voor de warmtepomp gebruik wordt gemaakt van het forfaitaire opwekkingsrendement, wordt het ventilatiedebiet per rekenzone bepaald met formule (13.148).

Bij toepassing van een kwaliteitsverklaring voor het opwekkingsrendement van de warmtepomp kan het ventilatiedebiet inclusief overventilatie ( $q_{ve,hp,W}$ ) ontleend worden aan de kwaliteitsverklaring en wordt het ventilatiedebiet per rekenzone bepaald met formule (13.148a).

In het geval van een combiwarmtepomp op retourlucht voor verwarming en warm tapwater waarbij gebruik wordt gemaakt van een kwaliteitsverklaring voor het opwekkingsrendement voor verwarming volgens bijlage Q, wordt het ventilatiedebiet voor warm tapwater  $q_{ve,hp,W}$  (inclusief eventuele overventilatie) ontleend aan de kwaliteitsverklaring.

In alle gevallen moet de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor tapwater met formule (13.149) bepaald worden.

Bepaal ten behoeve van de berekening van de systeemontwerparafhankelijke minimale volumestroom in 11.2.2.1.2 het door de warmtepomp benodigde ventilatiedebiet per rekenzone ( $q_{ve;hp;W;zi,mi}$ ) en de tijdfractie dat de warmtepomp op ventilatieretourlucht in bedrijf is ( $f_{W;t;hp-on;mi}$ ) als volgt:

Bij toepassing van het forfaitaire opwekrendement:

$$q_{ve;hp;W;zi,mi} = MAX \left( MAX \left( 44 \times \frac{A_{g;zi}}{\sum_{si,zi} A_{g;zi}}; A_{g;zi} \times 0,44 \right) \times 3,6; q_{v;ODA;req;zi,mi} \right) \quad (13.148)$$

Bij toepassing van een kwaliteitsverklaring:

$$q_{ve;hp;W;zi,mi} = MAX \left( q_{ve;hp;W} \times \frac{A_{g;zi}}{\sum_{si,zi} A_{g;zi}}; q_{v;ODA;req;zi,mi} \right) \quad (13.148a)$$

$$f_{W;t;hp-on;mi} = \frac{Q_{W;gen;gi;out;mi}}{Q_{W;gen;gi;Pout;max;mi}} \quad (13.149)$$

waarin:

- $q_{ve;hp;W;zi,mi}$  is de luchtvolumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een warmtapwatersysteem, bepaald door de ventilatieretourluchtcapaciteit die nodig is voor de warmtepomp voor warm tapwater (hp;W) van de in het systeemontwerp opgenomen warmtapwatersystemen, in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

- $q_{ve;hp;W}$  is de luchtvolumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een warmtapwatersysteem ( $hp;W$ ) volgens opgave van de leverancier, in  $m^3/h$ ;
- $Q_{W;gen;gi;out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , volgens 13.8.2.3, in kWh;
- $q_{V;ODA;req;zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$  voor kalendermaand  $mi$ , waarbij geen rekening wordt gehouden met overventilatie, in  $m^3/h$ , voor de warmtebehoefte volgens formule (11.22) in 11.2.2.1.1;
- $f_{W;t;hp-on;mi}$  is de tijdfractie dat de warmtepomp voor warm tapwater in bedrijf is in maand  $mi$ .

**OPMERKING** De luchtvolumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron is gelijk aan de forfaitaire waarde uit formule (Q.88).

### 13.8.2.5 Fractie en gebruikstijd per toestel

Bepaal per maand per toestel de fractie waarin bijgedragen wordt aan de opwekking van warm tapwater.

$$F_{W;gen;si,gi,mi} = \frac{Q_{W;gen;gi;out;mi}}{Q_{W;dis;nren;si,mi}} \quad (13.150)$$

$$t_{W;use;gi,mi} = \frac{Q_{W;gen;gi;out;mi}}{P_{nom;gi} \times f_{gebouw;si;W}} \quad (13.151)$$

waarin:

- $F_{W;gen;si,gi,mi}$  is de dimensieloze energetische bijdrage voor warm tapwater, in maand  $mi$ , die opwekker  $gi$  levert aan het systeem  $si$ ;
- $Q_{W;gen;gi;out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , volgens 13.8.2.3, in kWh;
- $Q_{W;dis;nren;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.1, in kWh;
- $t_{W;use;gi,mi}$  is de tijd dat toestel  $gi$ , in maand  $mi$ , in bedrijf is voor de verwarming van tapwater, in h;
- $P_{nom;gi}$  is het nominale vermogen van het toestel  $gi$  volgens opgave van de leverancier of zoals vermeld op het typeplaatje, in kW;
- $f_{gebouw;si;W}$  is de dimensieloze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2.

### 13.8.3 Praktijkrendement per opwekker

Bepaal het praktijkrendement van elk toestel als volgt:

$$\eta_{W;gen;prac;si,gi,mi} = f_{prac;gi} \times \eta_{W;gen;gi} \quad [ - ] \quad (13.152)$$

waarin:

$\eta_{W;gen;prac;si,gi,mi}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement onder praktijkomstandigheden voor warm tapwater, in maand  $mi$ , van opwekker  $gi$  in systeem  $si$ ;

$f_{prac;gi}$  is de dimensieloze correctiefactor voor het opwekkingsrendement van toestel  $gi$  onder praktijkomstandigheden.

Voor opwekkingsrendementen bepaald met NEN-EN 16147 geldt voor voorraadtoestellen  $f_{prac;gi} = 0,9$ , tenzij aangetoond kan worden dat bij de test conform NEN-EN 16147 rekening is gehouden met wekelijkse legionellapreventie. Voor de forfaitaire opwekkingsrendementen uit 13.8.4.5, 13.8.4.6 en 13.8.4.7 geldt  $f_{prac;gi} = 1,0$ .

Indien bij externe warmtelevering de primaire energiefactor van externe warmtelevering ( $f_{P;del;dh/dw}$ ) de vaste waarde van 0,9 heeft of conform bijlage P gebaseerd is op uitsluitend gemeten waarden, dan geldt  $f_{prac;gi} = 1,0$ . Als de primaire energiefactor van externe warmtelevering conform bijlage P gebaseerd is op berekende en eventueel gemeten waarden, dan geldt  $f_{prac;gi} = 0,95$ .

In alle overige gevallen geldt  $f_{prac;gi} = 0,95$ ;

$\eta_{W;gen;gi}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor warm tapwater, in maand  $mi$ , van opwekker  $gi$  in systeem  $si$ , bepaald volgens 13.8.4.2 e.v.

**OPMERKING 1** Voor voorraadtoestellen waarbij het opwekkingsrendement is bepaald op basis van testresultaten conform NEN-EN 16147, geldt  $f_{prac;gi} = 0,95$  indien het toestel is beproefd bij een temperatuurinstelling van 55 °C of hoger. Er is dan geen aanvullende legionellapreventie vereist. Wanneer de opwekkingsrendementen zijn gecorrigeerd naar een temperatuurinstelling van 55 °C, geldt  $f_{prac;gi} = 0,9$ .

**OPMERKING 2** Voor gasboilers kan in 13.8.4.5 gebruik worden gemaakt van meetgegevens uit NEN-EN 89. In dat geval geldt  $f_{prac;gi} = 0,95$ .

Indien het opwekkingsrendement bepaald wordt door interpolatie tussen twee meetgegevens, dan kan het voorkomen dat  $f_{prac}$  voor beide meetsituaties verschilt. In dat geval moet  $f_{prac}$  op gelijke wijze als het opwekkingsrendement geïnterpoleerd worden.

### 13.8.4 Opwektoestellen

#### 13.8.4.1 Inleiding

Bepaal voor elk opwektoestel  $gi$  in maand  $mi$ :

- het opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;gi}$ ;
- het hulpenergiegebruik  $W_{Waux;gen;gi}$ ;
- de terugwinbare systeemverliezen: deze kunnen bestaan uit  $Q_{W;gen;aux;ls;rbl}$ ,  $Q_{W;gen;ls;rbl}$  en/of  $Q_{W;sto;ls;rbl}$ .

Bepaal deze waarden afhankelijk van het type toestel en type opwekinstallatie volgens een van onderstaande methoden:

A voor direct verwarmde voorraadvaten:

- met testresultaten volgens NEN-EN 13203-2:2015: volgens 13.8.4.2;
- voor gasboilers tot en met 150 kW op basis van forfaitaire waarden of op basis van eventuele meetresultaten volgens NEN-EN 89: volgens 13.8.4.5.2;
- voor elektroboilers op basis van forfaitaire waarden: volgens 13.8.4.5.3;
- voor overige direct verwarmde voorraadvaten op basis van forfaitaire waarden: volgens 13.8.4.5.4.

B voor toestellen waarbij het verlies van een eventueel voorraadvat is opgenomen in het opwekrendement:

- met gas gestookt:
  - met testresultaten bij meerdere tappatronen volgens NEN-EN 13203-2: volgens 13.8.4.2;
  - op basis van forfaitaire waarden: volgens 13.8.4.7.2;
- elektrische warmtepompen:
  - met testresultaten bij meerdere tappatronen volgens NEN-EN 16147: volgens 13.8.4.2;
  - met testresultaten bij één tappatroon volgens NEN-EN 16147: volgens 13.8.4.3;
  - op basis van forfaitaire waarden: volgens 13.8.4.7.2;
- boosterwarmtepompen (die gebruikmaken van warmte uit een ander systeem): volgens 13.8.4.4;
- op vaste biobrandstof gestookt:
  - op basis van forfaitaire waarden: volgens 13.8.4.6;
- overige elektrische toestellen:
  - op basis van forfaitaire waarden: volgens 13.8.4.7.2;

C voor toestellen in combinatie met indirect verwarmde voorraadvaten:

- voor WKK's of toestellen op vaste biobrandstoffen op basis van meetresultaten: volgens 13.8.4.8;
- op basis van forfaitaire waarden: volgens 13.8.4.7.4;

OPMERKING 1 Het warmteverlies van het voorraadvat wordt apart bepaald.

D voor warmtelevering via een afleverset:

- volgens 13.8.4.9.

Voor elektroboilers kan voor de bepaling van het opwekrendement ook gebruik worden gemaakt van NEN-EN 50440:2016. Het verlies van het voorraadvat is dan meegenomen in het opwekrendement en

kan in 13.6 buiten beschouwing blijven. De bepalingsmethode voor het opwekkingsrendement op basis van testresultaten volgens NEN-EN 50440:2016 is in NTA 8800 niet in detail beschreven.

Voor de bepaling van het opwekkingsrendement van elektroboilers kan de methode voor testresultaten van 24 uursmetingen in 13.8.4.2 voor warmtepompen gevuld worden. Er mag geen sprake zijn van testresultaten voor 'off-peak'. Er hoeft niet gecorrigeerd te worden voor de temperatuurinstelling volgens formule (13.153c). Het dagelijkse elektrische-hulpenergiegebruik (voor standby) is meegenomen in het totale elektrische-energiegebruik voor het tappatroon. Wanneer een elektroboiler alleen wordt toegepast voor de keuken, kan volstaan worden met 1 tappatroon (S of M). Tappatroon  $i_1$  is dan gelijk aan  $i_2$ .

Voor toestellen waarvan het type reeds vóór 2021 werd geleverd, mag ook gebruik worden gemaakt van de Nederlandse methode, zoals beschreven in bijlage A van NEN 7120+C2:2012 inclusief C5, die is overgenomen in bijlage T. Het opwekkingsrendement is bepaald bij een of meer van in totaal vijf gegeven Nederlandse toepassingsklassen van warmtapwatergebruikspatronen. Voor de bepaling van het opwekkingsrendement, zal over het algemeen een interpolatie nodig zijn tussen twee gemeten rendementen. In afwijking hiervan mag het rendement ook worden bepaald volgens de gemeten waarde bij één bepaalde toepassingsklasse, waarbij een passende correctiefactor ( $c_{W;gen}$ ) volgens 13.8.4.7.3 zorgt voor de forfaitaire omrekening naar de waarde die past bij de warmtapwatervraag. Daarna moet het bepaalde opwekkingsrendement omgezet worden naar het opwekkingsrendement onder praktijkomstandigheden volgens 13.8.3.

Bij deze methode is het hulpenergiegebruik reeds in het opwekkingsrendement inbegrepen. De bepalingsmethode voor het opwekkingsrendement op basis van testresultaten is in NTA 8800 niet in detail beschreven.

Indien bij grote installaties niet bekend is of er sprake is van direct of indirect verwarmde voorraadvaten, moet uitgegaan worden van de bepalingsmethode in 13.8.4.5.4 voor direct verwarmde voorraadvaten.

Bij toestellen in combinatie met een zonneboilersysteem gelden de volgende afwijkende bepalingen:

- a) Bij toepassing van zonneboilersystemen met geïntegreerde met gas gestookte naverwarming, waarbij de warmte aan het vat wordt overgedragen door een warmtewisselaar (type b in 13.7.1), moet het opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;gi}$  van de bij- en naverwarmer ontleend worden aan 13.8.4.7.2.
- b) Bij toepassing van zonneboilersystemen met geïntegreerde naverwarming, waarbij de warmte aan het vat wordt overgedragen door een elektrisch element (type c in 13.7.1), bedraagt het opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;gi}$  van de elektrische bij- en naverwarmer 1,0.

**OPMERKING 2** Voor bepaalde soorten toestellen is de hulpenergie inbegrepen in het opwekkingsrendement; in dat geval wordt deze niet apart in rekening gebracht.

### 13.8.4.2 Getest met 24 uursmetingen, bij meerdere tappatronen

#### Methode voor warm tapwater, getest met 24 uursmetingen

De inputgegevens op basis van de beproeving van het toestel, gemeten met een of meer cycli van 24 h, staan in tabel 13.17. In de laatste kolom staan de overeenkomstige symbolen zoals ze in NEN-EN 13203-2 en NEN-EN 16147 voorkomen.

**Tabel 13.17 — Inputgegevens uit de beproevingsnorm voor het warmtapwatertoestel**

Symbool	Omschrijving	Eenheid	Symbool in NEN-EN 13203-2	Symbool in NEN-EN 16147
$Q_{W;b;d;gi}$	Is de dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker $gi$ geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, volgens formule (13.157)	kWh		
$Q_{W;test;i}$	Is de dagelijks geleverde energiehoeveelheid aan warm tapwater bij tappatroon $i$ (volgens tabel 1, 2, 3, 4, 5, 6 en 7 van NEN-EN 13203-2:2015)	kWh	$Q_{ref(i)}$	
	Is de som van de nuttige warmtelevering van de waterafname in belastingsprofiel ( $i$ ) volgens bijlage A van NEN-EN 16147:2017	kWh		$Q_{ref}[i]$
$E_{W;gen;in;test;i}$	Is het dagelijkse brandstofgebruik voor tappatroon $i$ , gecorrigeerd voor zomer en winter (in NEN-EN 13203-2 bepaald op basis van de netto calorische waarde)	kWh	$Q_{gas;p}(i) \times f_{comb}$	
	Is het dagelijkse elektrische-energiegebruik	kWh		$Q_{elec} \times (1 - SCF \times smart)$
$W_{W;gen;test;i}$	Is het dagelijkse elektrische-hulpenergiegebruik voor tappatroon $i$ (in NEN-EN 13203-2 inclusief energiegebruik voor stand-by)	kWh	$E_{elecco}(i)$	
	OPMERKING Het hulpenergiegebruik voor elektrische warmtepompen is meegenomen bij het totale elektrische-energiegebruik voor het tappatroon	kWh		N.v.t.
$E_{W;gen;in;test;stb}$	Is het dagelijkse brandstofgebruik voor stand-by (in NEN-EN 13203-2 bepaald op basis van de netto calorische waarde)	kWh	$Q_{gas;stb}$	
$W_{W;gen;test;stb}$	Is het dagelijkse elektrische-hulpenergiegebruik voor stand-by	kWh	$E_{elecco;stb}$	$P_{es} \times 24$

*Brandstofverbruik in de winter bij met gas gestookte combitoestellen*

Bij de bepaling van  $E_{W;gen;test;in;i}$  ( $Q_{gas;p(i)}$ ) volgens NEN-EN 13203-2 mag een afwijkende meetmethode worden toegepast voor het vaststellen van het brandstofverbruik in de winter. Gebruik hierbij onderstaande formule in plaats van formule (5) van NEN-EN 13203-2:2015:

$$Q_{gas;w} = Q_{gas;s} - 13,5 \times \frac{1,21 \times P_s}{\eta_{100}} \quad (13.153)$$

waarin:

$Q_{gas;w}$  is het dagelijkse energiegebruik in de winter, gecorrigeerd voor het vermeden warmteverlies van de primaire warmtebron, op basis van de netto calorische waarde, in kWh;

$Q_{gas;s}$  is het dagelijkse energiegebruik in de zomer, op basis van de netto calorische waarde volgens 5.4.1 van NEN-EN 13203-2:2015, in kWh;

1,21 is de correctiefactor voor het warmteverlies van de primaire warmtewisselaar van 50 °C naar 55 °C;

13,5 is de periode waarin dagelijks centraal warmte wordt geproduceerd, in h;

$P_s$  is het stand-byverlies van de primaire warmtewisselaar bepaald volgens 9.3.2.3.1.3 van NEN-EN 15502-1+A1:2015 met een gemiddelde watertemperatuur van 50 °C en een omgevingstemperatuur van 20 °C, in kW;

$\eta_{100}$  is het opwekkingsrendement van de opwekker op onderwaarde  $Q_n$  of voor een serie opwekkers het rekenkundig gemiddelde van het maximale en minimale warmtetoeverrendement  $Q_a$  bepaald volgens 9.2.2 van NEN-EN 15502-1+A1:2015.

*Correctie van het dagelijkse energiegebruik voor met gas gestookte toestellen*

De meetresultaten uit NEN-EN 13203-2 moeten zoals aangegeven in tabel 13.17 gecorrigeerd worden voor gas van onder- naar bovenwaarde volgens:

$$E_{W;gen;in;test;i} = f_{\frac{Hs}{Hi}} \times Q_{gas;p;i} \quad (13.153a)$$

waarin:

$E_{W;gen;in;test;i}$  is het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i$ , gecorrigeerd voor zomer en winter, in kWh/dag, op bovenwaarde;

$f_{\frac{Hs}{Hi}}$  is de factor voor omzetting van het brandstofgebruik voor gas van onder- naar bovenwaarde; voor aardgas geldt  $f_{\frac{Hs}{Hi}} = 1,11$ ;

$Q_{gas;p;i}$  is het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i$ , gecorrigeerd voor zomer en winter, bepaald volgens NEN-EN 13203-2, in kWh/dag, op onderwaarde (Hi).

### *Correctie van het dagelijkse elektrische-energiegebruik voor warmtepompen*

De meetresultaten uit NEN-EN 16147 moeten zoals aangegeven in tabel 13.17 als volgt gecorrigeerd worden met een relatieve besparing door slimme regeling. Daarnaast wordt voor combiwarmtepompen met als bron een mix van buitenlucht en ventilatieretourlucht een aanvullende correctie toegepast voor de verhoogde brontemperatuur van deze menglucht:

$$Q_{\text{elec;SCF};i} = Q_{\text{elec};i} \times (1 - SCF_{gi} \times smart) / C_{W;\text{mixed air};mi} \quad (13.153b)$$

waarin:

$Q_{\text{elec;SCF};i}$  is het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i$  bepaald volgens NEN-EN 16147 – inclusief correctie voor smart control, in kWh/dag;

$Q_{\text{elec};i}$  is het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i$  bepaald volgens NEN-EN 16147, in kWh/dag;

$SCF_{gi}$  is de dimensioze Smart Control Factor voor opwekker  $gi$ , volgens NEN-EN 16147;  $smart$  is de dimensioze correctiefactor voor toekenning van de  $SCF$  volgens NEN-EN 16147;  $smart=0$  als  $SCF < 0,07$  of als ‘smart control’ niet van toepassing is; anders geldt  $smart=1$ .

$C_{W;\text{mixed air};mi}$  is de dimensioze maandgemiddelde correctiefactor voor combiwarmtepompen die als bron een mix van buitenlucht en ventilatieretourlucht gebruiken. Voor alle overige warmtepompen geldt  $C_{W;\text{mixed air};mi} = 1$ .

Corrigeer voor warmtepompen vervolgens het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i$ , zoals bepaald in formule (13.153b) voor de gemeten maximale temperatuur tijdens het testen van het toestel en het ontwerp van de installatie:

$$E_{W;\text{gen;in;test};i} = Q_{\text{elec;SCF};i} \times (1 + (55 - T_{\text{max;test};i}) \times 0,02) / (1 + (55 - T_{\text{set;design}}) \times 0,02) \quad (13.153c)$$

waarin:

$E_{W;\text{gen;in;test};i}$  is het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i$ , in kWh/dag;

$Q_{\text{elec;SCF};i}$  is het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i$  bepaald volgens NEN-EN 16147 – inclusief correctie voor ‘smart control’, in kWh/dag;

$T_{\text{max;test};i}$  is de maximale gemeten temperatuur gedurende de vereiste tappingen voor warm tapwater bij test  $i$ , in °C;

$T_{\text{set;design}}$  is de temperatuurinstelling voor tapwater van de warmtepomp conform de dimensionering van het toestel en het ontwerp van de installatie, in °C.

Bij het Europese tappatroon S of groter is de vereiste minimale taptemperatuur ( $T_p$ ) bij een of meer tappingen 55 °C.

**OPMERKING 1** Bij de bepaling van de gemeten maximale temperatuur gedurende de vereiste tappingen gaat het om het gemiddelde van de *hoogst* gemeten temperatuur tijdens de verschillende 55 °C-tappingen.

De forfaitaire waarde van de temperatuurinstelling voor tapwater van de warmtepomp,  $T_{\text{set;design}}$ , is 55 °C. Een lagere waarde moet worden onderbouwd met de dimensionering van het toestel en het ontwerp van de installatie.

De dimensionering van het toestel omvat ten minste de grootte van het voorraadvat in relatie tot de gewenste taphoeveelheid in liters warm water van 40 °C.

Het ontwerp van de installatie omvat ten minste de dimensionering van het leidingnet met inachtneming van de eisen aan de stroomsnelheid, de keuze van mengkranen met het oog op het functioneren bij de toegepaste temperatuurinstelling en de aanwezigheid van voorzieningen om op een of meer tappunten een temperatuur van 55 °C te kunnen leveren, conform NEN 1006.

**OPMERKING 2** In NEN-EN 16147 zijn geen vaste temperatuurinstellingen voor uitvoering van de testen opgegeven. Door correctie van het dagelijkse energiegebruik voor de temperatuurinstelling bij de uitgevoerde testen ( $T_{set,test}$ ) ontstaan voor warmtepompen onderling vergelijkbare prestaties wanneer uitgegaan wordt van eenzelfde installatieontwerp ( $T_{set,design}$ ).

#### *Correctiefactor voor combiwarmtepompen met als bron een mix van buitenlucht en ventilatieretourlucht*

De correctie  $C_{W,mixed\ air,mi}$  voor combiwarmtepompen met als bron een mix van buitenlucht en ventilatieretourlucht kan ontleend worden aan een kwaliteitsverklaring. Indien de ventilatieretourlucht van meerdere rekenzones is aangesloten op de mengluchtwarmtepomp, moet voor het systeem een ventilatiedebietgewogen waarde worden bepaald.

De correctiefactor wordt op onderstaande wijze bepaald met behulp van de resultaten voor ruimteverwarming uit NEN-EN 14511. Indien de testresultaten uit NEN-EN 14511 niet beschikbaar zijn, is de bepaling van  $C_{W,mixed\ air,mi}$  niet mogelijk en geldt  $C_{W,mixed\ air} = 1$ .

$$C_{W,mixed\ air,mi} = COP_{H;hp;2,mixed\ air,mi} / COP_{H;hp;2} \quad (13.153d)$$

waarin:

$COP_{H;hp;2,mixed\ air,mi}$  is de COP van de warmtepomp voor verwarming bij conditie 2, bij maximaal vermogen, bij de van toepassing zijnde mengluchttemperatuur, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.153e;

$COP_{H;hp;2}$  is de COP van de warmtepomp voor verwarming bij conditie 2, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2 (zie tabel Q.11);

Bepaal de COP van de warmtepomp voor verwarming bij toepassing van menglucht aan de hand van het carnotrendement onder handhaving van het temperatuurverschil over de verdamper bij conditie A7/W55 (zie tabel Q.9, conditie 2b), gemeten conform NEN-EN 14511:

$$COP_{H;hp;2,mixed\ air,mi} = \eta_{carnot,H;hp;2} \times -(\theta_{cond,out;2} + 273,15 + 2) \\ / -(\theta_{cond,out;2} - (\theta_{evap,mixed\ air,mi} - (\theta_{evap,in;2} - \theta_{evap,out;2})) + 7) \quad (13.153e)$$

waarin:

$\eta_{carnot,H;hp;2}$  is het dimensiooze carnotrendement bij conditie 2, bij maximaal vermogen, bepaald volgens 13.153f;

$\theta_{cond,out;2}$  is de uitgaande condensortemperatuur bij conditie 2, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2, in °C (zie tabel Q.11);

$\theta_{evap,mixed\ air,mi}$  is de maandgemiddelde verdampertemperatuur voor de productie van warm tapwater, in °C;

$\theta_{evap,in;2}$  is de ingaande verdampertemperatuur bij conditie 2, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2, in °C (zie tabel Q.11);

$\theta_{\text{evap;out};2}$  is de uitgaande verdampertemperatuur bij conditie 2, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2, in °C (zie tabel Q.11).

OPMERKING 3 De conditie A7/W55 sluit goed aan bij de conditie voor de warmtapwaterproductie van een individueel toestel. Opgemerkt wordt dat een deel van de warmtapwaterproductie bij lagere condensortemperaturen plaatsvindt en daarmee bij een beter rendement.

Bepaal uit de meetresultaten voor conditie 2b (conform NEN-EN 14511) het carnotrendement onder aanname van een delta-T tussen koudemiddel en lucht (verdamper) van 5 K, en voor koudemiddel en water (condensor) van 2 K.

$$\eta_{\text{carnot;H;hp};2} = \text{COP}_{\text{H;hp};2} / \text{COP}_{\text{theoretisch;conditie2b}} \quad (13.153f)$$

$$\text{COP}_{\text{theoretisch;conditie2b}} = (\theta_{\text{cond;out};2} + 273,15 + 2) / (\theta_{\text{cond;out};2} - \theta_{\text{evap;out};2} + 7) \quad (13.153g)$$

waarin:

$\text{COP}_{\text{H;hp};2}$  is de COP van de warmtepomp voor verwarming bij conditie 2, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2 (zie tabel Q.11);

$\theta_{\text{cond;out};2}$  is de uitgaande condensortemperatuur bij conditie 2, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2, in °C (zie tabel Q.11);

$\theta_{\text{evap;out};2}$  is de uitgaande verdampertemperatuur bij conditie 2, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2, in °C (zie tabel Q.11).

De maandgemiddelde verdampertemperatuur voor de productie van warm tapwater en de verhouding tussen ventilatielucht en verdamperluchtdebiet wordt als volgt bepaald:

$$\theta_{\text{evap;mixed air};mi} = (\theta_{e;\text{avg};mi} - 3,7) \times f_{\text{buitenlucht};mi} + \theta_{\text{ETA;dis;out};zi,mi} \times (1 - f_{\text{buitenlucht};mi}) \quad (13.153h)$$

$$f_{\text{buitenlucht};mi} = \text{MAX} [0; (1 - (\sum_{(si)zi} [q_{V;ODA;\text{req};zi,mi}] / q_{V;hp;W}))] \quad (13.153i)$$

waarin:

$\theta_{e;\text{avg};mi}$  is de gemiddelde buitentemperatuur in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in °C;

$f_{\text{buitenlucht};mi}$  is de dimensioze factor voor contributie van buitenlucht aan de totale bronzijdige (verdamper) luchtvolumestroom van alle rekenzones  $zi$  die zijn aangesloten op systeem  $si$ , in maand  $mi$ ;

$\theta_{\text{ETA;dis;out};zi,mi}$  is de temperatuur van de luchtvolumestroom die de kanalen verlaat naar de AHU of ventilatie-unit, bepaald volgens formule (11.130), in °C;

$q_{V;ODA;\text{req};zi,mi}$  is de benodigde luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $\text{m}^3/\text{h}$ , volgens 11.2.2.1;

$q_{V;hp;W}$  is de luchtvolumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met een combinatie van ventilatieretourlucht en buitenlucht als warmtebron van een warmtapwatersysteem, volgens opgave van de leverancier, in  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Bepaal bij combiwarmtepompen met als bron een mix van buitenlucht en ventilatieretourlucht  $Q_{\text{elec};i}$  conform NEN-EN 16147 bij de voorgeschreven 7 °C ingaande verdampertemperatuur.

Doordat gerekend wordt met de maandgemiddelde buitentemperatuur ontstaat een verschil ten opzichte van buitenluchtwarmtepompen met een standaard testconditie bij 7 °C buitentemperatuur. Het verschil bedraagt 3,7 °C ten opzichte van de klimaatgegevens uit NEN 5060:2018.

### Energiegebruik per dag

Bepaal voor toestellen die zijn getest volgens NEN-EN 13203-2 of NEN-EN 16147, het energiegebruik,  $E_{W;gen;gi;in;d}$ , in kWh per dag op de volgende wijze:

$$E_{W;gen;gi;in;d} = E_{W;gen;in;test;i1} + \left( E_{W;gen;in;test;i2} - E_{W;gen;in;test;i1} \right) \times \frac{\left( Q_{W;b;d} - Q_{W;test;i1} \right)}{\left( Q_{W;test;i2} - Q_{W;test;i1} \right)} - E_{W;gen;in;PFHRD} \quad (13.154)$$

waarin:

- $E_{W;gen;gi;in;d}$  is de gemiddelde dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  gebruikt wordt ten behoeve van warm tapwater, in kWh/dag;
- $E_{W;gen;in;test;i(x)}$  is het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i(x)$ , waar nodig gecorrigeerd voor zomer en winter, en voor de ingestelde temperatuur in kWh/dag, op bovenwaarde;
- $Q_{W;b;d}$  is de dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, volgens formule (13.157), in kWh/dag;
- $Q_{W;test;i(x)}$  is de dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater voor tappatroon  $i(x)$ , in kWh/dag;
- $E_{W;gen;in;PFHRD}$  is de gemiddelde dagelijkse hoeveelheid energie die door toepassing van PFHRD in opwekker  $gi$  wordt gereduceerd ten behoeve van warm tapwater, in kWh/dag.

De tappatronen met beschikbare gegevens zijn gekenmerkt door een code (3XS, XXS, XS, S, M, L, XL, XXL, 3XL en 4XL) met oplopende hoeveelheid geleverde energie ( $Q_{ref}$  volgens het tappatroon).

**OPMERKING 4** De tappatronen in NEN-EN 13203-2 en NEN-EN 16147 zijn gelijk aan elkaar en worden met uitzondering van 3XL en 4XL ook gebruikt voor het energielabel.

**OPMERKING 5** De geleverde energie per dag ( $Q_{ref}$  volgens het tappatroon) betreft bij S 2,1 kWh, M 5,845 kWh, L 11,655 kWh, XL 19,07 kWh, XXL 24,53 kWh, 3XL 46,76 kWh en 4XL 93,52 kWh.

Bij toepassing van de tappatronen  $i_1$  en  $i_2$  gelden de volgende randvoorwaarden:

Wanneer voor  $i_2$  tappatroon L wordt toegepast, dan moet  $i_1$  volgens tappatroon S of M zijn bij voorraadtoestellen en volgens tappatroon M bij doorstroomtoestellen. Bij elektrische warmtepompen mag formule (13.154) alleen toegepast worden, indien  $Q_{W;b;d} \leq (Q_{W;test;i=L} + Q_{W;test;i=XL})/2$ .

Wanneer voor  $i_2$  tappatroon XL wordt toegepast, dan moet  $i_1$  volgens tappatroon S, M of L zijn bij voorraadtoestellen en volgens tappatroon M of L bij doorstroomtoestellen. Bij elektrische warmtepompen mag formule (13.154) alleen toegepast worden indien  $Q_{W;b;d} \leq Q_{W;test;i=XL}$ .

Wanneer voor  $i_2$  tappatroon XXL wordt toegepast, dan moet  $i_1$  volgens tappatroon M, L of XL zijn. Formule (13.154) mag alleen toegepast worden:

- bij toepassing van tappatroon XL voor  $i_1$  indien  $Q_{W;b;d} \geq Q_{W;test;i=L}$ ;
- bij toepassing van tappatroon L voor  $i_1$  indien  $Q_{W;b;d} \geq Q_{W;test;i=M}$ ;

— bij toepassing van elektrische warmtepompen indien  $Q_{W;b;d} \leq Q_{W;test;i=XXL}$ .

Voor de bepaling van het energiegebruik bij een lagere  $Q_{W;b;d}$  dan hierboven aangegeven mag voor tapklasse M of S gebruik worden gemaakt van  $c_{W,EU;gen}$  conform tabel 13.18.

Wanneer voor  $i_2$  tappatroon 3XL wordt toegepast dan moet  $i_1$  volgens tappatroon X zijn. Formule (13.154) mag alleen toegepast worden, indien  $Q_{W;b;d} \geq Q_{W;test;i=XL}$  en bij elektrische warmtepompen indien  $Q_{W;b;d} \leq Q_{W;test;i=3XL}$ .

Wanneer voor  $i_2$  tappatroon 4XL wordt toegepast dan moet  $i_1$  volgens tappatroon 3XL zijn. Formule (13.154) mag alleen toegepast worden indien  $Q_{W;b;d} \geq (Q_{W;test;i=XXL} + Q_{W;test;i=3XL})/2$  en bij elektrische warmtepompen indien  $Q_{W;b;d} \leq Q_{W;test;i=4XL}$ .

Randvoorwaarden toepasbare tappatronen en randvoorwaarde voor extrapolatie in formule (13.154).

<b>Bij toepassing voor <math>i_2</math> van tappatroon:</b>	<b>Toegestaan tappatroon voor <math>i_1</math></b>	<b>Randvoorwaarde extrapolatie</b>	
		<b>algemeen: <math>Q_{W;b;d} \geq</math></b>	<b>bij elektrische warmtepompen: <math>Q_{W;b;d} \leq</math></b>
L	M of S bij voorraadtoestel		(L+XL)/2
XL	M of L of S bij voorraadtoestel		XL
XXL	M		XXL
	L	M	XXL
	XL	L	XXL
3XL	XXL	XL	3XL
4XL	3XL	(XXL+3XL)/2	4XL

**OPMERKING 6** Door voor het tappatroon  $i_1$  uit te gaan van tappatroon S of M wordt impliciet aangesloten bij het minimale tapwaterverbruik in een woonfunctie met 1 bewoner. Alleen in het geval van DWTW en/of een zonneboiler kan het warmtapwatergebruik lager zijn dan volgens tappatroon S.

### PFHRD-bijdrage

De indirekte PFHRD-bijdrage aan warm water is een aftrekpost op het energiegebruik voor warm water. De dagelijkse bijdrage wordt gemeten volgens prEN 13203-7 onder referentiecondities. De werkelijke jaarlijkse PFHRD-bijdrage aan het energiegebruik voor warm water is direct afhankelijk van de gebruikte hoeveelheid gas voor verwarming.

Indien het opwektoestel geen PFHRD heeft, geldt  $E_{W;gen;in;PFHRD} = 0$ . Bepaal de bijdrage van een eventueel aanwezige PFHRD als volgt:

$$E_{W;gen;in;PFHRD} = \sum_{mi=1}^{12} E_{H;gen;gi;cr;j;mi,in} / 365 \times f_{PFHRD} \quad (13.156a)$$

$$f_{PFHRD} = Q_{\text{gas;indirect}} / Q_{\text{gas;CH;test}} \quad (13.156b)$$

waarin:

- $E_{W;gen;in;PFHRD}$  is de gemiddelde dagelijkse hoeveelheid energie die door toepassing van PFHRD in opwekker  $gi$  wordt gereduceerd ten behoeve van warm tapwater, in kWh/dag;
- $E_{H;gen;gi;cr;j;mi;in}$  is het energiegebruik van het toestel  $gi$  (=combitoestel) voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ , bepaald volgens 9.2.1, in kWh op bovenwaarde;
- $f_{PFHRD}$  is de dimensieloze factor voor de opbrengst van de PFHRD t.g.v. het verwarmingsbedrijf van het combitoestel;
- $Q_{gas;indirect}$  is de reductie op het brandstofgebruik door de indirecte PFHRD-bijdrage, bepaald volgens prEN 13203-7 volgens de 24 uurstestmethode, in kWh/dag op onderwaarde;
- $Q_{gas;CH;test}$  is het brandstofgebruik voor verwarming, gemeten tijdens de test voor de bepaling van  $Q_{gas;indirect}$ , in kWh/dag op onderwaarde.

De verkorte testmethode van prEN 13203-7 voor de bepaling van de indirecte PFHRD-bijdrage is niet toegestaan, omdat er in prEN 13203-7 geen opgave wordt gedaan van het brandstofverbruik voor verwarming.

### Opwekkingsrendement

$$Q_{W;b;d} = \frac{\sum_{mi} Q_{W;gen;gi;out;mi}}{365} \quad (13.157)$$

$$\eta_{W;gen;gi} = \frac{Q_{W;b;d}}{E_{W;gen;gi;in;d}} \quad (13.158)$$

waarin:

- $Q_{W;b;d}$  is de dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in kWh/dag;
- $Q_{W;gen;gi;out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , in kWh;
- $\eta_{W;gen;gi}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor warm tapwater van opwekker  $gi$ ;
- $E_{W;gen;gi;in;d}$  is de gemiddelde dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  gebruikt wordt ten behoeve van warm tapwater, in kWh/dag.

Rond  $\eta_{W;gen;gi}$  af naar beneden op een veelvoud van 0,025 voor met gas gestookte toestellen of 0,05 voor elektrische toestellen.

### Hulpenergie

Bepaal het hulpenergiegebruik,  $W_{W;aux;gen;gi,mi}$  voor toestellen die zijn getest volgens NEN-EN 13203-2 als volgt:

$$W_{W;gen;d} = W_{W;gen;test;i1} + (W_{W;gen;test;i2} - W_{W;gen;test;i1}) \times \frac{(Q_{W;b;d} - Q_{W;test;i1})}{(Q_{W;test;i2} - Q_{W;test;i1})} \quad (13.159)$$

$$W_{W;\text{aux;gen};gi,mi} = W_{W;\text{gen;d}} \times 365 \times \frac{t_{mi}}{t_{\text{an}}} \quad (13.160)$$

waarin:

- $W_{W;\text{gen;d}}$  is de dagelijkse hoeveelheid hulpenergie die door opwekker  $gi$  gebruikt wordt ten behoeve van warm tapwater, in kWh/dag;
- $W_{W;\text{gen;test};i(x)}$  is het dagelijkse elektrische-hulpenergiegebruik voor tappatroon  $i(x)$ , in kWh/dag; gebruik hiervoor  $E_{\text{elecco};i(x)}$ ;
- $E_{\text{elecco};i}$  is het dagelijkse elektrische-hulpenergiegebruik voor tappatroon  $i$ , in kWh/dag (in NEN-EN 13203-2 inclusief energiegebruik voor stand-by);
- $Q_{W;\text{b;d}}$  is de dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, volgens formule (13.157), in kWh/dag;
- $Q_{W;\text{test};i(x)}$  is de dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater voor tappatroon  $i(x)$ , in kWh/dag;
- $W_{W;\text{aux;gen};gi,mi}$  is het elektrische-hulpenergiegebruik van opwekkingstoestel  $gi$ , in maand  $mi$ , in kWh;
- $t_{mi}$  is de lengte van maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;
- $t_{\text{an}}$  is de lengte van het jaar, bepaald volgens 17.2, in h.

Bij de bepaling van het hulpenergiegebruik moet parallel aan de uitgangspunten, zoals vermeld bij 'Energiegebruik per dag', rekening worden gehouden met de volgende tappatronen:

Het tappatroon  $i_1$  moet volgens tappatroon S of M zijn bij voorraadtoestellen en volgens tappatroon M bij doorstroomtoestellen.

Het tappatroon  $i_2$  moet volgens tappatroon L of XL zijn.

Voor toestellen die zijn getest volgens NEN-EN 16147, geldt:  $W_{W;\text{aux;gen};gi,mi} = 0$ . Het elektrische-hulpenergiegebruik is reeds meegenomen in het opwekkingsrendement zoals hiervoor bepaald.

Bij toepassing van een combitoestel wordt het hulpenergiegebruik voor zowel de opwekking van warm tapwater als voor verwarming bepaald bij het onderdeel verwarming. Dan geldt  $W_{W;\text{aux;gen};gi,mi} = 0$ .

### Terugwinbare systeemverliezen

Bij toepassing van de meetgegevens voor het opwekkingsrendement uit deze paragraaf kunnen de terugwinbare verliezen die optreden bij een warmtepomp op ventilatiereturrlucht en bij combitoestellen met een geïntegreerd voorraadvat, als volgt worden bepaald:

$$Q_{W;\text{gen;ls;rbl};zi,gi,mi} = \frac{Q_{W;\text{test};i1}}{E_{W;\text{gen;in;test};i1}} \times \left( E_{W;\text{gen;in;test};i2} - \frac{\left( E_{W;\text{gen;in;test};i2} - E_{W;\text{gen;in;test};i1} \right)}{\left( Q_{W;\text{test};i2} - Q_{W;\text{test};i1} \right)} \times Q_{W;\text{test};i2} \right) \times 365 \times \frac{t_{mi}}{t_{\text{an}}} \times \frac{A_{g;zi,si}}{A_{g;si;W}} \quad (13.160a)$$

waarin:

- $E_{W;\text{gen;in;test};i(x)}$  is het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i(x)$ , waar nodig gecorrigeerd voor zomer en winter, in kWh/dag, op bovenwaarde;

$Q_{W;\text{test};i(x)}$	is de dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker $gi$ geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater voor tappatroon $i(x)$ , in kWh/dag;
$t_{mi}$	is de lengte van maand $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;
$t_{an}$	is de lengte van het jaar, bepaald volgens 17.2, in h;
$A_{g;zi,si}$	is de gebruiksoppervlakte in zone $zi$ die door systeem $si$ wordt bediend in m <sup>2</sup> ;
$A_{g;si;W}$	is de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald, en dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem $si$ voor de functie warm tapwater, volgens formules (13.19b) of (13.20a), in m <sup>2</sup> .

Voor de overige typen opwekkers geldt  $Q_{W;\text{gen};ls;rbl;zi,gi,mi} = 0$ .

Voor de hulpenergie geldt:

De teruggewonnen energie van het hulpenergiegebruik van de opwekker voor warm tapwater:

$$Q_{W;\text{gen};aux;rvd;gi,mi} = 0$$

De terugwinbare energie van het hulpenergiegebruik van de opwekker voor ruimteverwarming:

$$Q_{W;\text{gen};aux;ls;rbl;gi,mi} = 0$$

waarin:

$Q_{W;\text{gen};aux;rvd;gi,mi}$  is de voor warm tapwater teruggewonnen energie van het hulpenergiegebruik van opwekker  $gi$ , in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{W;\text{gen};aux;ls;rbl;gi,mi}$  is de voor ruimteverwarming terugwinbare energie van het hulpenergiegebruik van opwekker  $gi$ , in maand  $mi$ , in kWh.

OPMERKING 7 In NEN-EN 13203-2 en NEN-EN 16147 ontbreekt een bepalingsmethode voor de (terugwinbare) verliezen via het voorraadvat en/of de behuizing van het toestel.

OPMERKING 8 De verliezen en daarmee ook het terugwinbare deel daarvan worden via ecodesign beperkt.

### 13.8.4.3 Getest met 24 uursmetingen, bij één tappatroon

Voor warmtapwatertoestellen die conform NEN-EN 16147 zijn beproefd bij (slechts) één Europees tappatroon, mag het opwekkingsrendement  $\eta_{W;\text{gen};gi}$  worden bepaald volgens:

$$\eta_{W;\text{gen};gi} = \frac{Q_{W;\text{test};i(x)} \times C_{W,\text{EU};\text{gen}}}{E_{W;\text{gen};in;\text{test};i(x)}} \quad (13.160b)$$

waarin:

$\eta_{W;\text{gen};gi}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor warm tapwater van opwekker  $gi$ ;

$Q_{W;\text{test};i(x)}$  is de dagelijkse hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater voor tappatroon  $i(x)$ , in kWh/dag;

$c_{W,EU;gen}$  is de dimensioze correctiefactor voor de warmtebehoefte en de Europese toepassingsklasse;

$E_{W;gen;in;test;i(x)}$  is het dagelijkse energiegebruik voor tappatroon  $i(x)$ , waar nodig gecorrigeerd voor zomer en winter, en voor de ingestelde temperatuur in kWh/dag, op bovenwaarde.

Rond  $\eta_{W;gen;gi}$  af naar beneden op een veelvoud van 0,05 voor elektrische toestellen.

Bepaal voor individuele warmtepompen de rekenwaarde voor de correctiefactor voor de warmtebehoefte en de Europese toepassingsklasse volgens tabel 13.18 uit de brutowarmtebehoefte  $Q_{W;dis;nren;an}$  en de toepassingsklasse waarbij het rendement van de warmtepomp is gemeten.

**Tabel 13.18 — Correctiefactor voor opwekkingsrendement voor individuele warmtepompen bij gebruik van meetresultaten op basis van Europese tappatronen**

$c_{W,EU;gen}$	$Q_{W;dis;nren;an}$ kWh			
	$\leq 765$	2 130	4 250	$\geq 6\,960$
<b>Toepassingsklasse: energiegebruik gemeten volgens Europees tappatroon</b>				
S	1	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
M	0,56	1	N.v.t.	N.v.t.
L	0,43	0,74	1	N.v.t.
XL	0,35	0,61	0,79	1
waarin:	$Q_{W;dis;nren;an}$ is de jaarlijkse brutowarmtebehoefte voor warmtapwaterbereiding, bepaald volgens 13.1.2, in kWh.			

Voor warmtepompen is toepassing in een hogere klasse dan waarbij het rendement is gemeten, niet toegelaten, omdat bij gebruik in een hogere klasse de vergrote inzet van de (elektrische) bijstookvoorziening kan leiden tot een significante daling van het rendement.

Voor tappatronen groter dan XL zijn geen correctiefactoren beschikbaar.

### Hulpenergie

Voor toestellen die zijn getest volgens NEN-EN 16147 geldt:  $W_{W;aux;gen;gi,mi} = 0$ . Het elektrisch hulpenergiegebruik is reeds meegenomen in het opwekkingsrendement zoals hiervoor bepaald.

### Terugwinbare systeemverliezen

Bij toepassing van de meetgegevens voor het opwekkingsrendement uit deze paragraaf geldt voor de terugwinbare verliezen:  $Q_{W;gen;ls;rbl;zi;gi;mi} = 0$ .

#### 13.8.4.4 Boosterwarmtepompen

Een boosterwarmtepomp is een individuele warmtapwaterwarmtepomp met een hoger temperatuurwarmtebron, met een watertemperatuur boven 12 °C.

De boosterwarmtepomp kan worden toegepast in woningen en gebouwen met een (collectief) verwarmingssysteem waarbij de warmte van een (collectief) verwarmingssysteem, al dan niet aangevuld met warmte onttrokken aan de woning of het gebouw, fungert als hogetemperatuurwarmtebron.

De benodigde warmte uit het verwarmingssysteem en het elektrische-(hulp)energiegebruik kan worden bepaald aan de hand van meetgegevens of forfaitaire rekenwaarden uit deze paragraaf.

**OPMERKING 1** Wanneer gebruik wordt gemaakt van de forfaitaire rekenwaarden, kan geen rekening worden gehouden met koeling (onttrekking van warmte uit het koelsysteem in de woning of het gebouw) door de boosterwarmtepomp.

**OPMERKING 2** Een boosterwarmtepomp in een woongebouw wordt meestal toegepast in combinatie met een circulatiesysteem met cv-water dat wordt ingezet voor warm tapwater. Dit kan een systeem op basis van externe warmtelevering zijn of een collectief gebouwssysteem voor de functie verwarming. Circulatieleidingen na een eventuele afleverset moeten worden meegenomen als separaat circulatiesysteem.

### Opwekkingsrendement

Bij een boosterwarmtepomp wordt het elektrische-energiegebruik van het toestel samen met het hulpenergiegebruik berekend. Er is voor de berekening geen opwekkingsrendement nodig. Voor het energiegebruik voor warm tapwater volgens formule (13.3) geldt:

$$E_{W;si,gi(=BWP),ci(=el)} = 0$$

### Benodigde warmte uit verwarmingssysteem

De door de boosterwarmtepomp voor warm tapwater onder praktijkomstandigheden gebruikte energie, geleverd door een (collectief) verwarmingssysteem ( $E_{W;gen;in;prac;BWP;hj;mi}$ ), wordt als volgt bepaald:

$$E_{W;gen;in;prac;BWP;hj;mi} = E_{W;gen;in;hj;mi} \quad (13.161)$$

Alleen indien het (hulp)energiegebruik  $W_{W;aux;gen;gi,mi}$  met behulp van de forfaitaire waarden bepaald is, mag de door de boosterwarmtepomp voor warm tapwater onder praktijkomstandigheden gebruikte energie, geleverd door het (collectieve) verwarmingssysteem ( $E_{W;gen;in(;)prac;BWP;hj;mi}$ ) op onderstaande wijze worden bepaald:

$$E_{W;gen;in;prac;BWP;hj;mi} = \frac{Q_{W;gen;gi;out;mi}}{\eta_{gen;hj} \times c_{W;gen}} \quad (13.162)$$

waarin:

$E_{W;gen;in;prac;BWP;hj;mi}$  is de door de BWP onder praktijkomstandigheden gebruikte energie, geleverd door het (collectieve) verwarmingssysteem  $si = hj$ , per maand, in kWh;

$E_{W;gen;in;hj;mi}$  is de door de BWP onder praktijkomstandigheden gebruikte energie, geleverd door het (collectieve) verwarmingssysteem  $si = hj$ , per maand, bepaald volgens bijlage W, in kWh;

$Q_{W;gen;gi;out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2, in kWh;

$\eta_{\text{gen;hj}}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement van een boosterwarmtepomp voor de benodigde warmte uit een verwarmingssysteem. Bij koppeling aan een verwarmingssysteem met een ontwerpaanvoertemperatuur op 24 °C geldt  $\eta_{\text{gen;hj}} = 1,15$ , bij koppeling aan een verwarmingssysteem met een ontwerpaanvoertemperatuur op 40 °C geldt  $\eta_{\text{gen;hj}} = 1,05$ . Voor afwijkende ontwerpaanvoertemperaturen tussen 24 °C en 40 °C mag worden geïnterpoleerd. Voor ontwerpaanvoertemperaturen van 20 °C tot 24 °C en van 40 °C tot en met 44 °C mag worden geëxtrapoleerd. Voor ontwerpaanvoertemperaturen lager dan 20 °C en hoger dan 44 °C moet de waarde van  $\eta_{\text{gen;hj}}$  bij 20 °C respectievelijk 44 °C aangehouden worden. Indien het temperatuurniveau van het verwarmingssysteem niet bekend is, geldt  $\eta_{\text{gen;hj}} = 1,15$ ;

$c_{W;\text{gen}}$  is de dimensieloze correctiefactor voor de warmtebehoefte en de toepassingsklasse, volgens 13.8.4.7.3. Voor boosterwarmtepompen geldt klasse 4;

**OPMERKING 3** De energie die wordt geleverd door het (collectieve) verwarmingssysteem  $E_{W;\text{gen};in;\text{prac};hj;mi}$ , wordt meegenomen in hoofdstuk 9 bij het energiegebruik van verwarming.

### (Hulp)energiegebruik

Bepaal het (hulp)energiegebruik van een boosterwarmtepomp  $W_{W;\text{aux;gen};gi(=BWP),mi}$  volgens bijlage W. Het (hulp)energiegebruik van de boosterwarmtepomp mag ook forfaitair als volgt bepaald worden:

$$W_{W;\text{aux;gen};gi,mi} = \frac{Q_{W;\text{gen};gi,out;mi}}{COP_{W;\text{BWP}} \times c_{W;\text{gen}} \times f_{\text{prac};gi}} \quad (13.163)$$

waarin:

$W_{W;\text{aux;gen};gi,mi}$  is het elektrische-hulpenergiegebruik van opwekkingstoestel  $gi$ , in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{W;\text{gen};gi,out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2.3, in kWh;

$COP_{W;\text{BWP}}$  is de dimensieloze  $COP$  van de BWP, met de forfaitaire waarde 4 voor een verwarmingssysteem met een ontwerpaanvoertemperatuur op 40 °C en een forfaitaire waarde 3 voor een verwarmingssysteem met een ontwerpaanvoertemperatuur op 24 °C. Voor afwijkende ontwerpaanvoertemperaturen tussen 24 °C en 40 °C mag worden geïnterpoleerd. Voor ontwerpaanvoertemperaturen van 20 °C tot 24 °C en van 40 °C tot en met 44 °C mag worden geëxtrapoleerd. Voor ontwerpaanvoertemperaturen lager dan 20 °C en hoger dan 44 °C moet de waarde van  $\eta_{\text{gen;hj}}$  bij 20 °C respectievelijk 44 °C aangehouden worden. Indien het temperatuurniveau van het verwarmingssysteem niet bekend is, kan voor de  $COP$  uitgegaan worden van 3;

$c_{W;\text{gen}}$  is de dimensieloze correctiefactor voor de warmtebehoefte en de toepassingsklasse, volgens 13.8.4.7.3. Voor boosterwarmtepompen geldt klasse 4;

$f_{\text{prac};gi}$  is de dimensieloze correctiefactor voor het opwekkingsrendement van toestel  $gi$  onder praktijkomstandigheden. Bij toepassing van het forfaitaire opwekkingsrendement van boosterwarmtepompen geldt  $f_{\text{prac};gi} = 1,0$ . In overige gevallen geldt  $f_{\text{prac};gi} = 0,95$ .

**OPMERKING 4** Het (hulp)energiegebruik en de COP van een boosterwarmtepomp worden in principe bepaald voor de situatie dat het (collectieve) verwarmingssysteem wordt bedreven met een stooklijn. Alleen indien met een verklaring aangetoond kan worden dat het collectieve verwarmingssysteem jaarrond functioneert op een vastgelegde continue aanvoertemperatuur, kunnen het (hulp)energiegebruik en de COP van een boosterwarmtepomp bepaald worden bij die vastgelegde continue aanvoertemperatuur.

### Terugwinbare systeemverliezen

Bereken de terugwinbare systeemverliezen volgens de bepalingswijze in 13.6.5. Gebruik daarbij de verliezen van de boosterwarmtepomp  $Q_{W;BWP;ls;tot;mi}$  uit formule (13.164) voor de verliezen van het voorraadvat  $Q_{sto;ls;si,mi}$ . Indien het (hulp)energiegebruik forfaitair is bepaald, geldt voor de terugwinbare systeemverliezen  $Q_{sto;ls;si,mi} = 0$ .

$$Q_{W;BWP;ls;tot;mi} = Q_{W;hp;ls;mi} / 3,6 \quad (13.164)$$

waarin:

$Q_{W;BWP;ls;tot;mi}$  is de hoeveelheid warmteverlies van een boosterwarmtepomp, in maand  $mi$ , in kWh;

$Q_{W;hp;ls;mi}$  is de door de verdamper opgenomen warmte ter compensatie van warmteverlies, per maand, volgens bijlage W, in MJ.

Rond  $Q_{W;BWP;ls;tot;mi}$  af naar beneden op twee significante cijfers tot de dichtstbijzijnde getalswaarde uit de in bijlage X gegeven reeks.

### 13.8.4.5 Direct verwarmde voorraadvaten

#### 13.8.4.5.1 Algemeen

Voor gasboilers tot en met 150 kW worden de rekenwaarden bepaald op basis van forfaitaire waarden of op basis van eventuele meetresultaten volgens NEN-EN 89 volgens 13.8.4.5.2. Indien testgegevens volgens NEN-EN 13203-2 (tot 70 kW) beschikbaar zijn, dan kan gebruik worden gemaakt van de methode volgens 13.8.4.2.

Voor elektroboilers is geen normatieve methode beschikbaar. Hiervoor moet gebruik worden gemaakt van de forfaitaire waarden volgens 13.8.4.5.3.

Voor overige direct verwarmde voorraadvaten (waaronder gasboilers vanaf 150 kW) moet gebruik worden gemaakt van de forfaitaire waarden volgens 13.8.4.5.4.

**OPMERKING** Indien testresultaten beschikbaar zijn volgens NEN-EN 13203-2:2015, kan gebruik worden gemaakt van de methode in 13.8.4.2.

#### 13.8.4.5.2 Gasboilers tot en met 150 kW

Bepaal het opwekkingsrendement van een gasboiler voor toestellen tot en met 150 kW als volgt:

$$\eta_{W;gen;gi,mi} = \frac{Q_{W;gen;gi;out;mi}}{E_{W;gen;gi;in;mi}} \quad (13.165)$$

$$E_{W;gen;gi;in;mi} = Q_{W;gen;gi;out;mi} + Q_{gen;ls;tot;mi} \quad (13.166; \text{NEN-EN } 15316-4-1:2017, (34))$$

$$Q_{\text{gen;ls;tot};mi} = Q_{W;\text{gen;ls};mi} + Q_{W;\text{S;ls};mi} \quad (13.167; \text{NEN-EN } 15316-4-1:2017, (36))$$

waarin:

- $\eta_{W;\text{gen};gi,mi}$  is het dimensioleze opwekkingsrendement voor warm tapwater, in maand  $mi$ , van opwekker  $gi$  in systeem  $si$ ;
- $Q_{W;\text{gen};gi;\text{out};mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2.3, in kWh;
- $E_{W;\text{gen};gi;\text{in};mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  gebruikt wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{\text{gen;ls;tot};mi}$  is het totale energieverlies van een gasboiler, in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{W;\text{gen;ls};mi}$  is de hoeveelheid opwekverlies van een gasboiler, in maand  $mi$ , bepaald volgens formule (13.174), in kWh;
- $Q_{W;\text{S;ls};mi}$  is de hoeveelheid warmteverlies van een gasboiler, in maand  $mi$ , bepaald volgens formule (13.168), in kWh.

Rond  $\eta_{W;\text{gen};gi,mi}$  af naar beneden op een veelvoud van 0,025.

### Warmteverlies toestel

Het warmteverlies van een met gas gestookt tapwatertoestel wordt berekend volgens formule (13.168).

Aangenomen dat de totale warmteproductie van het toestel gedurende het jaar als een verlies kan worden aangemerkt, geldt:

$$Q_{W;\text{S;ls};mi} = f_{\text{gebouw};si;W} \times \frac{\vartheta_{Wc;mn} + 5 - \vartheta_{W;\text{amb};zi,mi}}{45} \times \frac{t_{mi}}{24} \times q_{B,S} \quad (13.168)$$

waarin:

- $Q_{W;\text{S;ls};mi}$  is de hoeveelheid warmteverlies van een gasboiler, in maand  $mi$ , in kWh;
- $f_{\text{gebouw};si;W}$  is de dimensioleze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;
- $q_{B,S}$  is het dagelijkse warmteverlies in stand-by, in kWh; gemeten volgens NEN-EN 89 of bepaald met formule (13.169) of (13.170);
- $\vartheta_{Wc;mn}$  is de gemiddelde temperatuur van de warmtapwatervoorraad. Voor systemen met circulatie:  $\vartheta_{Wc;mn} = 60^\circ\text{C}$ , voor systemen zonder circulatie:  $\vartheta_{Wc;mn} = 55^\circ\text{C}$ ;
- $\vartheta_{W;\text{amb};zi,mi}$  is de omgevingstemperatuur in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in  $^\circ\text{C}$ . Voor onverwarmde zones geldt:  $\vartheta_{W;\text{amb};zi,mi} = \vartheta_{ztu;k;zi;H,mi}$  volgens 8.9.7. Voor verwarmde rekenzones moet gebruik worden gemaakt van  $\vartheta_{int;set;H;zi,mi}$  bepaald in 7.9.4. Voor onverwarmde zones is de omgevingstemperatuur afhankelijk van de benaderingswijze van de onverwarmde ruimte(n). Indien de omgevingstemperatuur

in de aangrenzende onverwarmde ruimte(n)  $\vartheta_{\text{ztu};k;zi;H;mi}$  (bepaald volgens formule (7.82)) bekend is (er is een aangrenzende onverwarmde ruimte ingevoerd), dan geldt:  $\vartheta_{W;\text{amb};zi,mi} = \vartheta_{\text{ztu};k;zi;H;mi}$  volgens 7.9.7. Indien de temperatuur in de aangrenzende onverwarmde ruimte(n) niet bekend is (er is niet één aangrenzende onverwarmde ruimte ingevoerd), dan geldt  $\vartheta_{W;\text{amb};zi,mi} = 13^\circ\text{C}$ ;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h.

**OPMERKING** De temperatuur  $\vartheta_{W;\text{c,mn}}$  is een gemiddelde voorraadtemperatuur. De temperatuur van het uitstromende water is hoger dan  $60^\circ\text{C}$ .

Het warmteverlies tijdens stand-by  $q_{B;S}$  van het warmwatervoorraadtoestel moet gemeten worden volgens NEN-EN 89 (met een gemiddeld temperatuurverschil tussen de watervoorraad en de installatieruimte van 45 K).

Het warmteverlies  $Q_{W;S;ls}$  van het warmwatervoorraadtoestel kan worden bepaald op basis van het stand-byverlies, en kan zodoende worden gemeten. Aangezien de warmteopwekking in het warmwatertoestel plaatsvindt, kunnen de betreffende verliezen worden bepaald op basis van formule (13.174).

Als niet bekend is wat het stand-byverlies  $q_{B;S}$  van het met gas gestookte warmtapwater-voorraadtoestel is (dat wil zeggen, het is niet gemeten volgens NEN-EN 89), dan kan het benaderd worden met formule (13.169). Op deze manier wordt het warmteverlies als gevolg van de voorraad bepaald. (Dit komt overeen met 80 % van de minimumeis in NEN-EN 89 waarin een volume-afhankelijke nominale warmtetoevoer van 0,07 kW per liter voorraadvolume wordt opgegeven):

$$q_{B;S} = (2,0 + 0,033 \times V^{1,1}) \quad (13.169)$$

Voor gasboilers van voor 1985 geldt:

$$q_{B;S} = 1,4 \times (2,0 + 0,033 \times V^{1,1}) \quad (13.170)$$

waarin:

$q_{B;S}$  is het dagelijkse stand-byverlies, in kWh;

$V$  is de nominale voorraadcapaciteit, in l (maximaal 500 l per vat; bij grotere vaten moet het verlies berekend worden door sommatie van het verlies van meerdere vaten).

### Opwekverlies toestel

Het opwekverlies van een warmwatervoorraadtoestel dat rechtstreeks met gas wordt gestookt, wordt op overeenkomstige wijze bepaald als van een ketel, waarbij het stand-byverlies al is meegerekend.

Het opwekverlies  $Q_{W;\text{gen};ls}$  wordt verkregen met behulp van het opwekkingsrendement  $\eta_{100\%}$  van de ketel in de betreffende rekenperiode:

$$Q_{W;\text{gen};ls;mi} = P_{W;\text{gen};100\%} \times t_{mi}, \text{ in kWh} \quad (13.174)$$

$$P_{W;\text{gen};100\%} = \frac{(f_{\text{HS}/\text{HI}} - \eta_{100\%})}{\eta_{100\%}} \times \frac{Q_{W;\text{gen};gi;\text{out};mi}}{t_{mi}}, \text{ in kW} \quad (13.175)$$

waarin:

- $\eta_{100\%}$  is het opwekkingsrendement van de gasboiler op onderwaarde; volgens NEN-EN 89 moet hiervoor 84 % aangenomen worden;
- $P_{W;\text{gen};100\%}$  is het opwekvermogen op onderwaarde;
- $Hs/Hi$  is de conversiefactor voor de energie-inhoud op bovenwaarde/onderwaarde. Voor aardgas geldt  $Hs/Hi = 1,11$ .

### **Hulpenergie**

Het elektrische-hulpenergiegebruik  $W_{W;\text{aux;gen};gi,mi}$  wordt bepaald op basis van 13.8.4.7.5.

### **Terugwinbare systeemverliezen**

Bereken de terugwinbare systeemverliezen volgens de bepalingswijze in 13.6.5. Gebruik daarbij de verliezen van de gasboiler  $Q_{W;\text{S};ls;mi}$  uit formule (13.168) voor de verliezen van het voorraadvat  $Q_{W;\text{sto};ls;si,mi}$ .

### **13.8.4.5.3 Elektroboilers**

#### **Opwekkingsrendement**

Voor elektroboilers is geen normatieve methode beschikbaar. Hiervoor geldt  $\eta_{W;\text{gen};gi} = 1,0$ .

Het verlies van het voorraadvat moet voor elektroboilers separaat worden bepaald volgens 13.6. Dit geldt ook voor heet- of kokendwatersystemen waarbij gebruik wordt gemaakt van een klein voorraadvat met kokend heet water.

### **Hulpenergie**

Het elektrische-hulpenergiegebruik van elektroboilers is onderdeel van het opwekkingsrendement van deze toestellen. Hiervoor geldt  $W_{W;\text{aux;gen};gi,mi} = 0$ .

### **Terugwinbare systeemverliezen**

Voor elektroboilers geldt  $Q_{W;\text{gen};ls;rbl;zi,gi,mi} = 0$ .

### **13.8.4.5.4 Overige direct verwarmde voorraadvaten**

#### **Opwekkingsrendement**

Het opwekkingsrendement van een of meer (in serie opgestelde) direct verwarmde warmwatervoorraadvaten mag bepaald worden voor het systeem als geheel.

In dat geval bedraagt het primaire opwekkingsrendement  $\eta_{W;\text{gen}}$  per warmtapwatersysteem 0,50. De dimensieloze energetische bijdrage  $F_{W;\text{gen};gi}$  per warmtapwatersysteem bedraagt dan 1,00.

In het geval van gasboilers is deze aanpak alleen toegestaan wanneer er sprake is van een of meer gasboilers waarvan het vermogen groter is dan 150 kW. Voor gasboilers tot en met 150 kW moet de bepalingswijze in 13.8.4.5.2 worden toegepast.

Indien voor direct verwarmde voorraadvaten een afwijkende waarde voor het opwekkingsrendement wordt bepaald, behoren de volgende uitgangspunten te worden gevuld:

- Bepaal de energetische bijdrage  $F_{W;\text{gen};gi}$  per toestel  $gi$  naar rato van het vatvolume over de toestellen.
- Bepaal per toestel  $gi$  het energiegebruik op basis van de continue verliezen van het vat en op basis van het rendement van de warmwaterbereiding, voor het deel van de warmtebehoefte waarin het desbetreffende toestel moet voorzien ( $Q_{W;\text{dis};nren;an} \times F_{W;\text{gen};gi}$ ).

- De continue verliezen moeten zijn bepaald in een proef waarbij het vat continu op temperatuur wordt gehouden bij een bedrijfstemperatuur van minimaal 60 °C, zonder tappingen uit te voeren.
- Het rendement van de warmwaterbereiding moet zijn bepaald in een proef waarbij het vat continu op temperatuur wordt gehouden bij een bedrijfstemperatuur van minimaal 60 °C, waarbij gedurende de proef een of meer tappingen worden uitgevoerd. Het energiegebruik moet vervolgens worden gecorrigeerd voor de continue verliezen van het vat.

### Hulpenergie

Bepaal het hulpenergiegebruik van de toestellen  $W_{W;gen;gi}$  volgens 13.8.4.7.5.

### Terugwinbare verliezen

Bij toepassing van de forfaitaire rekenwaarden uit deze paragraaf geldt voor de terugwinbare verliezen van de opwekkers  $Q_{W;gen;ls;rbl;gi} = 0$ .

### 13.8.4.6 Toestellen met vaste biobrandstof

Forfaitaire rekenwaarden voor het opwekkingsrendement van met vaste biobrandstoffen gestookte combitoestellen die voldoen aan de emissiegrenswaarden van bijlage R, zijn gegeven in tabel 13.22. Deze rendementen zijn inclusief de verliezen van het voorraadvat.

**Tabel 13.22 — Opwekkingsrendement van een op vaste biobrandstof gestookt combitoestel met voorraadvat voor warmtapwaterbereiding dat voldoet aan de grenswaarden van bijlage R**

Ketel met vaste biobrandstof en voorraadvat die voldoet aan de grenswaarden van bijlage R	Opstellingsplaats toestel	
	Binnen	Buiten
* minimaal 20 mm isolatie rond de warmwatervoorraad en het leidingwerk	0,65	0,60
* minimaal 10 mm isolatie rond de warmwatervoorraad en het leidingwerk	0,575	0,525
* zonder isolatie rond de warmwatervoorraad en het leidingwerk	0,35	0,325

Voor de overige toestellen met vaste biobrandstof moet voor het opwekkingsrendement gebruik worden gemaakt van de rekenwaarden voor het opwekkingsrendement van een opwektoestel (met vaste biobrandstof) in combinatie met een indirect verwarmd voorraadvat volgens 13.8.4.7.5. De verliezen van het voorraadvat moeten dan apart in rekening worden gebracht volgens 13.6.

### Hulpenergie

Bij toepassing van de forfaitaire rekenwaarden voor het opwekkingsrendement uit deze paragraaf geldt voor het hulpenergiegebruik:

$$W_{W;aux;gen;gi,mi} = 0$$

In alle overige gevallen moet het hulpenergiegebruik  $W_{W;aux;gen;gi,mi}$  bepaald worden volgens 13.8.4.7.5.

### Terugwinbare systeemverliezen

Bij toepassing van de forfaitaire rekenwaarden voor het opwekkingsrendement uit deze paragraaf geldt voor de terugwinbare verliezen van de opwekkers  $Q_{W;gen;ls;rbl;gi} = 0$ .

### 13.8.4.7 Forfataire rekenwaarden

#### 13.8.4.7.1 Algemeen

##### Opwekkingsrendement

Bepaal het opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;gi}$  voor complete toestellen volgens 13.8.4.7.2, voor warmtepompen zonder geïntegreerde naverwarming volgens 13.8.4.3 en voor toestellen in combinatie met indirect verwarmde voorraadvaten volgens 13.8.4.7.4.

**OPMERKING** Aanvullingen in de bepalingswijze van het opwekkingsrendement van toestellen wanneer deze worden toegepast in combinatie met een zonneboiler, zijn gegeven in 13.8.4.1.

##### Hulpenergie

Wanneer het opwekkingsrendement wordt bepaald volgens 13.8.4.7.2 of 13.8.4.3, geldt behalve voor elektrische doorstroomtoestellen voor het hulpenergiegebruik van de toestellen  $W_{W;gen;gi} = 0$ . Voor elektrische doorstroomtoestellen moet het elektrische-hulpenergiegebruik van de toestellen  $W_{W;gen;gi}$  bepaald worden volgens 13.8.10.

**OPMERKING** De rekenwaarden voor het opwekkingsrendement in 13.8.4.7 zijn inclusief de opwekking van elektrische (hulp)energie (bijvoorbeeld driewegklep, cv-pomp, ventilator bij gastoestel) respectievelijk het verbruik van een eventuele waakvlam. Echter, voor combitoestellen is de hulpenergie voor de elektronica reeds bij de cv-functie in rekening gebracht. Voor elektrische warmtepompen is de benodigde hulpenergie (voor regeling, voor pompen die specifiek voor de bereiding van warm tapwater benodigd zijn en niet onder een andere functie vallen) in het opwekkingsrendement verdisconteerd.

Voor toestellen in combinatie met indirect verwarmde voorraadvaten moet het elektrische-hulpenergiegebruik van de toestellen  $W_{W;gen;gi}$  bepaald worden volgens 13.8.4.7.5. Bij deze toestellen kan er ook sprake zijn van thermische-hulpenergiegebruik. Dit kan bestaan uit het gasverbruik voor waakvlammen, zoals bepaald in 9.6.2.1. Dit moet alleen in rekening worden gebracht indien het desbetreffende opwekkingstoestel niet (ook) wordt gebruikt voor verwarming.

##### Terugwinbare systeemverliezen

Bij toepassing van de forfataire rekenwaarden uit deze paragraaf geldt voor de terugwinbare verliezen van elektrische doorstroomtoestellen:

$$Q_{W;gen;ls;rbl;zi,gi,mi} = \left( \frac{Q_{W;gen;gi;out;mi}}{\eta_{W;gen;gi}} - Q_{W;gen;gi;out;mi} \right) \times \frac{A_{g;zi,si}}{A_{g;si;W}} \quad (13.179)$$

waarin:

$Q_{W;gen;ls;rbl;zi,gi,mi}$  is het voor ruimteverwarming terugwinbare thermische systeemverlies van de verwante opwekkers voor warm tapwater in rekenzone  $zi$ , in maand  $mi$ , in kWh;

$\eta_{W;gen;gi,mi}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor warm tapwater, in maand  $mi$ , van opwekker  $gi$  in systeem  $si$ , bepaald volgens 13.8.4.7.2 of 13.8.4.3;

$Q_{W;gen;gi;out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2, in kWh;

$A_{g;zi,si}$  is de gebruiksoppervlakte in zone  $zi$  die door systeem  $si$  wordt bediend, in m<sup>2</sup>;

$A_{g;si;W}$  is de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens formules (13.19b) of (13.20a), in m<sup>2</sup>.

Voor de overige opwekkers uit deze paragraaf geldt  $Q_{W;gen;ls;rbl;zi,gi,mi} = 0$ .

#### 13.8.4.7.2 Complete toestellen

Deze methode wordt uitsluitend toegepast op systemen met één opwekker (eventueel bivalent met een geïntegreerde tweede opwekker die in de rendementsbepaling is meegenomen) voor systeem  $si$ .

Met complete toestellen wordt gedoeld op de situatie dat alle onderdelen van het opweksysteem zich in één behuizing bevinden. Indien er sprake is van een los voorraadvat dat indirect verwarmd wordt door het warmteopwektoestel, dan moet gebruik worden gemaakt van de methode in 13.8.4.7.4. Voor toestellen op vaste biobrandstoffen is de methode in 13.8.4.6 van toepassing. Wanneer het opwektoestel inclusief het losse voorraadvat is getest met 24 uursmetingen, dan kan gebruik worden gemaakt van de methode in 13.8.4.2.

Ontleen het opwekkingsrendement aan tabel 13.25.

**Tabel 13.23 — Toepassingsklassen van warmtapwatergebruik (vaste waarden)**

Warmtapwatergebruik $Q_{W;dis;nren;an}$ kWh/jaar	Bijbehorende toepassingsklasse (klasse voor de meting van het opwekkingsrendement)
<b>Indien alleen aanrechtgebruik (bijv. keukengeiser)</b>	<b>'Aanrecht'</b>
1 805	Klasse 1
2 500	Klasse 2
3 195	Klasse 3
3 890	Klasse 4

waarin:

$Q_{W;dis;nren;an}$  is de jaarlijkse brutowarmtebehoefte voor warmtapwaterbereiding, bepaald volgens 13.1.2, in kWh.

Indien de brutowarmtebehoefte voor warmtapwaterbereiding voor installatie  $i$  niet overeenkomt met het warmtapwatergebruik van de klasse waarvoor het rendement is gemeten, moet het opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;i}$  van het warmtapwatersysteem  $i$  rechtlijnig worden geïnterpoleerd.

**OPMERKING 1** Bij gebruik van tabel 13.23 zal doorgaans moeten worden geïnterpoleerd tussen twee klassen, hetgeen betekent dat er ten minste twee metingen nodig zijn. De interpolatie is nodig omdat een indeling van het rendement in klassen leidt tot een 'zaagtandeffect' bij de overgang tussen twee klassen. Bij gebruik van tabel 13.25 is maar één meting nodig; de correctiefactor  $c_{W;gen}$  zorgt in dat geval, waar nodig, voor de bijstelling van de gemeten waarde van het opwekkingsrendement, afhankelijk van enerzijds de klasse van warmtapwatergebruik waarbij is gemeten en anderzijds de brutowarmtebehoefte voor warm tapwater van (het deel van) de woonfunctie of het woongebouw.

**OPMERKING 2** De klasse-indeling loopt parallel aan de indeling in klassen CW volgens Gaskeur CW. CW staat voor comfort warm water. Zie tabel 13.24.

**Tabel 13.24 — Verband met Gaskeur CW-toepassingsklassen (informatief)**

Toepassingsklasse	Gaskeur-CW-toepassingsklasse
'Aanrecht'	CW-1
1	CW-1 <sup>+</sup>
2	CW-2
3	CW-3
4	CW-4 of 5 of 6
Klasse 'Aanrecht' geldt voor een toestel voor uitsluitend keukengebruik. Klasse 1 (CW-1 <sup>+</sup> ) is klasse CW-1 met toevoeging van de avonddouche-tapping van klasse CW-2 en bijbehorend debiet van 3,5 dm <sup>3</sup> /min. Overigens omvatten de Gaskeur CW-klassen aanvullende warmtapwatercomforteisen.	

**Tabel 13.25 — Opwekkingsrendement van een toestel voor warmtapwaterbereiding**

Toestel en label	$\eta_{W;gen;gi}$
Met gas gestookte warmwatertoestellen met een belasting tot 70 kW en een opslagcapaciteit voor water tot 300 l:	
— warmwater- of combitoestel zonder Gaskeur	0,30
— warmwatertoestel met Gaskeur	$c_{W;gen} \times 0,40$
— warmwatertoestel met Gaskeur CW	$c_{W;gen} \times 0,625$
— keukengeiser <sup>c</sup>	$c_{W;gen} \times 0,50$
— combitoestel met Gaskeur	$c_{W;gen} \times 0,50$
— combitoestel met Gaskeur HR en Gaskeur CW	$c_{W;gen} \times 0,675$
— (combi)toestel met microWKK ten behoeve van de tapfunctie <sup>e</sup>	$c_{W;gen} \times \varepsilon_{W;chp;th}$
— toesteltype onbekend	0,30
Individuele warmtepompen:	
— elektrische warmtepomp met ventilatieretourlucht als bron	1,4 <sup>a</sup>
— combiwarmtepomp met andere bron dan ventilatieretourlucht	$1,4 \times c_{source}^b$
— toesteltype onbekend	$1,4 \times c_{source}^b$
Overige elektrische toestellen:	
— elektrisch doorstroomtoestel <sup>f</sup>	0,95
waarbij:	
$\eta_{W;gen;gi}$	is het opwekkingsrendement voor de warmtapwaterbereiding van opwekker <i>gi</i> in installatie <i>si</i> ;
$c_{W;gen}$	is de correctiefactor voor de toepassingsklasse volgens 13.8.4.7.3. Deze moet worden opgegeven bij toepassing van de bovenstaande forfaitaire rendementen. Indien de toepassingsklasse niet bekend is, moet uitgegaan worden van klasse 4;

$c_{\text{source}}$	is de correctiefactor voor de bron, zie voetnoot <sup>b</sup> ;
$\varepsilon_{W;\text{chp};\text{th}}$	is het jaargemiddelde thermische omzettingsgetal van de microWKK voor warm tapwater op bovenwaarde, bepaald volgens 9.6.6, zie voetnoot <sup>d</sup> .
<sup>a</sup>	Niet inbegrepen: elektriciteitsgebruik voor de ventilator; dit wordt bepaald volgens hoofdstuk 11.
<sup>b</sup>	Correctiefactor voor collectieve warmtebron of regeneratie van een individuele bodemwarmte-wisselaar, volgens de in bijlage V gegeven methode. Indien dit niet van toepassing is, $c_{\text{source}} = 1,0$ .
<sup>c</sup>	Een met gas gestookte keukengeiser is een met gas gestookt warmwatertoestel zonder voorraadvat met een maximale branderbelasting van 13 kW op bovenwaarde.
<sup>d</sup>	De verrekening van de opgewekte elektriciteit vindt plaats volgens 16.4.2, waarbij het elektrisch omzettingsgetal wordt gebruikt, bepaald volgens 9.6.6. Hierbij wordt alleen de elektriciteit verrekend die wordt opgewekt bij een warmtebehoefte volgens de bedrijfsvoering van de WKK.
<sup>e</sup>	Het betreft hier een (combi)toestel waarvan de microWKK structureel wordt ingezet voor de warmtapwaterbereiding. Indien de microWKK niet structureel wordt ingezet voor de warmtapwaterbereiding, zijn de gebruikelijke kwalificaties van toepassing, zoals Gaskeur CW.
<sup>f</sup>	Voor elektrische doorstroomtoestellen is in NEN-EN 15316-4-1:2017, 6.11.1 aangegeven dat de verliezen verwaarloosbaar zijn. Toch is in NEN-EN 15316-4-1:2017 in tabel B.17 voor toestellen tot 1980 forfaitair een 10 % hogere input opgegeven, oftewel een rendement van 91 %. Voor alle doorstroomtoestellen is een rendement van 95 % aangehouden.
OPMERKING	Combitoestel: een cv-toestel met ingebouwde voorziening voor warmtapwaterbereiding.

In NEN-EN 15316-4-1:2017, 6.11.1 is aangegeven dat gasgeisers ('instantaneous gas water heaters') berekend moeten worden als lagetemperatuurcombiketels; deze beschouwingwijze voor gasgeisers is niet representatief voor de Nederlandse situatie en mag niet gebruikt worden.

In het opwekkingsrendement van een warmtepomp moet het verbruik van een bronpomp of bronventilator zijn verwerkt; voor met gas gestookte warmtepompen moet het elektrisch verbruik hiertoe worden omgerekend naar primaire energie met de primaire energiefactor voor aangeleverde elektriciteit. Een uitzondering geldt voor warmtepompen met ventilatielucht als warmtebron; hiervoor wordt de ventilatorennergie bepaald in hoofdstuk 9, waarbij eventuele overventilatie in rekening moet worden gebracht. Ook het hulpenergiegebruik wordt apart bepaald volgens 13.8.4.7.5.

Indien de tabelwaarden worden gebruikt, is na vermenigvuldiging met  $c_{W;\text{gen}}$  geen afronding vereist. Indien een van de tabel afwijkende waarde wordt overlegd, moet het opwekkingsrendement naar beneden zijn afgerond naar een veelvoud van 0,025 voor met gas gestookte toestellen of 0,05 voor elektrische toestellen. Indien voor een toestel afwijkende rendementswaarden zijn bepaald voor verschillende tappatronen, mag hiertussen eerst worden geïnterpoleerd voordat afronding plaatsvindt.

Een toestel dat in deze tabel is aangeduid met Gaskeur of Gaskeur CW, wordt als zodanig aangeduid indien het, gemeten volgens bijlage T, een opwekkingsrendement op bovenwaarde heeft dat ten minste de in de bijbehorende rechterkolom genoemde waarde bedraagt.

OPMERKING 3 Deze wijze van omschrijving maakt het mogelijk om aansluiting te zoeken bij privaatrechtelijke aanduidingen, zonder vanuit de NTA rechtstreeks naar een privaatrechtelijk keurmerk te verwijzen. Aanduidingen van warmwater- en combitoestellen zijn de volgende:

- a) Een warmwatertoestel met aanduiding Gaskeur: bedoeld wordt een toestel dat voldoet aan Gaskeur of dat in de bepalingsmethode volgens bijlage T een opwekkingsrendement (jaarrendement) op bovenwaarde heeft van ten minste 0,40.

- b) Een combitoestel met aanduiding Gaskeur: bedoeld wordt een toestel dat voldoet aan Gaskeur of dat in de bepalingsmethode volgens bijlage T een opwekkingsrendement (jaarrendement) op bovenwaarde heeft van ten minste 0,50.
- c) Een warmwater- of combitoestel met aanduiding Gaskeur CW: bedoeld wordt een toestel dat voldoet aan de eisen van Gaskeur CW:2015 of dat voldoet aan de eisen voor het HRww-label volgens Gaskeur CW-HRww:2010 of dat in de bepalingsmethode volgens bijlage T een opwekkingsrendement (jaarrendement) op bovenwaarde heeft van ten minste 0,625 (warmwatertoestellen) respectievelijk 0,675 (combitoestellen).
- d) Voor al deze toestellen geldt: het gemeten rendement geldt voor een bepaalde toepassingsklasse (zie tabel 13.23); met de correctiefactor voor de toepassingsklasse kan het rendement worden vertaald naar het rendement behorend bij een andere klasse.

**OPMERKING 4** Deze rekenwaarden zijn inclusief de opwekking van elektrische (hulp)energie (bijvoorbeeld driewegklep, cv-pomp, ventilator bij gastoestel) respectievelijk het verbruik van een eventuele waakvlam. Echter, voor combitoestellen is de hulpenergie voor de elektronica reeds bij de cv-functie in rekening gebracht. Voor elektrische warmtepompen is de benodigde hulpenergie (voor regeling, voor pompen die specifiek voor de bereiding van warm tapwater benodigd zijn en niet onder een andere functie vallen) in het opwekkingsrendement verdisconteerd.

**OPMERKING 5** Het gebruik van tabel 13.25 en de bijbehorende correctiefactoren kan aan de hand van de volgende voorbeelden worden geïllustreerd.

- a) Stel de volgende situatie:
  - Woonfunctie met:  $Q_{W;dis;nren;an} = 2\ 150 \text{ kWh}$  en een met gas gestookt combitoestel met gemeten rendement:  $\eta_{W;gen} = 0,625$  bij toepassingsklasse 2. Dan geldt volgens tabel 13.25: toestel is een warmwatertoestel met Gaskeur CW. Rekenwaarde  $\eta_{W;gen} = c_{W;gen} \times 0,625$ .
  - Volgens tabel 13.26 geldt bij 1 805 kWh:  $c_{W;gen} = 0,90$  en bij 2 500 kWh:  $c_{W;gen} = 1,0$ .
  - Dus bij 2 150 kWh:  $c_{W;gen} = 0,95$ . Kortom:  $\eta_{W;gen} = 0,95 \times 0,625 = 0,594$ .
- b) Stel: een ander met gas gestookt combitoestel heeft hetzelfde rendement, maar gemeten bij klasse 4 in plaats van bij klasse 2. Dan geldt opnieuw volgens tabel 13.25: toestel is toestel CW.
  - Rekenwaarde  $\eta_{W;gen} = c_{W;gen} \times 0,625$ .
  - Maar nu geldt volgens tabel 13.26 bij 1 805 kWh:  $c_{W;gen} = 0,80$  en bij 2 500 kWh:  $c_{W;gen} = 0,867$ .
  - Dus bij 2 150 kWh:  $c_{W;gen} = 0,834$ . Kortom:  $\eta_{W;gen} = 0,834 \times 0,625 = 0,521$ , dus significant lager dan een klasse 2toestel met hetzelfde rendement, maar gemeten bij een lagere klasse (geringere warmtapwatervraag).
- c) Stel: een keukengeiser met gemeten rendement:  $\eta_{W;gen} = 0,40$  bij toepassingsklasse 'Aanrecht'. Dan geldt volgens tabel 13.25: toestel is toestel Gaskeur.
  - Rekenwaarde  $\eta_{W;gen} = c_{W;gen} \times 0,40$ . Maar omdat het een toestel voor uitsluitend aanrechtgebruik betreft, geldt volgens 13.8.4.7.3:  $c_{W;gen} = 1,0$ .

**OPMERKING 7** Deze methode is ontwikkeld voor individuele toestellen in woningen, maar mag ook worden toegepast voor individuele toestellen in utiliteit. Ook voor deze toepassing behoort correctie met  $c_{W;gen}$  te worden uitgevoerd als de tapvraag lager is dan die waarbij het toestelrendement is bepaald.

**OPMERKING 8** Voor met gas gestookte (combi)toestellen met microWKK ten behoeve van de tapfunctie zijn nog geen forfaitaire waarden beschikbaar, omdat deze toestellen nog nauwelijks beschikbaar zijn en voor deze toestellen nog geen label beschikbaar is waarbij kan worden aangesloten.

### 13.8.4.7.3 Correctiefactor $c_{W;gen}$

De correctiefactor voor warmtebehoefte en toepassingsklasse wordt als volgt bepaald:

- a) voor uitsluitend aanrechtgebruik (keukengeiser, elektrische keukenboiler):

$$c_{W;gen} = 1,0;$$

b) voor met gas gestookte toestellen, elektroboilers en WKK:

— bepaal de rekenwaarde voor de correctiefactor volgens tabel 13.26 uit de brutowarmtebehoefte en de toepassingsklasse waarbij het rendement van het toestel is gemeten;

c) voor individuele warmtepompen:

— bepaal de rekenwaarde voor de correctiefactor volgens tabel 13.27 uit de brutowarmtebehoefte en de toepassingsklasse waarbij het rendement van de warmtepomp is gemeten.

**Tabel 13.26 — Correctiefactor voor opwekkingsrendement gastoestellen, elektroboilers en WKK**

$c_{W;gen}$	$Q_{W;dis;nren;an}$ kWh				
	$\leq 555$	1 805	2 500	3 195	$\geq 3 890$
<b>Rendement gemeten volgens klasse</b>					
Klasse 1 (CW-1 <sup>+</sup> )	1	1	1	1	1
Klasse 2 (CW-2)	0,72	0,90	1	1	1
Klasse 3 (CW-3)	0,72	0,85	0,925	1	1
Klasse 4 (CW-4/5/6)	0,68	0,80	0,867	0,933	1
waarbij:					
$c_{W;gen}$	is de correctiefactor voor de warmtebehoefte en de toepassingsklasse;				
$Q_{W;dis;nren;an}$	is de jaarlijkse brutowarmtebehoefte voor warmtapwaterbereiding, bepaald volgens 13.1.2, in kWh.				

**Tabel 13.27 — Correctiefactor voor opwekkingsrendement individuele warmtepompen**

$c_{W;gen}$	$Q_{W;dis;nren;an}$ kWh			
	$\leq 1 805$	2 500	3 195	$\geq 3 890$
<b>Rendement gemeten volgens klasse</b>				
Klasse 1 (CW-1 <sup>+</sup> )	1	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Klasse 2 (CW-2)	0,60	1	N.v.t.	N.v.t.
Klasse 3 (CW-3)	0,49	0,81	1	N.v.t.
Klasse 4 (CW-4/5/6)	0,45	0,75	0,92	1
waarbij:				
$c_{W;gen}$	is de correctiefactor voor de warmtebehoefte en de toepassingsklasse;			
$Q_{W;dis;nren;an}$	is de jaarlijkse brutowarmtebehoefte voor warmtapwaterbereiding, bepaald volgens 13.1.2, in kWh.			

Voor tussengelegen waarden van  $Q_{W;dis;nren;an}$  moet rechtlijnig worden geïnterpoleerd.

**OPMERKING 1** Voor de keuze van een toestel uit een bepaalde toepassingsklasse geldt volgens tabel 13.26 of tabel 13.27 ruwweg dat een toestel in een woonfunctie of woongebouw leidt tot  $c_{W;gen} < 1$  indien is gemeten bij een tappatroon met een warmtebehoefte die groter is dan op grond van de genormeerde warmtebehoefte voor de desbetreffende woonfunctie of het woongebouw nodig zou zijn.

**OPMERKING 2** De getalswaarden voor  $c_{W;gen}$  zijn niet op twee decimalen afgerond om een rechtlijnig verband te houden met de warmtebehoefte.

Voor warmtepompen is toepassing in een hogere klasse dan waarbij het rendement is gemeten, niet toegelaten, omdat bij gebruik in een hogere klasse de vergrote inzet van de (elektrische) bijstookvoorziening kan leiden tot een significante daling van het rendement.

**OPMERKING 3** De interpolatie is nodig om een zogenoemd ongewenst ‘zaagtandeffect’ in het energiegebruik te voorkomen: zonder interpolatiemogelijkheid zou, bij een kleine verhoging van de warmtebehoefte, juist op de overgang van een lagere naar een hogere klasse, het opwekkingsrendement doorgaans significant toenemen, dankzij de overgang naar de hogere klasse. Het totaleffect zou een daling van het primaire energiegebruik zijn, ondanks de stijging van de warmtebehoefte.

Indien er sprake is van een toestel dat in serie is opgesteld met meerdere toestellen om gezamenlijk de warmtapwatervraag te dekken, dan moet het deel van de warmtebehoefte waarin dit toestel voorziet,  $Q_{W;gen;gi;out;an}$  ( $= \sum_{mi} Q_{W;gen;gi;out,mi}$ ), als uitgangspunt voor de bepaling van de correctiefactor  $c_{W;gen}$  worden genomen, in plaats van de totale warmtebehoefte  $Q_{W;dis;nren;an}$  van het systeem.

#### **13.8.4.7.4 Toestellen in systemen met indirect verwarmde voorraadvaten**

Bij systemen met indirect verwarmde voorraadvaten bestaat de warmteopwekking ten behoeve van de warmtapwaterbereiding die deel uitmaakt van het subsysteem warmteopwekking, uit een of meer opwekkingstoestellen die tevens deel kunnen uitmaken van het verwarmingssysteem. De verliezen die ontstaan bij de warmwatervoorraad, het oplaadcircuit en de eventuele externe warmtewisselaar, worden bepaald in 13.6.

Het thermische-hulpenergiegebruik kan bestaan uit het gasverbruik voor waakvlammen, zoals bepaald in 9.6.2.1. Dit mag alleen in rekening worden gebracht als het desbetreffende opwekkingstoestel niet wordt gebruikt voor verwarming.

Het opwekkingsrendement van een toestel voor warmtapwaterbereiding wordt in principe bepaald door het vollastrendement bij bedrijfstemperaturen van 60 °C/80 °C.

De rekenwaarden voor het opwekkingsrendement van met gas en met olie gestookte ketels zijn gegeven in tabel 13.28.

**Tabel 13.28 — Opwekkingsrendement van warmteopwekkers voor indirecte verwarming van warm tapwater van met gas of met olie gestookte ketels**

<b>Warmteopwekkingsinstallatie voor warmtapwaterbereiding</b>	<b>Opwekkingsrendement <math>\eta_{W;gen;gi}</math></b>
Een of meer cv-toestellen, geplaatst <b>binnen</b> de begrenzing van de energieprestatieberekening	
a) conventionele ketel of onbekend type	0,75
b) VR-ketel	0,80
c) HR 100-, HR 104-ketel	0,85
d) HR 107-ketel	0,90
Een of meer cv-toestellen, geplaatst <b>buiten</b> de begrenzing van de energieprestatieberekening	
a) conventionele ketel of onbekend type	0,70
b) VR-ketel	0,75
c) HR 100-, HR 104-ketel	0,80
d) HR 107-ketel	0,85
waarbij:	
conventioneel	is een met gas gestookte ketel zonder nadere aanduiding, of een met olie gestookte ketel;
VR	is een met gas gestookte ketel met een vollastrendement van ten minste 88,5 %/88,7 % op onderwaarde;
HR 100-, 104-, 107-ketel	is een met gas gestookte ketel met deellastrendement van ten minste 100 %, 104 % respectievelijk 107 % op onderwaarde.

Indien een van de tabel afwijkende waarde wordt overlegd, moet het opwekkingsrendement naar beneden zijn afgerond naar een veelvoud van 0,025.

Het opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;gi}$  voor WKK is identiek aan het thermische omzettingsgetal voor verwarming, zoals bepaald in 9.6.6.1 **voor een HT-systeem**. De verrekening van de opgewekte elektriciteit wordt bepaald volgens 16.4.2, waarbij het elektrische omzettingsgetal wordt gebruikt. Hierbij wordt alleen de elektriciteit verrekend die wordt opgewekt bij een warmtebehoefte volgende bedrijfsvoering van de WKK.

Het opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;gi}$  van met vaste biobrandstoffen gestookte verbrandingstoestellen is identiek aan het opwekkingsrendement voor verwarming, zoals bepaald in 9.6.5.1.

Het opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;gi}$  voor warmtedistributie (externe warmtelevering) wordt bepaald in 13.8.4.9.

Warmtepompen kunnen op zeer uiteenlopende manieren worden ingezet voor warmtapwaterbereiding, in de meeste gevallen in combinatie met een andere warmteopwekker. Voor de bepaling van het opwekrendement zijn geen eenvoudige rekenmethoden beschikbaar. Voor warmtepompen die ingezet worden voor het opwarmen van indirect verwarmde voorraadvaten, kan forfaitair uitgegaan worden van  $\eta_{W;gen;gi} = 1,4$ . De verliezen van een voorraadvat met warm tapwater dat deel uitmaakt van een circulatiesysteem met warm tapwater, moeten apart in rekening worden gebracht volgens 13.6. De verliezen van een eventueel buffervat direct geplaatst bij de warmtepomp zijn meegenomen in het opwekkingsrendement.

**OPMERKING 1** De rekenwaarde voor  $\eta_{W;gen;gi}$  voor met gas gestookte ketels is identiek aan het vollastrendement, bij 80 °C/60 °C gemeten volgens NEN-EN 297, NEN-EN 483 resp. NEN-EN 677.

**OPMERKING 2** De rekenwaarde van het ongecorrigeerde opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;gi}$  wordt naar beneden afferond op 0,025.

**OPMERKING 3** HR 100-, HR 104-, HR 107-ketel: bedoeld is een met gas gestookte ketel met een deellastrrendement van ten minste 100 %, 104 % respectievelijk 107 % op onderwaarde, gemeten volgens NEN EN 677 (alleen van toepassing voor bestaande bouw) en/of de NEN-EN 15502-reeks.

Ketels met het Gaskeur HR-label, zoals door Kiwa afgegeven vanaf 1 juli 2015, voldoen aan de eis voor een HR 107-ketel.

Ketels met het Gaskeur HR 100-, HR 104- of HR 107-label, zoals door Kiwa afgegeven vanaf 1997 tot 1 juli 2015, voldoen aan de eis voor een HR 100-, HR 104- of HR 107-ketel.

Ketels met het Gaskeur CV-HR-label, zoals door Kiwa afgegeven tot 1997, voldoen aan de eis voor een HR 100-ketel.

### 13.8.4.7.5 Hulpenergie forfaitair

#### 13.8.4.7.5.1 Principe

Het elektrische-hulpenergiegebruik van een opwekkingstoestel,  $W_{W;aux;gen;gi}$ , wordt bepaald per systeem  $si$ , per opwekkingstoestel  $gi$ , per maand  $mi$ . Dit elektrische-hulpenergiegebruik kan bestaan uit het gebruik van:

- a) Elektronica van het opwekkingstoestel;  
Uitgangspunt is continu stand-bybedrijf van het toestel. Bij toestellen die tevens een verwarmingsfunctie hebben, wordt dit verbruik uitsluitend toegerekend aan de verwarmingsfunctie.
- b) Ventilator en gasklep van het opwekkingstoestel (alleen voor met (bio)gas of olie gestookte verbrandingstoestellen).
- c) Elektrische ontsteking, brandstofvijzel of andere voorzieningen voor geautomatiseerde brandstoftoevoer, ventilatoren (bij branderbedrijf), voorzieningen voor geautomatiseerde ontassing en voorzieningen voor geautomatiseerde reiniging van de warmtewisselaar (alleen voor verbrandingstoestellen met vaste biobrandstoffen).
- d) Bronpomp of bronventilator voor een warmtepomp  
Voor individuele toestellen moet dit verbruik zijn opgenomen in het opwekkingsrendement van het toestel.
- e) Oplossingspomp in een sorptiewarmtepomp  
Het verbruik van een oplossingspomp maakt geen deel uit van het opwekkingsrendement van het toestel en moet afzonderlijk worden bepaald.

Uitgangspunt voor de posten b), c), d) en e) is het gemiddelde gebruik tijdens de bedrijfstijd en een eventuele voor- en nadraaitijd.

### 13.8.4.7.5.2 Rekenregels

Wanneer het opwekkingsrendement bepaald is volgens 13.8.4.2 (getest met 24 uursmetingen) of 13.8.4.4 (boosterwarmtepompen), dan is de bepalingswijze voor het elektrische-hulpenergiegebruik opgegeven in voornoemde paragrafen.

Behalve voor elektrische doorstroomtoestellen is het elektrische-hulpenergiegebruik van warmtapwatertoestellen of van samengestelde opwekinstallaties onderdeel van het opwekkingsrendement van deze toestellen wanneer dit is bepaald volgens 13.8.4.7.2 of 13.8.4.3. Dan is:

$$W_{W;aux;gen;gi,mi} = 0$$

Bij toepassing van een combitoestel wordt het hulpenergiegebruik voor zowel de opwekking van warm tapwater als voor verwarming bepaald bij het onderdeel verwarming. Dan is:

$$W_{W;aux;gen;gi,mi} = 0$$

Bepaal in alle overige gevallen per systeem  $si$ , per opwekkingstoestel  $gi$ , per maand  $mi$ , het hulpenergiegebruik  $W_{W;aux;gen;gi,mi}$  volgens:

$$W_{W;aux;gen;gi,mi} = \frac{P_{W;aux;gen;e} \times t_{mi} \times f_{gebouw;si;W} + (P_{W;aux;gen;v;spec} + P_{W;aux;gen;hs;spec} + P_{W;aux;gen;sp;spec}) \times Q_{W;dis;nren;si,mi} \times F_{W;gen;gi} \times 1,1}{1\ 000} \quad (13.181)$$

waarin:

$W_{W;aux;gen;gi,mi}$  is het elektrische-hulpenergiegebruik van opwekkingstoestel  $gi$ , in maand  $mi$ , in kWh (elektrisch verbruik);

$P_{W;aux;gen;e}$  is het hulpenergiegebruik voor elektronica tijdens stand-by van opwekkingstoestel  $gi$ , bepaald volgens 13.8.4.7.5.3, in W;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;

$f_{gebouw;si;W}$  is de dimensieloze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;

$P_{W;aux;gen;v;spec}$  is het specifieke elektrische-hulpenergiegebruik tijdens branderbedrijf, bepaald volgens 13.8.4.7.5.3, in W/kW;

$P_{W;aux;gen;hs;spec}$  is het specifieke elektrische-hulpenergiegebruik voor de bronpomp of bronventilator voor een warmtepomp, bepaald volgens 13.8.4.7.5.3, in W/kW;

$P_{W;aux;gen;sp;spec}$  is het specifieke elektrische-hulpenergiegebruik voor de oplossingspomp in een sorptiewarmtepomp, bepaald volgens 13.8.4.7.5.3, in W/kW;

$Q_{W;dis;nren;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.1.2.4, in kWh;

$F_{W;gen;gi}$  is de dimensieloze energetische bijdrage voor ruimteverwarming, in maand  $mi$ , die opwekkingstoestel  $gi$  levert aan het systeem  $si$ , bepaald volgens 13.2.4.

Wanneer het tapwatersysteem gemodelleerd wordt als één groot systeem met meerdere identieke fysieke opwektoestellen of -systemen, dan moet bij de bepaling van het hulpenergiegebruik rekening worden gehouden met het hulpenergiegebruik per toestel of systeem en met het werkelijke aantal identieke toestellen of systemen.

### 13.8.4.7.5.3 Rekenwaarden

Voor het hulpenergiegebruik per opwekkingstoestel,  $W_{W;\text{aux;gen};gi,mi}$ , gelden de volgende rekenwaarden:

$P_{W;\text{aux;gen};e} = 10 \text{ W}$	Stand-by-elektronica per toestel, ongeacht het soort toestel, mits niet tevens gebruikt voor verwarming (bij combitoestellen geldt dus voor tapwater $P_{\text{aux;gen};e} = 0 \text{ W}$ );
$P_{W;\text{aux;gen};e} = 0 \text{ W}$	Stand-by-elektronica per toestel, indien dit toestel zonder hulpenergie functioneert;
$P_{W;\text{aux;gen};v;\text{spec}} = 1 \text{ W/kW}$	Specifiek elektrische-hulpenergiegebruik tijdens branderbedrijf – ventilator en gasklep, alleen voor met (bio)gas of olie gestookte verbrandingstoestellen;
$P_{W;\text{aux;gen};v;\text{spec}} = 0 \text{ W/kW}$	Specifiek elektrische-hulpenergiegebruik tijdens branderbedrijf, indien dit toestel zonder hulpenergie functioneert;
$P_{W;\text{aux;gen};v;\text{spec}} = 10 \text{ W/kW}$	Specifiek elektrische-hulpenergiegebruik tijdens branderbedrijf – elektrische ontsteking, brandstofvijzel of andere voorzieningen voor geautomatiseerde brandstoffotoevoer, ventilatoren, voorzieningen voor geautomatiseerde ontassing en voorzieningen voor geautomatiseerde reiniging van de warmtewisselaar, alleen voor verbrandingstoestellen met vaste biobrandstoffen;
$P_{W;\text{aux;gen};hs;\text{spec}} = 10 \text{ W/kW}$	Bronpomp of -ventilator indien dit verbruik niet is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel, alleen voor warmtepomp;
$P_{W;\text{aux;gen};hs;\text{spec}} = 0 \text{ W/kW}$	Bronpomp of -ventilator bij gebruik van de forfaitaire waarden voor het opwekkingsrendement of indien dit energiegebruik is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel, alleen voor warmtepomp;
$P_{W;\text{aux;gen};sp;\text{spec}} = 10 \text{ W/kW}$	Oplossingspomp indien dit verbruik niet is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel, alleen voor sorptiewarmtepomp;
$P_{W;\text{aux;gen};sp;\text{spec}} = 0 \text{ W/kW}$	Oplossingspomp bij gebruik van de forfaitaire waarden voor het opwekkingsrendement of indien dit energiegebruik is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel, alleen voor sorptiewarmtepomp.

### 13.8.4.8 Toestellen in systemen met indirect verwarmde voorraadvaten volgens NEN-EN 15316-4:reeks

#### 13.8.4.8.1 Algemeen

Voor systemen met een of meer in serie opgestelde indirect verwarmde voorraadvaten kunnen het opwekkingsrendement, het hulpenergiegebruik en de terugwinbare systeemverliezen ontleend worden aan NEN-EN 15316-4-1 voor met vaste biobrandstof gestookte ketels en aan NEN-EN 15316-4-4 voor een WKK met een maximaal thermisch vermogen van 70 kW.

De warmteopwekking in het systeem ten behoeve van de warmtapwaterbereiding kan bestaan uit een of meer opwekkingstoestellen die tevens deel kunnen uitmaken van het verwarmingssysteem.

De verliezen die ontstaan bij de warmwatervoorraad, het oplaadcircuit en de eventuele externe warmtewisselaar, worden bepaald in 13.6.

Bepaal voor elk toestel het opwekkingsrendement, het hulpenergiegebruik en de terugwinbare systeemverliezen. Maak voor de benodigde invoergegevens gebruik van de gegevens voor het tapwatersysteem.

**OPMERKING** De berekening is gebaseerd op de uitgewerkte methode in hoofdstuk 9 voor verwarming. Voor de invoergegevens gekenmerkt met index H voor verwarming wordt uitgegaan van index W voor warm tapwater. De berekening voor tapwater vindt op dezelfde wijze plaats als voor verwarming. Er wordt in de berekening geen rekening gehouden met verschillen in de bedrijfssituatie door gecombineerd gebruik voor verwarming en tapwater samen.

#### 13.8.4.8.2 Opwekkingsrendement

Bepaal het opwekkingsrendement  $\eta_{W;gen;gi;mi}$  van elk toestel als volgt:

$$\eta_{W;gen;gi,mi} = \frac{Q_{W;gen;gi;out;mi}}{f_{gebouw;si;W} \times E_{W;gen,gi;in;mi}} \quad (13.182)$$

waarin:

$\eta_{W;gen;gi,mi}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor warm tapwater, in maand  $mi$ , van opwekker  $gi$  in systeem  $si$ ;

$Q_{W;gen;gi;out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2, in kWh;

$f_{gebouw;si;W}$  is de dimensiooze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;

$E_{W;gen,gi;in;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  gebruikt wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , in kWh.

Gebruik hiervoor  $E_{H;gen;gi;cr;j;mi;in}$  voor een met vaste biobrandstof gestookte ketel volgens 9.6.5.2 en voor een WKK volgens 9.6.6.2.

Indien het toestel wordt toegepast voor alleen warm tapwater, is  $E_{H;gen;gi;cr;j;mi;in}$  volledig toe te rekenen aan warm tapwater. Bij gebruik als combitoestel moet  $E_{H;gen;gi;cr;j;mi;in}$  verdeeld worden over verwarming en warm tapwater naar rato van de output voor verwarming en  $Q_{W;gen;gi;out;mi}$ .

Rond  $\eta_{W;gen;gi,mi}$  af naar beneden op een veelvoud van 0,025.

Hanteer in geval van de WKK bij de bepaling van het thermisch uitgangsvermogen  $P_{th;gen;out}$  in 9.6.6.2.2.1:

—  $Q_{W;gen;gi;out}$  volgens 13.8.2 in plaats van  $Q_{H;gen;out}$ ;

—  $t_{W;op;gi,mi}$  in plaats van  $t$ .

$$t_{W;op;gi,mi} = \text{MIN} \left( \frac{Q_{W;gen;gi;out;mi}}{f_{\text{gebouw};si;W} \times P_{th;chp\_100+sup\_100}} ; f_{\text{func}} \times t_{mi} \right) \quad (13.183)$$

waarin:

$t_{W;op;gi,mi}$  is de totale bedrijfstijd van de opwekker  $gi$  = chp voor tapwater in maand  $mi$ , in h;

$Q_{W;gen;gi;out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2, in kWh;

$f_{\text{gebouw};si;W}$  is de dimensieloze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2;

$P_{th;chp\_100+sup\_100}$  is het benutbare vermogen van het geteste WKK-systeem (CHP100 % + Sup100 %) volgens NEN-EN 50465 of NEN-ISO 3046-1:2002 (zie 9.6.6.2.2.1 en 9.6.6.2.2.2), in kW;

$f_{\text{func}}$  is de dimensieloze tijdfractie dat opwekker  $gi$  voor warm tapwater maximaal in bedrijf is. Voor toestellen in grote systemen ( $A_{g;si} > 500 \text{ m}^2$ ) geldt  $f_{\text{func}} = 0,6$ . Voor alle overige toestellen geldt  $f_{\text{func}} = 1,0$ ;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h.

De verrekening van de opgewekte elektriciteit van een WKK gebeurt in 16.4.3. Hierbij wordt alleen de elektriciteit verrekend die wordt opgewekt bij een warmtebehoefte volgende bedrijfsvoering van de WKK. Gebruik hierbij voor het geleverde elektrische vermogen door de gebouwgebonden WKK ( $P_{el;chp;out;W}$ ) het elektrische vermogen volgens 9.6.6.2.2 en de bedrijfstijd  $t_{W;op;gi,mi}$ .

### 13.8.4.8.3 Hulpenergie

Bepaal het hulpenergiegebruik  $W_{W;\text{aux;gen};gi}$ . Gebruik hiervoor  $W_{H;gen;gi;\text{aux};mi} \times f_{\text{gebouw};si;W}$  voor een met vaste biobrandstof gestookte ketel volgens 9.6.6.2 en voor een WKK volgens 9.6.5.2.

Waarbij:

$f_{gebouw;si;W}$  is de dimensioze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie warm tapwater wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem  $si$  voor de functie warm tapwater, volgens 13.1.2.

**OPMERKING** Naast elektrische-hulpenergiegebruik kan er ook sprake zijn van thermische-hulpenergiegebruik voor waakvlammen.

#### 13.8.4.8.4 Terugwinbare verliezen

Bepaal de terugwinbare verliezen van de opwekkers  $Q_{W;gen;ls;rbl;gi}$ .

Gebruik hiervoor  $Q_{H;gen;gi;ls;rbl;zt;j,mi} \times f_{gebouw;si;W}$  voor een met vaste biobrandstof gestookte ketel volgens 9.6.6.2 en voor een WKK volgens 9.6.5.2.

**OPMERKING** Voor systemen in gebouwen met een gebruiksoppervlakte van meer dan 500 m<sup>2</sup> wordt ervan uitgegaan dat de opwekkers en eventuele voorraadvaten in een aparte zone zijn opgenomen, waardoor de optredende warmteverliezen niet terugwinbaar zijn voor de overige rekenzones. Over het algemeen zullen de terugwinbare verliezen van de opwekkers in een dergelijk systeem daardoor niet meegenomen worden (zie 13.1.2).

#### 13.8.4.9 Warmtelevering via een afleverset

##### 13.8.4.9.1 Algemeen

Bij warmtelevering via een afleverset worden twee situaties onderscheiden:

- externe warmtelevering;
- warmtelevering vanuit een (collectief) gebouwsysteem voor de functie verwarming.

Het distributieverlies van het (collectieve) circulatiesysteem voor externe warmtelevering is meegenomen bij de bepaling van het rendement voor externe warmtelevering.

Wanneer er sprake is van een circulatiesysteem vanuit een collectief (gebouwgebonden) verwarmingssysteem dat alleen wordt gebruikt voor de functie warm tapwater, dan moet het distributieverlies volgens 13.4 worden bepaald. Wanneer het circulatiesysteem vanuit een collectief (gebouwgebonden) verwarmingssysteem zowel wordt gebruikt voor de functie warm tapwater als voor de functie verwarming, dan wordt het distributieverlies volgens 9.4 bepaald.

Indien de aanvoertemperatuur van het verwarmingssysteem lager is dan 60 °C bij de afleverset, dan kan er met alleen een afleverset op een collectief verwarmingssysteem geen warm tapwater gemaakt worden.

**OPMERKING 1** Warmtelevering vanuit een collectief verwarmingssysteem waarin (deels) gebruik wordt gemaakt van warmtepompen, is alleen mogelijk indien de aanvoertemperatuur van het verwarmingssysteem  $\vartheta_{H,a;ontw}$  volgens 9.4.2 jaarrond continu meer dan 65 °C bedraagt. Dit komt overeen met een ontwerptemperatuurklasse van het verwarmingssysteem van 70/60 of meer.

Wanneer er aan de vraagzijde van de afleverset sprake is van een circulatiesysteem voor warm tapwater (warmtapwatercirculatiesysteem op gebouwniveau), dan moet het distributieverlies en het hulpenergiegebruik voor circulatiepompen hiervoor separaat worden bepaald en meegenomen bij de bepaling van het energiegebruik per systeem. Ook het warmteverlies van eventuele voorraadvaten voor warm tapwater geplaatst na de afleverset moet worden meegenomen volgens 13.6. De warmteverliezen van eventuele buffervaten die zich bevinden vóór de afleverset in het

circulatiesysteem voor cv-water, worden verrekend bij de distributieverliezen van het verwarmingssysteem in 9.2.3.3.

**OPMERKING 2** Het hulpenergiegebruik van afleversets wordt bepaald in 13.4.4.

### 13.8.4.9.2 Externe warmtelevering

#### Opwekkingsrendement

Het opwekkingsrendement van externe warmtelevering,  $\eta_{W;gen;dh}$ , heeft als vaste waarde 1,0.

Waarbij:

$\eta_{W;gen;dh}$  is het opwekkingsrendement voor warm tapwater bij externe warmtelevering.

**OPMERKING** Bij externe warmtelevering is warm tapwater de energiedrager. Met de waarde van 1,0 wordt dit expliciet gemaakt op de grens van het gebouw of perceel. Voor de bepaling van de energieprestatie wordt tevens de beleidsmatige, forfaitaire waarde voor de primaire energiefactor voor aangeleverde warmte ( $f_{P;del;dh/dw}$ ) in rekening gebracht in hoofdstuk 5. Indien gebruik wordt gemaakt van een kwaliteitsverklaring op basis van bijlage P, wordt voor de primaire energiefactor voor aangeleverde warmte ( $f_{P;del;dh/dw}$ ) gebruikgemaakt van de waarde uit de kwaliteitsverklaring.

#### Hulpenergie

Het hulpenergiegebruik van de eventuele opwektoestellen voor externe warmtelevering is opgenomen in het opwekkingsrendement van externe warmtelevering;  $W_{W;aux;gen;gi,mi} = 0$ .

#### Terugwinbare systeemverliezen

Er zijn op gebouwniveau geen terugwinbare verliezen van de eventuele opwektoestellen.

### 13.8.4.9.3 Gebouwsysteem voor verwarming

#### Opwekkingsrendement

Bij warmtelevering vanuit een (collectief) gebouwsysteem voor de functie verwarming wordt er gebruikgemaakt van de opwektoestellen van dat verwarmingssysteem. Over het algemeen worden deze toestellen ook gebruikt voor verwarming. Voor het opwekkingsrendement voor warm tapwater wordt feitelijk gebruikgemaakt van het opwekkingsrendement van de toestellen waar het verwarmingssysteem uit bestaat.

In afwijking van de bepalingswijze in formule (13.3) wordt het energiegebruik voor de opwekking van warm tapwater per systeem, opwekker en energiedrager niet bepaald door gebruik te maken van het rendement van het opwekkingstoestel voor tapwater, maar door de benodigde energie voor de productie van warm tapwater te bepalen volgens formule (13.185) en mee te nemen bij de benodigde warmte die door het (collectieve) gebouwsysteem voor de functie verwarming geleverd moet worden. De bedrijfswijze voor de services warm tapwater en verwarming is parallel (gelijktijdig). In hoofdstuk 9 zijn randvoorwaarden gegeven voor de bedrijfscondities van het verwarmingssysteem dat wordt ingezet voor de functie warm tapwater.

Het energiegebruik voor warm tapwater wordt in dat geval volledig berekend bij het energiegebruik van het verwarmingssysteem en het energiegebruik van het warmtapwatersysteem  $E_{W;si,gi(=conv;hj),ci} = 0$ . Bij warm tapwater resteert alleen het hulpenergiegebruik van het distributiesysteem ten behoeve van warm tapwater. Wanneer het wenselijk is om het deel van het energiegebruik van het verwarmingssysteem dat bestemd is voor de productie van warm tapwater, in beeld te brengen, bepaal dan het energiegebruik voor verwarming en warm tapwater als volgt:

Verdeel het energiegebruik van de opwekkers uit het opweksysteem proportioneel per energiedrager  $ci$  op basis van de energie die vanuit de verschillende services nodig is:

$$E_{W;si,gi,ci,mi} = E_{H;gen;in;si,gi,ci,mi} \times \frac{E_{W;gen;in;conv;hj;mi}}{E_{W;gen;in;conv;hj;mi} + Q_{H;nod;in;mi}} \quad (13.184)$$

waarin:

- $E_{W;si,gi,ci,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte energie ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$ , systeem  $si$  en van dit systeem de opwekker  $gi$  die energie van energiedrager  $ci$  betreft, in kWh;
- $E_{H;gen;in;si,gi,ci,mi}$  is de hoeveelheid gebruikte energie ten behoeve van verwarming en warm tapwater, voor maand  $mi$ , in systeem  $si$  en van dit systeem de opwekker  $gi$  die energie van energiedrager  $ci$  betreft, in kWh; gebruik hiervoor de som van  $E_{Y;gen,gi,in;cr,j;mi}$  voor de energiefuncties Y=verwarming en tapwater volgens 9.2.1;
- $E_{W;gen;in;conv;hj;mi}$  is de door een afleverset voor de opwekking van warm tapwater gebruikte energie, geleverd door het (collectieve) gebouwsysteem  $si$  voor de functie verwarming ( $si = conv;hj$ ), per maand, in kWh;
- $Q_{H;nod;in;mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van verwarming, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers aangeleverd aan het distributiesysteem van verwarmingssysteem  $si$ , bepaald volgens 9.2.3.5.

Het energiegebruik voor verwarming wordt op vergelijkbare wijze bepaald in 9.2.1.2.

**OPMERKING** Wanneer bij de bepaling van  $Q_{H;nod;in;mi}$  reeds rekening gehouden is met  $E_{W;gen;in;conv;hj;mi}$ , dan kan deze post in de noemer van formule (13.184) vervallen.

### Benodigde warmte uit verwarmingssysteem

De door de afleverset voor warm tapwater gebruikte energie, geleverd door het collectieve (gebouwgebonden) verwarmingssysteem ( $E_{W;gen;in;conv;hj;mi}$ ), wordt als volgt bepaald:

$$E_{W;gen;in;conv;hj;mi} = Q_{W;gen;gi,out;mi} + Q_{W;dis;conv;ls;mi} \quad (13.185)$$

waarin:

- $E_{W;gen;in;conv;hj;mi}$  is de door een afleverset voor de opwekking van warm tapwater gebruikte energie, geleverd door het (collectieve) gebouwsysteem  $si$  voor de functie verwarming ( $si = conv;hj$ ), in maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{W;gen;gi,out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2, in kWh;
- $Q_{W;dis;conv;ls;mi}$  zijn de warmteverliezen van alle toegepaste afleversets voor warm tapwater, in maand  $mi$ , volgens 13.4.2, in kWh.

### Hulpenergie

Het hulpenergiegebruik van de opwektoestellen van het verwarmingssysteem wordt meegenomen bij het verwarmingssysteem  $conv;si$ . Voor tapwater geldt  $W_{W;aux;gen;gi,mi} = 0$ .

### Terugwinbare verliezen

De terugwinbare verliezen van de opwektoestellen van het verwarmingssysteem worden meegenomen bij het verwarmingssysteem  $conv;si$ . Voor tapwater zijn er geen terugwinbare systeemverliezen.

## 14 Verlichting

### 14.1 Principe

De energiebehoefte voor verlichting bestaat uit:

- de elektrische energiebehoefte voor verlichting voor het voorzien in de noodzakelijke verlichtingsniveaus;
- de elektrische energiebehoefte voor parasitair vermogen voor het opladen van de accu's van noodverlichtingsarmaturen en voor het totale stand-by-vermogen voor de automatische besturing van de armaturen.

De energiebehoefte voor verlichting wordt bepaald per rekenzone. Een rekenzone kan verschillende verlichtingszones bevatten als er sprake is van verschillende verlichtingsoplossingen.

**OPMERKING** Twee verlichtingsoplossingen verschillen van elkaar als één of meer van de volgende kenmerken van de oplossingen verschillen: de verlichtingstechnologie (zie tabel 14.2), het aan- of afwezig zijn van nieuwwaarde-compensatie, de afhankelijkheid van aanwezigheid (zie tabel 14.4), de aanwezigheid en type aanwezigheid- of afwezigheidsdetectie (zie tabel 14.5).

Daarnaast kan er bij gebruik van (een) daglichtregeling(en) in iedere verlichtingszone sprake zijn van een of meer daglichtsectoren. Er zijn regels opgenomen om het aantal zones zoveel mogelijk te kunnen beperken.

### 14.2 Energiebehoefte verlichting

Er wordt onderscheid gemaakt tussen rekenzones met een woonfunctie en rekenzones met utiliteitsfuncties. De energiebehoefte voor verlichting voor rekenzones met een woonfunctie wordt bepaald in 14.2.1 en voor rekenzones met utiliteitsfuncties in 14.2.2.

#### 14.2.1 Energiebehoefte verlichting woonfuncties

Voor rekenzones met een woonfunctie geldt:

$$W_t = W_L + W_P \quad (14.1)$$

$$W_L = W_{L;spec} \times A_g \quad (14.2)$$

en

$$W_P = 0 \quad (14.3)$$

waarin:

- $W_L$  is de energiebehoefte voor verlichting voor het voorzien in de noodzakelijke verlichtingsniveaus per jaar, in kWh;
- $W_{L,spec}$  is de specifieke energiebehoefte voor verlichting voor het voorzien in de noodzakelijke verlichtingsniveaus, in kWh/m<sup>2</sup>. Voor de berekening van de energieprestatie-indicatoren van een gebouw moet hiervoor een waarde van 0 kWh/m<sup>2</sup> worden aangehouden;
- $A_g$  is de gebruiksoppervlakte van de beschouwde rekenzone, bepaald volgens 6.6.3, in m<sup>2</sup>;
- $W_P$  is de energiebehoefte voor parasitair vermogen, in kWh.

**OPMERKING** Bij een maatwerkadvies kan een eigen waarde worden aangehouden voor  $W_{L,spec}$ . Om die reden is deze post gehandhaafd in de berekening, alhoewel deze waarde voor de berekening van het energielabel en de energieprestatie-indicatoren altijd nul is. Een mogelijke richtwaarde voor  $W_{L,spec}$  is 5 kWh/m<sup>2</sup>.

#### 14.2.2 Energiebehoefte verlichting utiliteitsfuncties

Voor rekenzones met utiliteitsfuncties geldt het volgende:

##### Schematisering

Verdeel de rekenzone in verlichtingszones zodanig dat binnen iedere verlichtingszone dezelfde verlichtingsoplossing, inclusief regeling, wordt toegepast. Bepaal de gebruiksoppervlakte van iedere verlichtingszone  $j$  in de rekenzone, waarbij de som van de gebruiksoppervlaktes van de verlichtingszones gelijk is aan de gebruiksoppervlakte van de rekenzone:

$$\sum_j A_{g,vzj} = A_g \quad (14.4)$$

waarin:

- $A_{g,vzj}$  is de gebruiksoppervlakte van verlichtingszone  $j$ , in m<sup>2</sup>;
- $A_g$  is de gebruiksoppervlakte van de beschouwde rekenzone, bepaald volgens 6.6.3, in m<sup>2</sup>.

Twee of meer verlichtingszones die binnen één rekenzone liggen mogen worden samengevoegd tot één verlichtingszone, mits de grootste van de verlichtingszones die worden samengevoegd groter is dan 70 % van de gesommeerde oppervlakte van de samen te voegen verlichtingszones. In dit geval moeten voor  $F_C$ ,  $F_{o,D}$ ,  $F_{o,N}$  en  $F_D$  de rekenwaarden worden genomen die horen bij de verlichtingsoplossing van de grootste (oorspronkelijke) verlichtingszone en wordt de gebruiksoppervlakte van de samengevoegde verlichtingszones gelijk aan de gesommeerde oppervlakte van de afzonderlijke verlichtingszones. Het samenvoegen van verlichtingszones mag per verlichtingszone maar één keer plaatsvinden.

**OPMERKING 1** Deze samenvoegingsregel moet voorkomen dat voor bijv. gangen en toiletten een extra verlichtingszone moet worden gemaakt.

**OPMERKING 2** Het slechts één keer mogen optellen van een verlichtingszone moet voorkomen dat men twee verlichtingszones samenvoegt, en deze vervolgens weer met een derde zone samenvoegt. De samenvoeging moet als volgt worden geïnterpreteerd: Indien een rekenzone bestaat uit vier verlichtingszones van respectievelijk 14 m<sup>2</sup>, 15 m<sup>2</sup>, 50 m<sup>2</sup> en 100 m<sup>2</sup>, mogen de verlichtingszones van 14 m<sup>2</sup>, 15 m<sup>2</sup> en 100 m<sup>2</sup> worden samengevoegd tot één verlichtingszone, aangezien 100 m<sup>2</sup> groter is dan 70 % van de gezamenlijke oppervlakte van 129 m<sup>2</sup>. Het is niet toegestaan om vervolgens de verlichtingszone van 50 m<sup>2</sup> samen te voegen met de reeds samengevoegde verlichtingszone van 129 m<sup>2</sup>, ook al is 129 m<sup>2</sup> meer dan 70 % van de totale oppervlakte van 179 m<sup>2</sup>.

## Rekenregels

Voor het bepalen van de totale energiebehoefte  $W_t$  voor verlichting per jaar, moet de totale energiebehoefte  $W_{t,j}$  voor verlichting per jaar voor iedere verlichtingszone  $j$  worden gesommeerd:

$$W_t = \sum_j W_{t,j} \quad (14.5)$$

waarin:

$W_t$  is de totale energiebehoefte voor verlichting per jaar, in kWh;

$W_{t,j}$  is de totale energiebehoefte voor verlichting per jaar voor verlichtingszone  $j$ , in kWh.

Bepaal de totale energiebehoefte  $W_{t,j}$  voor verlichting per jaar voor iedere verlichtingszone  $j$  als volgt:

$$W_{t,j} = W_{L,j} + W_{P,j} \quad (14.6)$$

waarbij geldt:

$$W_{L,j} = \{(P_{n,j} \times F_{C,j}) \times [(t_D \times F_{o;D;j} \times F_{D,j}) + (t_N \times F_{o;N;j})]\}/1000 \quad (14.7)$$

waarin:

$W_L$  is de energiebehoefte voor verlichting voor het voorzien in de noodzakelijke verlichtingsniveaus van verlichtingszone  $j$  per jaar, in kWh;

$W_{P,j}$  is de energiebehoefte voor parasitair vermogen van verlichtingszone  $j$  per jaar, bepaald volgens 14.3, in kWh;

$P_{n,j}$  is het totale geïnstalleerde vermogen voor verlichting van verlichtingszone  $j$ , bepaald volgens 14.3, in W;

$F_{C,j}$  is de nieuwwaarde-compensatiefactor, waarbij de verlichtingssterkte constant wordt gehouden bij veroudering van de verlichting van verlichtingszone  $j$ , bepaald volgens 14.4;

$t_D$  is het aantal branduren per jaar in de dagperiode, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties die in de rekenzone zijn gelegen, bepaald volgens tabel 14.1, in h;

$F_{o;D;j}$  is de aan te houden dimensieloze factor voor de aanwezigheid in de dagperiode van verlichtingszone  $j$ , bepaald volgens 14.5;

$F_{o;N;j}$  is de aan te houden dimensieloze factor voor de aanwezigheid in de avondperiode van verlichtingszone  $j$ , bepaald volgens 14.5;

$F_{D,j}$  is de dimensieloze factor voor de daglichtafhankelijkheid van verlichtingszone  $j$ , bepaald volgens 14.6;

$t_N$  is het aantal branduren per jaar in de avondperiode, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties die in de rekenzone zijn gelegen, bepaald volgens tabel 14.1, in h.

**OPMERKING 3** Deze bepaling bevat niet de elektrische energiebehoefte van besturingssystemen van het verlichtingssysteem die niet verbonden zijn aan de armatuur en die ook geen elektrische energie gebruiken van de armatuur.

**OPMERKING 4** Om de schematisering eenvoudig te houden, wordt het aantal branduren bepaald op rekenzonenniveau en niet op verlichtingszonenniveau.

**Tabel 14.1 — Maximale branduur per jaar overdag  $t_D$  en 's avonds/'s nachts  $t_N$**

<b>Gebruiksfunctie van een gebouw of een gedeelte van een gebouw</b>	<b>Maximale branduur overdag <math>t_D</math> h</b>	<b>Maximale branduur 's avonds/'s nachts <math>t_N</math> h</b>
Bijeenkomstfunctie kinderopvang	2 200	300
Bijeenkomstfunctie	2 200	300
Celfunctie	4 000	1 000
Gezondheidszorgfunctie met bedgebed	4 000	1 000
Gezondheidszorgfunctie anders dan met bedgebed	2 200	300
Kantoorfunctie	2 200	300
Logiesfunctie	4 000	1 000
Onderwijsfunctie	1 600	300
Sportfunctie	2 200	800
Winkelfunctie	2 700	400

**OPMERKING 5** Voor de leesbaarheid is het subscript  $i$ , als aanduiding voor de bepaling per verlichtingszone, in de onderstaande paragrafen van dit hoofdstuk weggelaten.

## 14.3 Geïnstalleerd vermogen verlichting

### 14.3.1 Principe

Het geïnstalleerde vermogen voor verlichting voor de categorie utiliteitsbouw moet per verlichtingszone worden bepaald aan de hand van werkelijk geïnstalleerde vermogens volgens 14.3.2, en het werkelijk geïnstalleerde parasitaire vermogen volgens 14.3.3. Indien het werkelijk geïnstalleerde vermogen voor verlichting niet bekend is, kan in afwijking van 14.3.2 gebruik worden gemaakt van forfaitaire waarden volgens 14.3.4. Indien het werkelijk geïnstalleerde parasitaire vermogen niet bekend is, kan in afwijking van 14.3.3 gebruik worden gemaakt van forfaitaire waarden volgens 14.3.4.

### 14.3.2 Geïnstalleerd vermogen verlichtingsarmaturen

Bepaal voor iedere verlichtingszone het totale geïnstalleerde vermogen voor verlichting,  $P_n$ , door sommatie van de geïnstalleerde vermogens van de verlichtingsarmaturen (lampen, inclusief voorschakelapparaten) per verlichtingszone met:

$$P_n = (P_{n;armature;1} + P_{n;armature;2} + \dots) \times f_{dyn} \times f_{prac} \quad (14.8)$$

waarin:

$P_n$  is het totale geïnstalleerde vermogen van alle lampen plus voorschakelapparaten (verlichtingsarmaturen), in W;

$P_{n;armature;1,2,\dots}$  is het geïnstalleerde vermogen van lamp(en) inclusief voorschakelapparaat van verlichtingsarmatuur 1,2,..., in W;

$f_{dyn}$  is een reductiefactor die bij toepassing van dynamische verlichting het geïnstalleerde vermogen van de verlichtingsarmaturen reduceert tot het percentage van de nominale energiebehoefte dat door een vast voorgeprogrammeerde instelling in werkelijkheid zal worden gedissipeerd;

$f_{prac}$  is de praktijk-prestatiefactor, waarvoor de waarde 1 wordt aangehouden.

**OPMERKING 1** De factor  $f_{dyn}$  is opgenomen om tegemoet te kunnen komen aan de waardering van verlichtingssystemen waarmee non-visuele aspecten van verlichting kunnen worden beïnvloed. Deze verlichtingssystemen maken gebruik van bepaalde instellingen voor de lichtintensiteit, het tijdstip waarop licht wordt aangeboden, de tijdsduur en de kleurtemperatuur. Dit impliceert dat er dan een groter aangesloten vermogen voor de lichtinstallatie nodig is, dan wanneer alleen naar de visuele prestatie van de verlichting wordt gekeken. Het werkelijk opgenomen vermogen is echter beperkt door het algoritme waarmee de juiste instellingen worden bepaald. In dat geval zal met de reductiefactor  $f_{dyn}$  het percentage van de nominale energiebehoefte in rekening kunnen worden gebracht dat door de vast voorgeprogrammeerde instelling in werkelijkheid zal worden gedissipeerd.

In alle gevallen waarin het vermogen van het voorschakelapparaat onbekend is en in alle gevallen waarin de aanwezigheid van voorschakelapparatuur onbekend is, kan het totaal geïnstalleerde vermogen van een armatuur met lamp(en) inclusief voorschakelapparatuur ( $P_{n;armature;i}$ ) in de verlichtingszone als volgt worden ingeschat:

$$P_{n;armature;i} = (1 + p_{voorschakel}/100) \times P_{L,n,i} \times n_{L,i} \quad (14.9)$$

waarin:

$P_{n;armature;i}$  is het geïnstalleerde vermogen van de armatuur met lamp(en) inclusief voorschakelapparaat van verlichtingsarmatuur  $i$ , in W;

$p_{voorschakel}$  is het percentage ten opzichte van het nominale lampvermogen dat in de voorschakelapparatuur van verlichtingssystemen wordt gedissipeerd, bepaald volgens tabel 14.2, in %;

$P_{L,n,i}$  is het nominaal vermogen van de lamp in verlichtingsarmatuur  $i$ , in W;

$n_{L,i}$  is het aantal lampen in verlichtingsarmatuur  $i$ .

**Tabel 14.2 — Het percentage  $P_{voorschakel}$  ten opzichte van het nominale lampvermogen dat in de voorschakelapparatuur van verlichtingssystemen wordt gedissipeerd**

Type verlichtingstechnologie	$P_{voorschakel} [\%]$
Verlichtingssystemen die zonder separate ballast aan de netspanning kunnen worden aangesloten of die zijn voorzien van een geïntegreerde ballast <sup>a</sup>	0 %
Ledtechnologie	8 %
Fluorescentietechnologie T5	10 %
Fluorescentietechnologie T8 met hoogfrequente voorschakelapparatuur (elektronische ballast) <sup>b</sup>	0 %
Fluorescentietechnologie T8 met conventionele voorschakelapparatuur (elektromagnetische ballast) <sup>b</sup>	20 %
Fluorescentietechnologie T12	20 %
Technologie Compact Fluorescentie niet geïntegreerd	15 %
Onbekend of voorschakelapparatuur aanwezig is, onbekende verlichtingstechnologie, overige verlichtingstechnologie	20 %

a Bijv. gloeilampen en fluorescentielampen met ingebouwd voorschakelapparaat.  
b Bij de waarden voor het percentage  $P_{voorschakel}$  van T8-technologie ten opzichte van het nominale lampermogen dat in de voorschakelapparatuur van het verlichtingssysteem wordt gedissipeerd, is het uitgangspunt dat het nominale vermogen van de lamp in het verlichtingsarmatuur,  $P_{L,n,i}$ , is bepaald op basis van het nominale vermogen dat vermeld is op de stempel op de lamp of is beschreven in de documentatie. Voor fluorescentietechnologie T8 met elektronische ballast geldt dat in dat vermogen de toeslag voor de voorschakelapparatuur al is verdisconteerd. De voorschakelapparatuur gebruikt wel degelijk vermogen, maar verlaagt ook het opgenomen vermogen van de lamp zelf. Daarom is in deze tabel de toeslag op 0 % gesteld.

**OPMERKING 2** De gegeven inschatting van het geïnstalleerde vermogen inclusief voorschakelapparaat van een verlichtingsarmatuur geldt voor de lamp-ballast-combinatie. Indien er andere apparatuur in een armatuur is geïntegreerd, dan valt dat voor deze bepaling buiten de scope van het begrip systeemvermogen.

**OPMERKING 3** De termen conventioneel, elektromagnetisch en EM worden in de praktijk door elkaar gebruikt. De termen elektronisch, EVSA, hoogfrequent en HF worden in de praktijk door elkaar gebruikt

Rond de aldus bepaalde waarde  $P_n$  naar boven af op twee significante cijfers volgens bijlage X.

### 14.3.3 Geïnstalleerd parasitair vermogen

Bepaal voor iedere verlichtingszone de energiebehoefte voor parasitair vermogen  $W_p$  in kWh per jaar met:

$$W_p = \frac{(P_{pc} \times t_{an}) + (P_{em} \times t_{an})}{1000} \quad (14.10)$$

waarin:

$$P_{em} = \sum_{i=1}^{i=ne} P_{ei} \quad (14.11)$$

$$P_{pc} = \sum_{i=1}^{i=np} P_{ci} \quad (14.12)$$

waarin:

$W_P$  is de energiebehoefte voor parasitair vermogen, in kWh;

$P_{em}$  is het totaal geïnstalleerde vermogen voor het opladen van de accu's van noodverlichtingsarmaturen per jaar, in W;

$P_{pc}$  is het totale stand-by-vermogen voor de automatische besturing van de armaturen als de lampen niet in gebruik zijn, in W;

$P_{ei}$  is het geïnstalleerde vermogen voor het opladen van de accu's van individuele noodverlichtingsarmatuur  $i$ , in W;

$P_{ci}$  is het stand-by-vermogen voor de automatische besturing van individuele armatuur  $i$ , in W;

$ne$  is het aantal individuele noodverlichtingsarmaturen in de verlichtingszone;

$np$  is het aantal individuele armaturen met automatische besturing in de verlichtingszone;

$t_{an}$  is 8 760, het aantal uren in een jaar, in h.

Rond de aldus bepaalde waarden  $P_{em}$  en  $P_{pc}$  naar boven af op twee significante cijfers volgens bijlage X.

**OPMERKING** Het parasitair vermogen van noodverlichting ten behoeve van bewegwijzering van vluchtwegen is in bovenstaande methode (conform NEN-EN 15193-1:2017) niet meegenomen.

#### 14.3.4 Forfataire rekenwaarden

Indien het werkelijk geïnstalleerde vermogen voor verlichting niet bekend is, kan in afwijking van 14.3.2 de rekenwaarde voor het geïnstalleerde vermogen voor verlichting,  $P_n$ , in de verlichtingszone worden bepaald met:

$$P_n = (P_{n;spec} \cdot f_{prac}) \cdot A_{use;vzi} \quad (14.13)$$

waarin:

$P_n$  is het totale geïnstalleerde vermogen van alle lampen plus voorschakelapparaten (verlichtingsarmaturen), in W;

$P_{n;spec}$  is het specifieke geïnstalleerde vermogen voor verlichting, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties die in de rekenzone zijn gelegen, bepaald volgens tabel 14.3, in W/m<sup>2</sup>;

$f_{prac}$  is de praktijk-prestatiefactor, waarvoor de waarde 1 wordt aangehouden;

$A_{g,vzi}$  is de gebruiksoppervlakte van verlichtingszone  $i$ , bepaald volgens 6.6.3, in m<sup>2</sup>.

Indien in een verlichtingszone gebruik wordt gemaakt van de forfaitaire methode voor de bepaling van het geïnstalleerde vermogen, moet deze forfaitaire methode voor alle verlichtingszones in de rekenzone worden gebruikt.

**Tabel 14.3 — Specifiek geïnstalleerd vermogen voor verlichting,  $P_{n;spec}$**

Gebruiksfunctie van een gebouw of gedeelte van een gebouw	Specifiek geïnstalleerd vermogen voor verlichting $P_{n;spec}$ W/m <sup>2</sup>
Bijeenkomstfunctie kinderopvang	
Bijeenkomstfunctie	
Gezondheidszorgfunctie anders dan met bedgebied	16
Kantoorfunctie	
Onderwijsfunctie	
Sportfunctie	
Celfunctie	
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied	17
Logiesfunctie	
Winkelfunctie	30

Indien het werkelijk geïnstalleerde parasitaire vermogen niet bekend is, kan in afwijking van 14.3.3 de rekenwaarde voor de energiebehoefte voor parasitair vermogen in een rekenzone,  $W_p$  in kWh, per jaar worden bepaald met de volgende forfaitaire methode:

$$W_p = (W_{pe;spec} + W_{pc;spec}) \times A_{use;vzi} \quad (14.14)$$

waarin:

$W_p$  is de energiebehoefte voor parasitair vermogen per jaar, in kWh;

$W_{pe;spec}$  is het specifieke elektriciteitsgebruik voor het opladen van de accu's van noodverlichtingsarmaturen per jaar, in W, waarvoor een waarde van 1,0 kWh/m<sup>2</sup> moet worden aangehouden;

$W_{pc;spec}$  is het specifieke elektriciteitsgebruik voor de stand-by-verliezen voor de automatische besturing van de armaturen als de lampen niet in gebruik zijn per jaar, waarvoor een waarde van 1,5 kWh/m<sup>2</sup> moet worden aangehouden;

$A_{g;vzi}$  is de gebruiksoppervlakte van verlichtingszone  $i$ , bepaald volgens 6.6.3, in m<sup>2</sup>.

Indien in een verlichtingszone gebruik wordt gemaakt van deze forfaitaire methode voor de bepaling van het parasitair vermogen, moet deze forfaitaire methode voor alle verlichtingszones in de rekenzone worden gebruikt.

#### **14.4 Nieuwwaarde-compensatiefactor ( $F_c$ )**

Vanaf het moment van installatie gaan verlichtingssystemen achteruit en wordt het vermogen kleiner. Om te voorkomen dat de verlichtingssterkte op het werkvlak hierdoor te laag wordt, wordt meer vermogen geïnstalleerd dan initieel noodzakelijk is om de gewenste verlichtingssterkte te bereiken. Voor verlichtingssystemen met een nieuwwaarde-compensatie wordt het vermogen gereduceerd tot het niveau waarmee de gewenste verlichtingssterkte wordt bereikt. Deze reductie wordt uitgedrukt in de nieuwwaarde-compensatiefactor ( $F_c$ ) en bepaald door middel van de onderhoudsfactor ( $MF$ ), die de verhouding tussen de onderhouden verlichting en de initiële verlichting aangeeft.

Bepaal de nieuwwaarde-compensatiefactor  $F_c$  in een verlichtingszone volgens:

$$F_c = 1 - \frac{1}{2} F_{cc} (1 - MF) \quad (14.15)$$

waarin:

- $F_c$  is de nieuwwaarde-compensatiefactor;
- $F_{cc}$  is de efficiëntie-factor van de constante verlichtingssterkteregeling, waarvoor de waarde 1 wordt aangehouden;
- $MF$  is de onderhoudsfactor van het verlichtingssysteem, waarvoor de waarde 1 wordt aangehouden.

OPMERKING 1 Voor meer gedetailleerde informatie over de rol van FCC zie CEN/TR 15193-2.

OPMERKING 2 Door de waarde van de onderhoudsfactor  $MF$  en de efficiëntie-factor  $F_{cc}$  op 1 te zetten, wordt de nieuwwaarde-compensatiefactor  $F_c$  1 en valt deze buiten de bepalingsmethode. Er is gekozen om de paragraaf wel te behouden om aan te blijven sluiten bij de Europese norm NEN-EN 15193-1.

#### **14.5 Aanwezigheid-afhankelijkheidsfactor ( $F_{o,D}$ en $F_{o,N}$ )**

De aanwezigheid-afhankelijkheidsfactor waardeert het effect van aan- en afwezigheid van gebruikers van verlichting in combinatie met het effect van eventueel aanwezige aanwezigheidsdetectie. De methode maakt onderscheid tussen situaties waarin het branden van de verlichting grotendeels onafhankelijk is van de aanwezigheid van gebruikers (14.5.1) en situaties waarin deze aanwezigheid een rol speelt (14.5.2). In dat laatste geval wordt eveneens onderscheid gemaakt tussen de dag- en avondperiode.

##### **14.5.1 Verlichtingsregelingen onafhankelijk van aanwezigheid**

Indien er in een verlichtingszone sprake is van één of meer van onderstaande situaties, gelden in die verlichtingszone voor de aanwezigheid-afhankelijkheidsfactoren overdag ( $F_{o,D}$ ) en 's avonds ( $F_{o,N}$ ) de bepalingen in deze paragraaf:

Voor de aanwezigheid-afhankelijkheidsfactor overdag ( $F_{o,D}$ ) geldt het volgende:

- een centrale aan-regeling (zoals een enkelvoudig automatisch systeem – bijv. met een timer of handschakelaar voor een compleet gebouw, volledige verdieping, voor alle gangen, enz.), onafhankelijk van het type ‘uit-knop’ (automatisch of handmatig, centraal of per ruimte, enz.);
- elk gebied binnen een kantoorfunctie groter dan 30 m<sup>2</sup> dat wordt verlicht door een gezamenlijk geschakelde groep armaturen (handmatig of automatisch) ongeacht de aanwezige verlichtingsregeling. Vergaderzalen moeten hiervan worden uitgezonderd (ongeacht de oppervlakte die valt onder één schakelaar en/of één detector), tenzij ze een centrale aan-regeling hebben, zoals bedoeld onder het vorige punt.

**OPMERKING** Met deze gebieden worden kantoortuinen en gangen bedoeld. De aanwezigheid-/afwezigheidsschakeling leidt in kantoortuinen overdag niet tot energiebesparing omdat er vanuit wordt gegaan dat er vrijwel altijd iemand aanwezig is.

$$F_{o;D} = 1,0 \quad (14.16)$$

waarin:

$F_{o;D}$  is de aan te houden dimensieloze factor voor de aanwezigheid in de dagperiode;

En voor de aanwezigheid-afhankelijkheidsfactor ’s avonds ( $F_{o;N}$ ) geldt het volgende:

- een centrale aan-regeling (zoals een enkelvoudig automatisch systeem – bijv. met een timer of handschakelaar voor een compleet gebouw, volledige verdieping, voor alle gangen, enz.), onafhankelijk van het type ‘uit-knop’ (automatisch of handmatig, centraal of per ruimte, enz.);

$$F_{o;N} = 1,0 \quad (14.17)$$

In alle overige situaties worden de aanwezigheid afhankelijkheidsfactoren overdag ( $F_{o;D}$ ) en ’s avonds ( $F_{o;N}$ ) in een verlichtingszone bepaald volgens de bepalingsmethode in 14.5.2.

#### 14.5.2 Verlichtingsregelingen afhankelijk van aanwezigheid

Voor alle situaties die niet in 14.5.1 zijn beschreven, worden de aanwezigheid-afhankelijkheidsfactoren overdag ( $F_{o;D}$ ) en ’s avonds ( $F_{o;N}$ ) in een verlichtingszone als volgt bepaald.

De aanwezigheid-afhankelijkheidsfactor wordt bepaald door de afwezigheidsfactor en een factor afhankelijk van het schakel-/regelsysteem van de verlichting.

Voor de aanwezigheid-afhankelijkheidsfactor overdag ( $F_{o;D}$ ) in een verlichtingszone geldt:

Indien  $0,0 \leq F_{A;D} < 0,2$ :

$$F_{o;D} = 1 - [(1 - F_{oc}) \cdot F_{A;D} / 0,2] \quad (14.18)$$

Indien  $0,2 \leq F_{A;D} < 0,9$ :

$$f_{o;D} = F_{oc} + 0,2 - F_{A;D} \quad (14.19)$$

Indien  $0,9 \leq F_{A;D} \leq 1,0$ :

$$F_{o;D} = [7 - (10 \cdot F_{oc})] \cdot (F_{A;D} - 1) \quad (14.20)$$

waarin:

$F_{o;D}$  is de dimensieloze aanwezigheid-afhankelijkheidsfactor voor de dagperiode;

$F_{A;D}$  is de dimensieloze afwezigheidsfactor voor de dagperiode, zijnde het deel van de tijd dat de ruimte niet in gebruik is tijdens de dagperiode, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties die in de rekenzone zijn gelegen, bepaald volgens tabel 14.4.

$F_{oc}$  is de dimensieloze factor voor het schakel-/regelsysteem van de verlichting, bepaald volgens tabel 14.5.

Voor de aanwezigheid-afhankelijkheidsfactor's avonds ( $F_{o;N}$ ) in een verlichtingszone geldt:

Indien  $0,0 \leq F_{A;N} < 0,2$ :

$$F_{o;N} = 1 - [(1 - F_{oc}) \cdot F_{A;N}/0,2] \quad (14.21)$$

Indien  $0,2 \leq F_{A;N} < 0,9$ :

$$F_{o;N} = F_{oc} + 0,2 - F_{A;N} \quad (14.22)$$

Indien  $0,9 \leq F_{A;N} \leq 1,0$ :

$$F_{o;N} = [7 - (10 \cdot F_{oc})] \cdot (F_{A;N} - 1) \quad (14.23)$$

waarin:

$F_{o;N}$  is de dimensieloze aanwezigheid-afhankelijkheidsfactor voor de avondperiode;

$F_{A;N}$  is de dimensieloze afwezigheidsfactor voor de avondperiode, zijnde het deel van de tijd dat de ruimte niet in gebruik is tijdens de avondperiode, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties die in de rekenzone zijn gelegen, bepaald volgens tabel 14.4;

$F_{oc}$  is de dimensieloze factor voor het schakel-/regelsysteem van de verlichting, bepaald volgens tabel 14.5.

**OPMERKING** De bepalingen van  $F_{A;D}$  en  $F_{A;N}$  zijn op deze manier omschreven, om aan te sluiten bij de omschrijving die is gegeven in NEN-EN 15193:2017. Voor de gehanteerde waarden in deze NTA had kunnen worden volstaan met een verkorte omschrijving.

**Tabel 14.4 — Afwezigheidsfactoren overdag,  $F_{A;D}$ , en 's avonds,  $F_{A;N}$**

Gebruiksfunctie van een gebouw of gedeelte van een gebouw	$F_{A;D}$	$F_{A;N}$
Bijeenkomstfunctie kinderopvang	0,2	0,5
Bijeenkomstfunctie	0,2	0,5
Gezondheidszorgfunctie anders dan met bedgebieid	0,2	0,5
Kantoorfunctie	0,2	0,5
Onderwijsfunctie	0,2	0,5

Sportfunctie	0,2	0,5
Celfunctie	0,2	0,5
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied	0,0	0,5
Logiesfunctie	0,2	0,5
Winkelfunctie	0,0	0,5

**Tabel 14.5 — Factor voor het schakel-/regelsysteem van de verlichting,  $F_{oc}$** 

Systemen zonder automatische aanwezigheid- of afwezigheidsdetectie	$F_{oc}$
Handmatige aan-/uitschakelaar, overige systemen, systeem onbekend	1,00
Handmatige aan-/uitschakelaar met veegschakeling	0,95
Systemen met een automatische aanwezigheid- en/of afwezigheidsdetectie <sup>a</sup>	
Automatisch aan/gedimd <sup>b</sup>	0,95
Automatisch aan/automatisch uit	0,90
Handmatig aan/gedimd <sup>b</sup>	0,90
Handmatig aan/automatisch uit	0,80
<sup>a</sup> In het geval van systemen met automatische aanwezigheids- en/of afwezigheidsdetectie behoort het detectiegebied van de detector nauw overeen te komen met de oppervlakte die wordt verlicht door de armatuur die wordt bestuurd door deze detector.	
<sup>b</sup> Met 'gedimd' wordt bedoeld dat de verlichting niet volledig wordt uitgeschakeld, maar naar een lager niveau wordt geschakeld.	

## 14.6 Daglichtafhankelijkheidsfactor ( $F_D$ )

### 14.6.1 Bepaling van de daglichtafhankelijkheidsfactor ( $F_D$ )

De daglichtafhankelijkheidsfactor van een verlichtingszone moet worden bepaald aan de hand van de grootte van de daglichtsector(en) en de daglichtafhankelijkheidsfactor van de daglichtsector(en) in de verlichtingszone. Een verlichtingszone kan verschillende daglichtsectoren bevatten, echter per daglichtsector kan het daglicht in principe maar van één projectie komen (één façade of dak). Binnen een verlichtingszone mogen verschillende daglichtsectoren worden samengevoegd tot één daglichtsector. Hiervoor geldt de voorwaarde dat voor deze daglichtsector wordt gerekend met de meest conservatieve (zijnde de hoogste) daglichtafhankelijkheidsfactor, zoals bepaald in 14.6.3, indien met afzonderlijke daglichtsectoren zou zijn gerekend.

**OPMERKING** Deze mogelijkheid tot samenvoegen is gemaakt, zodat bijv. voor het bepalen van de daglichtbijdrage van repeterende gevels van verschillende oriëntaties geen indeling in verschillende daglichtsectoren nodig is. NB in dit voorbeeld zal de daglichtafhankelijkheidsfactor voor alle oriëntaties meestal gelijk zijn.

Indien voor het geïnstalleerde vermogen voor verlichting in een verlichtingszone forfaitaire waarden worden gebruikt, moet het effect van daglichtbenutting buiten beschouwing gelaten worden. In dat geval geldt voor de verlichtingszone:

$$F_D = 1 \quad (14.24)$$

Bepaal bij toepassing van het werkelijk geïnstalleerde vermogen voor verlichting, de daglichtafhankelijkheidsfactor van een verlichtingszone als volgt:

$$F_D = \sum_i (F_{D;dayl;i} \times f_{dayl;i}) + F_{D;art} \times \left[ (1 - \sum_i f_{dayl;i}) \right] \quad (14.25)$$

waarin:

- $F_D$  is de dimensioze daglichtafhankelijkheidsfactor van de verlichtingszone;
- $F_{D;dayl;i}$  is de dimensioze daglichtafhankelijkheidsfactor van daglichtsector  $i$  in de verlichtingszone, bepaald volgens 14.6.3;
- $F_{D;art}$  is de dimensioze daglichtafhankelijkheidsfactor van de kunstlichtsector in de verlichtingszone, waarvoor de waarde 1,0 wordt aangehouden;
- $f_{dayl;i}$  is de dimensioze verhouding tussen de oppervlakte van daglichtsector  $i$  en de totale gebruiksoppervlakte van de verlichtingszone, bepaald volgens:

$$f_{dayl;i} = \frac{A_{D;i}}{A_{use;vzi}} \quad (14.26)$$

en waarin:

- $A_{D;i}$  is de oppervlakte van daglichtsector  $i$ , bepaald volgens 14.6.2;
- $A_{use;vzi}$  is de gebruiksoppervlakte van verlichtingszone  $i$ , bepaald volgens 14.2.

Als alternatief kan voor de dimensioze verhouding tussen de oppervlakte van daglichtsector  $i$  en de totale gebruiksoppervlakte van de verlichtingszone,  $f_{dayl;i}$ , de waarde 0 worden gehanteerd of mag gebruik worden gemaakt van de forfaitaire methode zoals beschreven in 14.6.6.

#### 14.6.2 Oppervlakte daglichtsector $i$ ( $A_{D,i}$ )

De bepaling van de oppervlakte  $A_{D;i}$  van daglichtsector  $i$  in een verlichtingszone verloopt als volgt:

- a) Maak onderscheid tussen de bijdragen van verticale ramen en daklichten. Maak in het geval van een hellend raam of hellend daklicht een horizontale of verticale projectie, conform bijlage Y.
- b) Bepaal de oppervlakte van de bijdragen van de projecties van de verticale ramen en daklichten volgens onderstaande methode. Iedere projectie is een aparte daglichtsector  $i$ .
- c) Indien een verlichtingszone verschillende daglichtsectoren bevat en deze daglichtsectoren elkaar overlappen moet één van de volgende opties worden gekozen:

- verklein de oppervlakte(n) van één of meer van de overlappende daglichtsectoren zodanig dat de som van de resulterende oppervlakken niet groter is dan de totale oppervlakte van de daglichtsectoren samen (het overlappende stuk moet dus bij één of meer daglichtsectoren worden weggelaten, zodat overlappende daglichtsectoren niet dubbel meegeteld worden);
- kies de gunstigste daglichtsector en laat de andere daglichtsector(en) buiten beschouwing.

Bepaal vervolgens de oppervlakte van iedere daglichtsector  $A_{D,i}$  behorende bij een verticaal raam of een daklicht in een verlichtingszone als volgt:

$$A_{D,i} = a_{D,i} \times b_{D,i} \quad (14.27)$$

waarin:

- $A_{D,i}$  is de oppervlakte van daglichtsector  $i$  behorende bij het betreffende raam of daklicht in een verlichtingszone, in  $\text{m}^2$ ;
- $a_{D,i}$  is de diepte van de daglichtsector  $i$ , in m;
- $b_{D,i}$  is de breedte van de daglichtsector  $i$ , in m.

Voor de diepte en breedte van daglichtsector  $i$  door verticale ramen geldt:

De maximale diepte  $a_{D,i,\max}$  van de oppervlakte van de daglichtsector  $A_{D,i}$ , verlicht door via een gevel binnengekomen daglicht, zoals aangegeven in figuur 14.1, wordt berekend met behulp van de formule:

$$a_{D,i;\max} = 2,5 \times (h_{Li;i} - h_{Ta;i}) \quad (14.28)$$

waarin:

- $a_{D,i,\max}$  is de maximale diepte van de daglichtsector  $i$ , in m;
- $h_{Li;i}$  is de hoogte van de raamlatei gemeten vanaf vloerniveau van de daglichtsector  $i$ , in m;
- $h_{Ta;i}$  is de hoogte boven vloerniveau van de daglichtsector  $i$  waar de visuele taak wordt uitgevoerd, in m, waarvoor de waarde 0,75 m wordt aangehouden.

De maximale diepte van de daglichtsector,  $a_{D,i,\max}$ , wordt berekend loodrecht vanaf de binnenkant van de buitengevel.

Als de werkelijke diepte,  $b$ , van daglichtsector  $i$  kleiner is dan de maximale diepte van de daglichtsector,  $a_{D,i,\max}$ , dan wordt de werkelijke diepte,  $b$ , van sector  $i$  beschouwd als de diepte van daglichtsector  $i$ ,  $a_{D,i}$ . Daarnaast mag worden aangenomen dat  $a_{D,i}$  gelijk is aan de werkelijke diepte van daglichtsector  $i$ , als de werkelijke diepte kleiner is dan 1,25 keer de berekende maximale diepte:

$$a_{D,i} = \min (b_i; a_{D,i;\max}) \quad (14.29)$$

als alternatief kan worden aangehouden:

$$a_{D,i} = b_i; \text{ indien } b < 1,25 \times a_{D,i;\max} \quad (14.30)$$

waarin:

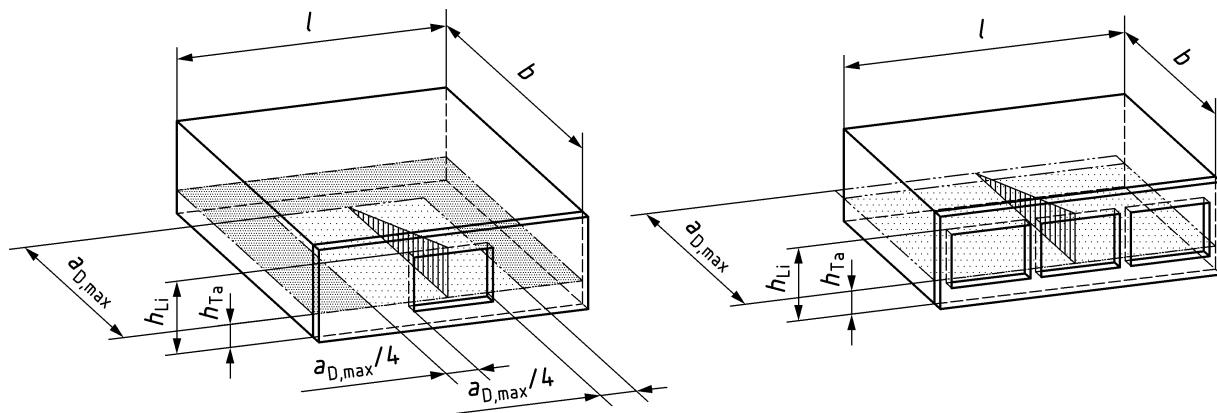
- $a_{D,i}$  is de diepte van de daglichtsector  $i$ , in m;

$a_{D;i,\max}$  is de maximale diepte van de daglichtsector  $i$ ;

$b_i$  is de werkelijke diepte van sector  $i$ , in m.

De breedte  $b_{D,i}$  van daglichtsector  $i$  komt normaal gesproken overeen met de breedte van de gevel, bepaald langs de binnenkant van het beschouwde gebouwdeel of gebied.

Om de formule simpel te houden kan de dikte van de binnenwanden worden verwaarloosd. Als de ramen niet over de hele gevel voorkomen, dan is de breedte van de daglichtsector behorende bij deze gevel gelijk aan de breedte van het geveldeel met ramen, plus de helft van de maximale diepte van de daglichtsector (zie figuur 14.1).



#### Legenda

- [Gestippeld] Oppervlakte van de daglichtsector  $A_{D,i}$
- [Grijs] Oppervlakte niet zijnde daglichtsector

Voor  $h_{L,i}$  moet  $h_R$  worden gelezen

**Figuur 14.1 — Impact van een gevelopening op de daglichtsector voor verticale ramen**

Voor de diepte en breedte van daglichtsector  $i$  door daklichten geldt:

De diepte  $a_{D,i}$  van de daglichtsector  $i$  is de som van de diepte van de daklichten en de extra diepte aan beide zijden zoals hieronder gedefinieerd (zie ook figuur 14.2):

$$a_{D;i} = a_{D;R;i} + a_{D;R1;i} + a_{D;R2;i} \quad (14.31)$$

waarin:

$a_{D;i}$  is de diepte van daglichtsector  $i$ , in m;

$a_{D;R;i}$  is de diepte van het daklicht in daglichtsector  $i$ , in m;

$a_{D,R1;i}$  is de extra diepte van de daglichtsector aan zijde 1, in m;

$a_{D,R2;i}$  is de extra diepte van de daglichtsector aan zijde 2, in m;

De extra diepte van de daglichtsector aan zijden 1 en 2,  $a_{D,R1;i}$  en  $a_{D,R2;i}$ , is maximaal:

$$a_{D;R1;\max;i} \leq (h_{R;i} - h_{Ta;i}) \quad (14.32)$$

$$a_{D;R2;\max,i} \leq (h_{R,i} - h_{Ta,i}) \quad (14.33)$$

waarin:

- $a_{D,R1,\max,i}$  is de maximale extra diepte van de daglichtsector aan zijde 1, in m;
- $a_{D,R2,\max,i}$  is de maximale extra diepte van de daglichtsector aan zijde 2, in m;
- $h_{R;i}$  is de vrije hoogte van sector  $i$  die beschikt over een daklicht, in m;
- $h_{Ta;i}$  is de hoogte boven vloerniveau van daglichtsector  $i$  waar de visuele taak wordt uitgevoerd, in m, waarvoor de waarde 0,75 m wordt aangehouden.

De werkelijke extra diepte,  $a_{D;R1;i}$ , van daglichtsector  $i$  is kleiner dan de maximale waarde indien de afstand  $a_{D;R1;W;i}$ , van de rand van de projectie van het daklicht op de vloer tot de binnenzijde van de gevel of wand kleiner is dan de maximale extra diepte,  $a_{D;R1;\max;i}$ . Ditzelfde geldt voor de werkelijke extra diepte,  $a_{D;R2;i}$ , van daglichtsector  $i$ . Zie figuur 14.2.

$$a_{D;R1;i} = \min(a_{D;R1;\max;i}; a_{D;R1;W;i}) \quad (14.34)$$

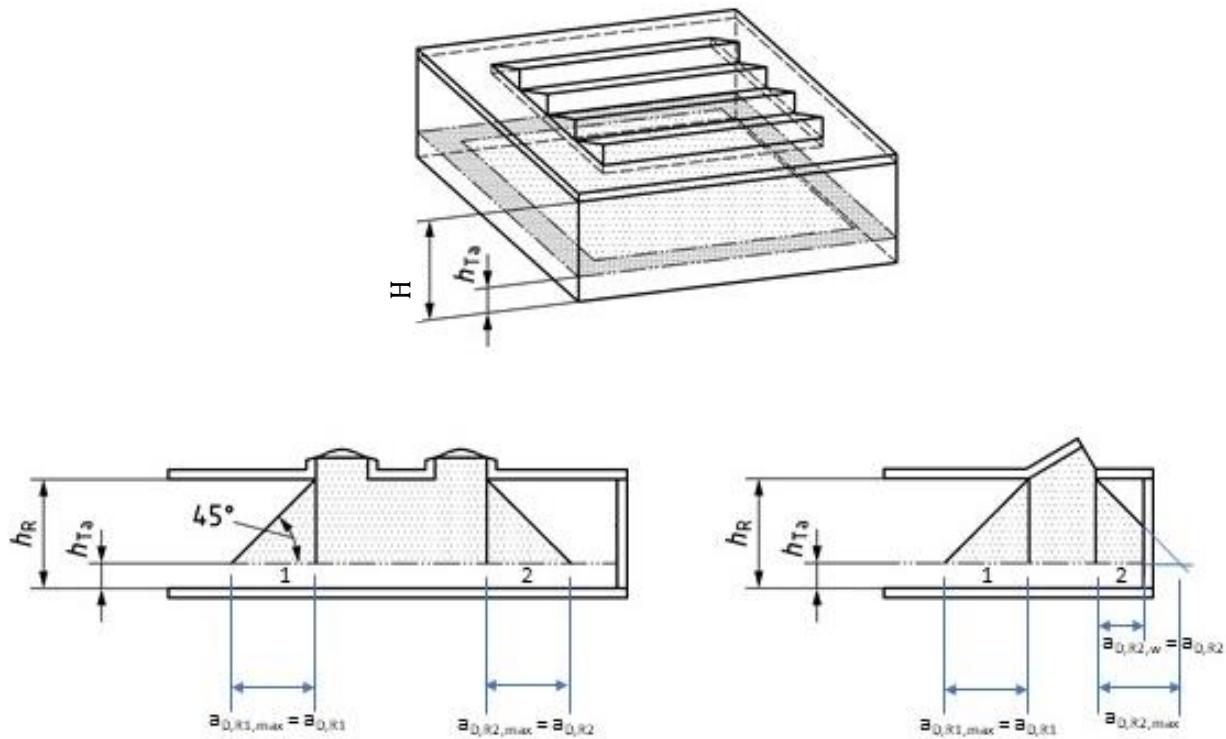
$$a_{D;R2;i} = \min(a_{D;R2;\max;i}; a_{D;R2;W,i}) \quad (14.35)$$

Bepaal de breedte  $b_{D;i}$  van de daglichtsector op dezelfde manier als de diepte  $a_{D;i}$ .

#### Verschil tussen verticale ramen en daklichten

Alle openingen waarvan het volledig beglaasde deel van het raam zich boven het plafond van de ruimte bevindt, kunnen worden beschouwd als daklichten.

**OPMERKING** Deze bepaling is bedoeld voor verticale ramen in daklichten zoals in het voorbeeld in figuur 14.2: dergelijke ramen moeten als daklicht worden berekend.



### Legenda

- Oppervlakte van de daglichtsector AD; $i$
- Oppervlakte niet zijnde daglichtsector

**Figuur 14.2 — Impact van een dakopening op de daglichtsector voor daklichten**

### 14.6.3 Daglichtafhankelijkheidsfactor van daglichtsector $i$ ( $F_{D,dayl,i}$ )

Voor daglichtsector  $i$  binnen de verlichtingszone wordt de bijbehorende daglichtafhankelijkheidsfactor als volgt bepaald:

$$F_{D,dayl,i} = 1 - F_{D,C,i} \times F_{D,S,i} \quad (14.36)$$

waarin:

$F_{D,dayl,i}$  is de dimensioze daglichtafhankelijkheidsfactor van daglichtsector  $i$ ;

$F_{D,S,i}$  is de dimensioze daglichttoetredingsfactor behorende bij daglichtsector  $i$ , bepaald volgens 14.6.4 indien er sprake is van verticale ramen en bepaald volgens 14.6.5 indien er sprake is van daklichten;

$F_{D,C,i}$  is de dimensioze daglichtregelingfactor in daglichtsector  $i$ , bepaald volgens tabel 14.6.

**Tabel 14.6 — Factor voor de daglichtregeling,  $F_{D,C}$** 

Daglichtregeling	$F_{D,C}$
Geen of handmatige daglichtregeling	0
Daglichtsensoren met automatisch schakelen of onbekende automatische daglichtregeling	0,63
Daglichtsensoren met automatisch dimmen	0,73

Als alternatief kan de daglichtafhankelijkheidsfactor  $F_{D;dayl;i}$  van daglichtsector  $i$  worden bepaald met behulp van bijlage F van NEN-EN 15193-1:2017. Rond in dat geval de bepaalde waarde  $F_{D;dayl;i}$  naar beneden af op twee significante cijfers.

**OPMERKING** NEN-EN 15193-1:2017 maakt gebruik van variabele  $F_D$  waar  $F_D$  van de daglichtsector ( $F_{D;dayl}$ ) wordt bedoeld.

#### 14.6.4 Daglichttoetredingsfactor voor verticale ramen van daglichtsector $i$

De daglichttoetredingsfactor  $F_{D,S;i}$  van daglichtsector  $i$  moet worden berekend door:

$$F_{D,S;i} = 0,65 F_{D,S;SNA;i} + 0,25 \quad (14.37)$$

waarin:

$F_{D,S;i}$  is de daglichttoetredingsfactor van daglichtsector  $i$ ;

$F_{D,S;SNA;i}$  is de daglichttoetredingsfactor voor verticale ramen van daglichtsector  $i$ , volgens tabel 14.7, waarvoor de daglichtfactor  $D_i$  wordt bepaald volgens:

$$D_i = 0,34 (4,13 + 20 I_{Tr;i} - 1,36 I_{RD;i}) \times I_{Sh;i} \quad (14.38)$$

waarin:

$$I_{Tr;i} = \frac{A_{Ca;i}}{A_{D;i}} \quad (14.39)$$

$$I_{RD;i} = \frac{a_{D;i}}{h_{Li;i} - h_{Ta;i}} \quad (14.40)$$

en waarin:

$D_i$  is de daglichtfactor van daglichtsector  $i$ , in %;

$I_{Tr,i}$  is de doorlatendheidsindex van daglichtsector  $i$ ;

$I_{RD,i}$  is de ruimte-diepte-index van daglichtsector  $i$ ;

$I_{Sh,i}$  is de beschaduwingsindex van daglichtsector  $i$ , zijnde:

0,2: als de verticale ramen in daglichtsector  $i$  flink of geheel beschaduwd zijn door een gebouw of gebouwdeel op het eigen perceel. Daarbij worden de ramen als flink beschaduwd geacht als  $I_{Sh}$ , van de bijbehorende daglichtsector kleiner dan of gelijk is aan 0,2, bepaald volgens NEN-EN 15193-1:2017;

0,7: in alle overige gevallen.

$A_{Ca,i}$  is de oppervlakte van de gevelopening van de beschouwde daglichtsector  $i$ , waarbij het deel onder 0,75 m boven vloerniveau wordt verwaarloosd;

$A_{D,i}$  is de oppervlakte van daglichtsector  $i$  van de projectie, in  $m^2$ , bepaald volgens 14.6.2;

$a_{D,i}$  is de diepte van daglichtsector  $i$ , in m, zoals bepaald in 14.6.2;

$h_{Li,i}$  is de hoogte van de raamlatei gemeten vanaf vloerniveau van de daglichtsector  $i$ , in m, zoals bepaald in 14.6.2;

$h_{Ta,i}$  is de hoogte boven vloerniveau van de daglichtsector  $i$  waar de visuele taak wordt uitgevoerd, in m, waarvoor de waarde 0,75 m wordt aangehouden.

**OPMERKING** Veel situaties zullen buiten de definitie van ‘flink beschaduwd’ vallen. De verwijzing naar NEN-EN 15193-1:2017 voor de definitie van flink beschaduwde ramen is opgenomen om een toetsbare methode te hebben in geval van twijfel. Eenvoudiger was geweest de waarde van 0,7 te hanteren voor niet-beschaduwde ramen, en 0,2 voor licht tot geheel beschaduwde ramen. Echter, dan zouden beperkte belemmeringen relatief zwaar worden bestraft.

**Tabel 14.7 — Daglichttoetredingsfactor  $F_{D,S;SNA,i}$  voor verticale ramen afhankelijk van daglichtfactor  $D_i$  van daglichtsector  $i$**

$D_i [\%]$	0,13	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0	18,0
$F_{D,S;SNA,i}$	0,12	0,36	0,50	0,64	0,66	0,75	0,81	0,88	0,91	0,91

Tabel 14.7 geeft de daglichttoetredingsfactor  $F_{D,S;SNA,i}$  voor verticale ramen voor verschillende waarden van daglichtfactor  $D_i$ . Voor tussenliggende daglichtfactoren moet lineair geïnterpoleerd worden tussen de tabelwaarden.

#### 14.6.5 Daglichttoetredingsfactor voor daklichten van daglichtsector $i$

Voor onbeschaduwde daklichten kan de daglichttoetredingsfactor  $F_{D,S,i}$  voor daglichtsector  $i$  worden bepaald met behulp van tabel 14.8, waarbij de daglichtfactor  $D_{SNA,i}$  van daglichtsector  $i$  als gevolg van het daklicht wordt berekend door:

$$D_{SNA,i} = 0,54 \cdot \tau_{D65;SNA,i} \cdot \frac{\sum A_{Ca;i}}{A_{D,i}} \cdot \eta_{R,i} \quad (14.41)$$

waarin:

- $D_{SNA;i}$  is de daglichtfactor als gevolg van het daklicht zonder zonwering of lichtwering van daglichtsector  $i$ , in %;
- $\tau_{D65;SNA;i}$  is de doorlatingsfactor van de beglazing in het daklicht van daglichtsector  $i$  wanneer de zonwering of lichtwering niet is geactiveerd, waarvoor de waarde 0,6 wordt aangehouden;
- $A_{Ca;i}$  is de oppervlakte van de dakopening van de beschouwde daglichtsector  $i$  in  $m^2$ ;
- $A_{D;i}$  is de oppervlakte van daglichtsector  $i$  van de gekozen projectie, in  $m^2$ , bepaald volgens 14.6.2;
- $\eta_{R;i}$  is de daklicht-utilantie van daglichtsector  $i$ , bepaald volgens tabel 14.9, als functie van de ruimte-index  $k$ , waarbij de ruimte-index wordt bepaald door:

$$k_i = \frac{L_{R;i} \times w_{R;i}}{h_{m;i} (L_{R;i} + w_{R;i})} \quad (14.42)$$

waarin:

- $L_{R;i}$  is de lengte van de ruimte van daglichtsector  $i$ , in m;
- $w_{R;i}$  is de breedte van de ruimte van daglichtsector  $i$ , in m;
- $h_{m;i}$  is de hoogte van de armaturen boven 0,75 m (het werkvlak) in de ruimte van daglichtsector  $i$ , in m.

OPMERKING Het woord 'doorlatingsfactor' is de vertaling van het Engelse woord 'transmittance'. De doorlatingsfactor,  $\tau_{D65}$ , wordt gedefinieerd in NEN-ISO 9050.

**Tabel 14.8 — Daglichttoetredingsfactor  $F_{D,S;i}$  voor daklichten, afhankelijk van daglichtfactor van  $D_{SNA;i}$  daglichtsector  $i$**

$D_{SNA;i}$	Geen		Laag		Medium		Sterk	
	$0 \% \leq D_{SNA;i} < 2 \ %$	$2 \% \leq D_{SNA;i} < 4 \ %$	$4 \% \leq D_{SNA;i} < 7 \ %$	$7 \% \leq D_{SNA;i}$				
$F_{D,S;i}$	0	0,68	0,85	0,92				

**Tabel 14.9 — Daklicht utilantie  $\eta_{R;i}$  als functie van ruimte-index  $k_i$  van daglichtsector  $i$**

$k_i$	0,6	0,8	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
$\eta_{R;i}$	0,4	0,54	0,6	0,69	0,75	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00

De rekenwaarde van de daglichtfactor als gevolg van het daklicht,  $D_{SNA;i}$ , wordt bepaald voor de situatie zonder zonwering of lichtwering. De rekenwaarde is echter eveneens geldig voor daklichten met zonwering of lichtwering.

**OPMERKING** Voor beschaduwde daklichten is geen rekenmethode gegeven.

#### 14.6.6 Forfaitaire methode daglichtafhankelijkheidsfactor ( $F_D$ )

Als alternatief voor de methode beschreven in 14.6.1 voor de bepaling van de daglichtafhankelijkheidsfactor  $F_{D,i}$  per verlichtingszone kan deze ook als volgt worden bepaald.

Bepaal bij toepassing van het werkelijk geïnstalleerde vermogen voor verlichting, de daglichtafhankelijkheidsfactor van een verlichtingszone als volgt:

$$F_D = \sum_i (F_{D;dayl;i} \times f_{dayl;F}) + F_{D;art} \times [(1 - f_{dayl;F})] \quad (14.43)$$

waarin:

- $F_D$  is de dimensiooze daglichtafhankelijkheidsfactor van de verlichtingszone;
- $F_{D;dayl;i}$  is de dimensiooze daglichtafhankelijkheidsfactor van daglichtsector  $i$  in de verlichtingszone, waarvoor de waarde 0,37 wordt aangehouden indien een daglichtregeling aanwezig is in de verlichtingszone en de waarde 1 indien geen daglichtregeling aanwezig is in de verlichtingszone;
- $F_{D;art}$  is de dimensiooze daglichtafhankelijkheidsfactor van de kunstlichtsector in de verlichtingszone, waarvoor de waarde 1,0 wordt aangehouden;
- $f_{dayl;F}$  is de dimensiooze forfaitaire factor die bepaalt in welk deel van de gebruiksoppervlakte voldoende daglicht binnenkomt, bepaald volgens:

$$f_{dayl;F} = A_{D,F} / \sum A_{g,j} \quad (14.44)$$

en waarin:

- $\sum A_{g,j}$  is de som van de gebruiksoppervlakten  $A_{g,j}$  van alle rekenzones  $j$  op het perceel, in  $m^2$ ;
- $A_{g,j}$  is de gebruiksoppervlakte van rekenzone  $j$ , waarbij  $A_{g,j}$  per rekenzone wordt bepaald volgens 6.6.3, in  $m^2$ ;
- $A_{D,F}$  is de forfaitaire rekenwaarde van het deel van de gebruiksoppervlakte waar voldoende daglicht binnenkomt, bepaald volgens:  $A_{D,F} = 1,8 \times \sum A_{Wj,k}$

waarin:

- $A_{D,F}$  is de forfaitaire rekenwaarde van het deel van de gebruiksoppervlakte waar voldoende daglicht binnenkomt, in  $m^2$ ;
- $\sum A_{Wj,k}$  is de som van de oppervlakten van alle transparante delen  $k$  van de gebouwschil van alle rekenzones  $j$  op het perceel, in  $m^2$ ;
- $A_{Wj,k}$  is de oppervlakte van transparant deel  $wj,k$ , waarbij  $A_{Wj,k}$  per rekenzone  $j$  en per element  $k$  wordt bepaald voor de warmteoverdracht door transmissie volgens K.2, in  $m^2$ .

Indien  $f_{\text{dayl};F} > 1$ , moet voor  $f_{\text{dayl};F}$  de waarde 1 gehanteerd worden.

OPMERKING  $f_{\text{dayl};F}$  is een waarde die geldt voor het gehele gebouw. Deze waarde wordt in iedere verlichtingszone toegepast.

## 15 Gebouwautomatisering

### 15.1 Algemeen

Gebouwautomatisering is een overkoepelend begrip. Het kan betrekking hebben op verschillende systemen, zoals een gebouwbeheersysteem in de vorm van een SCADA-systeem (supervisory control and data acquisition-systeem), of op een eenvoudig meet- en regelsysteem met sensoren, actoren en een verbindend regelsysteem.

### 15.2 Gebouwbeheersystemen

Veel gebouwen worden voorzien van een gebouwbeheersysteem (GBS). Deze systemen kunnen een bijdrage leveren aan de energieprestatie van een gebouw. Dit is echter afhankelijk van de wijze van opvolging van de gebouwdata die met een GBS zijn verzameld. Daarbij is er in de regel sprake van menselijke tussenkomst. Dat maakt de mate waarin er daadwerkelijk sprake zal zijn van een (positieve) invloed op de energieprestatie van een gebouw, onzeker en voor een groot deel afhankelijk van niet-gebouwgebonden aspecten van beheer en exploitatie van het gebouw. Dergelijke zaken blijven bij het bepalen van de energieprestatie buiten beschouwing. Gebouwautomatisering die is gerealiseerd met behulp van een gebouwbeheersysteem, kan alleen in aanmerking komen voor waardering in het kader van de energieprestatie als er sprake is van autonoom en automatisch ingrijpen. De marktpenetratie van systemen die autonoom en automatisch ingrijpen in het gebouw, is op moment van uitkomen van deze NTA te laag om er waarden voor te kunnen opnemen.

De verwachting is echter dat deze technieken zich snel blijven ontwikkelen en een volwaardige plaats in de energieprestatieberekening kunnen krijgen. Daarom is het hoofdstuknummer gereserveerd als aansluiting voor de toekomst.

## 16 Gebouwgebonden productie van elektriciteit

### 16.1 Principe

De gebouwgebonden productie van elektriciteit omvat de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit in een zonnestroomssysteem, micro-WKK-installatie, warmtekrachtinstallatie of windenergiesysteem.

Bepaal de maandelijks op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit ( $E_{\text{pr};\text{el}}$ ), in kWh, volgens:

$$E_{\text{pr};\text{el}} = \sum_{gi} E_{\text{el};gi;\text{out};mi} \quad (16.0)$$

waarin:

$E_{\text{el};gi;\text{out};mi}$  is de maandelijkse op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit, in kWh, afkomstig van voorziening  $gi$ , waarbij  $gi = \text{PV}$  (16.2), PVT (16.3), chp (16.4) of wind (16.5).

### 16.2 Bijdrage van zonnestroomsystemen (PV)

#### 16.2.1 Principe

De eventuele bijdrage van een gebouwgebonden zonnestroomssysteem (PV) aan de elektriciteitsvoorziening wordt bepaald door de hoeveelheid opvallende zonnestraling te vermenigvuldigen met het omzettingsrendement. De bepalingsmethode is gebaseerd op de Europese norm NEN-EN 15316-4-6. In NEN-EN 15316-4-6 is in 6.2.2.4 aangegeven dat het effect van beschaduwing door het eigen gebouw (zoals schoorstenen en ventilatie-units) in rekening moet worden gebracht. De Europese norm geeft hier echter geen rekenregels voor. In de voorloper van NTA 8800 (NEN 7120) waren hier wel rekenregels voor opgenomen. Deze rekenregels zijn overgenomen in deze NTA.

De omrekening naar jaarlijkse opbrengsten en primaire energie staat in hoofdstuk 5.

#### 16.2.2 Geleverde energie door het zonnestroomssysteem

Bepaal de maandelijkse bijdrage van alle gebouwgebonden zonnestroomsystemen (PV) volgens:

$$E_{\text{el};\text{PV};\text{out};mi} = \sum_i E_{\text{el};\text{PV};\text{out};i,mi} \quad (16.1)$$

waarin:

$E_{\text{el};\text{PV};\text{out};i,mi}$  is de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit van alle gebouwgebonden PV-systemen  $i$ , in kWh per maand.

De maandelijkse op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit van zonnestroomssysteem  $i$  is:

$$E_{\text{el};\text{PV};\text{out};i,mi} = \frac{E_{\text{sol},mi} \cdot P_{\text{pk};i} \cdot f_{\text{perf};i} \cdot c_{\text{sh},\text{PV};i,mi} \cdot f_{\text{prac};\text{PV};i}}{I_{\text{ref}}} \quad (16.2)$$

waarin:

- $E_{el;PV;out;i,mi}$  is de maandelijkse bijdrage van het zonnestroomsysteem  $i$ , in kWh;
- $E_{sol,mi}$  is de opvallende zonnestraling in maand  $mi$ , bepaald volgens 16.2.2.1, in kWh/m<sup>2</sup>;
- $P_{pk,i}$  is de som van de watt-piekvermogens van de zonnestroompanelen van het desbetreffende zonnestroomsysteem  $i$ , bepaald volgens 16.2.2.2, in kW;
- $f_{perf,i}$  is de dimensioze opbrengstfactor van het desbetreffende zonnestroomsysteem  $i$ , bepaald volgens 16.2.2.3;
- $c_{sh,PV;mi,i}$  is de dimensioze correctiefactor voor de invloed van beschaduwing van het desbetreffende zonnestroomsysteem  $i$ , bepaald volgens 16.2.2.4;
- $f_{prac,PV,i}$  is de dimensioze praktijkprestatiefactor PV van het desbetreffende zonnestroomsysteem  $i$ , bepaald volgens 16.2.2.5;
- $I_{ref}$  is de referentiezoninstraling, gelijk aan 1 kW/m<sup>2</sup>.

Op of aan een gebouw kunnen meerdere zonnestroomsystemen aanwezig zijn. Als alle zonnestroomsystemen dezelfde hellingshoek en oriëntatie hebben, dan mogen deze samengenomen worden tot één groot zonnestroomsysteem. Indien er sprake is van verschillende oriëntaties en/of hellingshoeken, dan moet het systeem opgesplitst worden in meerdere systemen.

Indien een energieprestatieberekening uitgevoerd wordt voor slechts een gedeelte van een gebouw (bijvoorbeeld een woning in een woongebouw) en het gebouw heeft een collectief zonnestroomsysteem, dan moet het totale watt-piekvermogen ( $P_{pk,i}$ ) van het zonnestroomsysteem op basis van de verhouding  $A_{g,tot}/A_{g,gebouw;PV}$  verdeeld worden. Hierbij is  $A_{g,tot}$  het gebruiksoppervlak van het gebouw(deel) waarover de energieprestatie bepaald wordt. En  $A_{g,gebouw;PV}$  is het gebruiksoppervlak van het gebouw als geheel zoals gedefinieerd in 6.6.7.

**OPMERKING 1** Deze waarden van  $E_{el;PV;out,m}$  zijn inputdata voor berekeningen volgens hoofdstuk 5.

Voor duurzame energie die geproduceerd wordt op het perceel, wordt geen rekening gehouden met de energie-input.

$$E_{PV;gen;in,mi} = 0$$

**OPMERKING 2** NEN-EN ISO 52000-1 specificeert dat voor een actief zonnestroomsysteem de incidentele zonnestraling op de zonnestroompanelen geen deel uitmaakt van de energiebalans. Alleen de energie geleverd door de generator wordt opgenomen in de energiebalans.

### 16.2.2.1 Maandelijkse opvallende zonnestraling

De maandelijkse zonnestraling die op de zonnestroompanelen valt, is:

$$E_{sol;mi} = \frac{I_{sol;mi} \cdot t_{mi} \cdot F_{sh;obst;mi}}{1000} \quad (16.3)$$

waarin:

- $E_{sol,mi}$  is de maandelijks hoeveelheid op de zonnestroompanelen van systeem  $i$  vallende zonnestraling, in kWh/m<sup>2</sup>;

- $I_{sol;mi}$  is de opvallende zonnestraling in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in  $\text{W}/\text{m}^2$ ;
- $t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;
- $F_{sh;obst;mi}$  is de dimensiooze beschaduwingsreductiefactor van het desbetreffende zonnestroomsysteem in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.3.

OPMERKING 1 De factor 1 000 is nodig voor het omrekenen van W naar kW.

OPMERKING 2 Tabel 17.2 geeft de totale zonnestraling ( $I_{sol,mi}$ ) voor verschillende oriëntaties ( $\gamma$ ) en hellingshoeken ( $\beta$ ). Voor tussenliggende oriëntaties wordt de waarde behorend bij de dichtstbijzijnde oriëntatie genomen. In het geval dat de oriëntatie precies midden tussen twee aangegeven oriëntaties is, wordt de hoogste, naastliggende waarde genomen. Voor tussenliggende hellingshoeken wordt lineair geïnterpoleerd tussen de tabelwaarden.

### 16.2.2.2 Watt-piekvermogen

Het watt-piekvermogen  $P_{pk;i}$  wordt onder standaardtestcondities vastgesteld (testreferentiewaarden van zonneceltemperatuur  $\vartheta = 25^\circ\text{C}$ , zoninstraling in het vlak  $I_{ref} = 1 \text{ kW}/\text{m}^2$ , luchtmassa-zonreferentiespectrum AM = 1,5).

Het watt-piekvermogen  $P_{pk;i}$  van systeem  $i$  kan berekend worden volgens:

$$P_{pk;i} = \frac{K_{pk;i} \cdot A_{PV;i}}{1000} \quad (16.4a)$$

of

$$P_{pk;i} = \frac{P_{pk;\text{paneel};i} \cdot n_{PV;i}}{1000} \quad (16.4b)$$

waarin:

- $P_{pk;i}$  is de som van de watt-piekvermogens van de zonnestroompanelen van het desbetreffende zonnestroomsysteem  $i$ , in kW;
- $K_{pk;i}$  is het op 2 decimalen nauwkeurig bepaalde piekvermogen van de zonnestroompanelen per  $\text{m}^2$  zonnestroompaneel in  $\text{W}/\text{m}^2$ ;
- $A_{PV;i}$  is de op 2 decimalen nauwkeurig bepaalde oppervlakte van de desbetreffende zonnestroompanelen, exclusief draagconstructie, in  $\text{m}^2$ .
- $P_{pk;\text{paneel};i}$  is het piekvermogen van een zonnestroompaneel of dunne-filmrol in W;
- $n_{PV;i}$  is het aantal PV-panelen of het aantal dunne-filmrollen.

OPMERKING De factor 1 000 is nodig voor het omrekenen van W naar kW.

Voor PV-panelen moet het piekvermogen ( $P_{pk;paneel;i}$ ) worden bepaald volgens NEN-EN-IEC 61215-1. Voor dunne-film-zonnecellen moet het piekvermogen ( $P_{pk;paneel;i}$ ) worden bepaald volgens NEN-EN-IEC 61215-1-2. Het aldus bepaalde piekvermogen moet naar beneden afgerond worden op een veelvoud van 5 W per paneel of dunne-filmrol. Op basis van dit afgeronde piekvermogen kan vervolgens het piekvermogen per m<sup>2</sup> zonnestroompaneel ( $K_{pk;i}$ ) bepaald worden. Op de kwaliteitsverklaring wordt naast het piekvermogen, ook de oppervlakte van het zonnestroompaneel (op twee decimalen nauwkeurig) en het daaruit afgeleide piekvermogen per m<sup>2</sup> (op twee decimalen nauwkeurig) weergegeven.

Indien er geen meetgegevens volgens bovenstaande NEN-EN-IEC normen beschikbaar zijn, mag het piekvermogen per m<sup>2</sup> ( $K_{pk;i}$ ) ook ontleend worden aan tabel 16.1.

**Tabel 16.1 — Piekvermogen ( $K_{pk}$ ) per m<sup>2</sup> als functie van zonnestroompanneleigenschappen**

Type PV-module	$K_{pk}$ W/m <sup>2</sup>
<b>PV-panelen:</b>	
Monokristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst voor 2001	125
Monokristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst in 2001 t/m 2010	135
Monokristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst in 2011 t/m 2014	150
Monokristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst in 2015 t/m 2017	165
Monokristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst vanaf 2018	175
Multikristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst voor 2001	115
Multikristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst in 2001 t/m 2010	125
Multikristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst in 2011 t/m 2014	140
Multikristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst in 2015 t/m 2017	155
Multikristallijn <sup>a</sup> silicium geplaatst vanaf 2018	165
<b>Dunne-film-zonnecellen:</b>	
Amorf silicium zonnecel met enkelvoudige junctie	65
Multi-junctie op amorf silicium gebaseerde zonnecellen	55
Koper-indium/gallium-diselenide	105
Cadmiumtelluride	95

a Met een minimale pakkingsdichtheid van 80 %.

### 16.2.2.3 Opbrengstfactor van het PV-systeem

De opbrengstfactor  $f_{perf}$  houdt rekening met optredende verliezen als gevolg van:

- conversieverliezen voor de omzetting van gelijkstroom naar wisselstroom;
- de werkelijke operationele temperatuur waaronder de PV-panelen worden gebruikt;

- de mate van bouwintegratie (en ventilatie) van de PV-panelen;
- vervuiling van het PV-systeem.

**Tabel 16.2 — Opbrengstfactor van het zonnestroomssysteem**

<b>Wijze van bouwintegratie en ventilatie van de zonnestroompanelen</b>	$f_{perf}$ -
Niet geventileerd (direct, zonder luchtpouw, op dak of gevel gemonteerd)	0,76
Matig geventileerd (op of in dak of gevel gemonteerd, met een luchtpouw)	0,80
Sterk geventileerd (vrijstaand op een open draagconstructie gemonteerd) of mechanisch geventileerde modules	0,82

Indien de wijze van bouwintegratie en ventilatie niet vastgesteld kan worden, dan moet uitgegaan worden van de optie 'niet geventileerd'.

#### 16.2.2.4 Correctiefactor voor beschaduwing

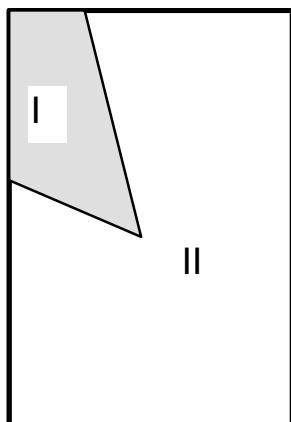
De correctiefactor voor beschaduwing  $c_{sh;PV;i;mi}$  wordt bepaald volgens tabel 16.3. De waarde van  $c_{sh;PV;i;mi}$  is afhankelijk van de maandelijkse beschaduwingsreductiefactor  $F_{sh;obst;mi}$ .

**Tabel 16.3 — Correctiefactor voor de invloed van beschaduwing  $c_{s;PV;i;mi}$** 

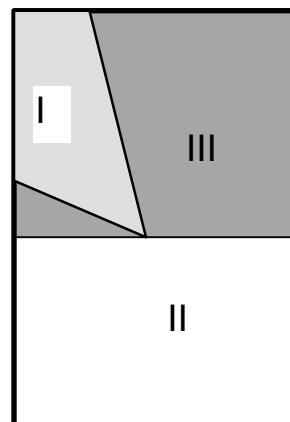
<b>Beschaduwingsreductiefactor <math>F_{sh;obst;mi}</math></b>	<b>Correctiefactor <math>c_{sh;PV;i;mi}</math></b>
1,00	1,00
0,95	0,95
0,90	0,89
0,85	0,82
$\leq 0,80$	0,75
waarin:	
$c_{sh;PV;i;mi}$	is de correctiefactor voor de invloed van beschaduwing van de desbetreffende zonnepanelen;
$F_{sh;obst;mi}$	is de maandelijkse beschaduwingsreductiefactor van de desbetreffende zonnepanelen, bepaald volgens 17.3.

Voor tussenliggende waarden van  $F_{sh;obst;mi}$  moet  $c_{sh;PV;i;mi}$  lineair geïnterpoleerd worden.

**OPMERKING** Anders dan bij een zonneboiler is deze correctiefactor voor de beschaduwing bij zonnestroompanelen nodig, omdat bij beschaduwing van een deel van een reeks zonnecellen die in serie zijn geschakeld, de opbrengst van de hele reeks negatief wordt beïnvloed; zie figuur 16.1.



a) Zonnecollector, bovenaanzicht



b) PV-paneel, bovenaanzicht

#### Legenda

I	beschaduwde gedeelte	I	beschaduwde gedeelte
II	onbeschaduwde gedeelte	II+III	onbeschaduwde gedeelte
I/(I+II)	fractie van de directe straling van de zon die niet meetelt voor de opvallende zonnestraling	III	gedeelte van de PV-cellens waarvan de opbrengst door beschaduwing van een ander deel van dezelfde string wegvalt
		(I+III)/(I+II+III)	fractie van de directe straling van de zon die niet meetelt voor de opvallende zonnestraling

Figuur 16.1 — Illustratie van de beschaduwingscorrectie bij zonnestroompanelen

#### 16.2.2.5 Praktijkprestatiefactor voor PV

De praktijkprestatiefactor voor PV,  $f_{\text{prac},\text{PV},i}$ , is:

$$f_{\text{prac},\text{PV},i} = 0,95$$

**OPMERKING** De opbrengst van zonnestroomsysteem loopt geleidelijk terug als gevolg van veroudering. Om voor dit effect te corrigeren is de praktijkprestatiefactor PV geïntroduceerd. Deze correctiefactor is gebaseerd op de aannname dat de veroudering gemiddeld 0,5 % per jaar is, uitgaande van een levensduur van het systeem van 20 jaar. De veroudering is gemiddeld over deze periode bepaald (5 % rendementsverlies gemiddeld).

Indien een afwijkende waarde voor de praktijkprestatiefactor wordt overlegd, moet bij de bepaling daarvan rekening gehouden worden met een levensduur van ten minste 20 jaar.

De praktijkprestatiefactor moet gemiddeld over deze periode bepaald worden.

#### 16.2.3 Thermische output van het zonnestroompaneel

Er wordt geen rekening gehouden met thermische output.

$$Q_{\text{PV};\text{gen};\text{out};mi} = 0 \quad (16.5)$$

### 16.2.4 Afgenomen hulpenergie

Hulpenergie die door het zonnestroomsysteem gebruikt wordt, moet verwerkt zijn in de netto-opbrengst van het systeem (de totale stroomproductie min de afgenoemde hulpenergie binnen de subsysteemgrenzen). Er wordt dus geen separate hulpenergie in rekening gebracht in de energierestatierekening.

$$E_{\text{PV;aux}} = W_{\text{PV;gen;aux;mi}} = 0 \quad (16.6)$$

### 16.2.5 Thermisch systeemverlies

Er wordt geen rekening gehouden met thermische systeemverliezen.

$$Q_{\text{PV;gen;ls;mi}} = 0 \quad (16.7)$$

### 16.2.6 Terugwinbaar thermisch systeemverlies

Er zijn geen terugwinbare systeemverliezen voor de ruimteverwarmingsbehoefte.

$$Q_{\text{PV;gen;ls;rbl;mi}} = 0 \quad (16.8)$$

## 16.3 Bijdrage van PVT-systemen

### 16.3.1 Principe

De eventuele bijdrage van een gebouwgebonden PVT-systeem aan de elektriciteitsvoorziening wordt bepaald door de hoeveelheid opvallende zonnestraling te vermenigvuldigen met het omzettingsrendement en te corrigeren voor de eventuele aanwezigheid van een glasplaat op het PVT-paneel. De bepalingsmethode is gebaseerd op de voorloper van NTA 8800 (NEN 7120), omdat de Europese set EPB-normen (nog) geen bepalingsmethode voor PVT-systemen kent.

De thermische opbrengst van PVT-systemen wordt berekend in 13.7.2.

De omrekening naar jaarlijkse opbrengsten en primaire energie staat in hoofdstuk 5.

### 16.3.2 Geleverde energie door het zonnestroomsysteem

PVT-systemen combineren de opvang en omzetting van zonne-energie in zowel elektriciteit als warmte.

Om de elektrische maandopbrengst van een PVT-systeem te kunnen bepalen, moet eerst de maandelijkse opbrengst voor een overeenkomstig zonnestroomsysteem zonder thermische collector worden berekend naar analogie van de berekening in 16.2.2. Vervolgens wordt het resultaat hiervan vermenigvuldigd met de van toepassing zijnde PVT-reductiefactor  $f_{\text{PVT;PV};i}$  in tabel 16.4.

In formulevorm:

$$E_{\text{el;PVT;out;mi}} = \sum_i E_{\text{el;PVT;out;};i;mi} \quad (16.9)$$

waarin:

$E_{\text{el;PVT;out};i;mi}$  is de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit van alle gebouwgebonden PVT-systemen  $i$ , in kWh per maand.

De maandelijkse op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit van PVT-systeem  $i$  is:

$$E_{\text{el;PVT;out};i;mi} = \frac{E_{\text{sol};mi} \cdot P_{\text{pk};i} \cdot f_{\text{perf};i} \cdot c_{\text{sh,PV};i;mi} \cdot f_{\text{prac};PV;i} \cdot f_{\text{PVT};PV;i}}{I_{\text{ref}}} \quad (16.10)$$

waarin:

$E_{\text{el;PVT;out};i;mi}$  is de maandelijkse bijdrage van het PVT-systeem  $i$ , in kWh;

$E_{\text{sol};mi}$  is de opvallende zonnestraling in maand  $mi$ , bepaald volgens 16.2.2.1, in kWh/m<sup>2</sup>;

$P_{\text{pk};i}$  is de som van de watt-piekvermogens van de zonnestroompanelen van het desbetreffende PVT-systeem  $i$ , bepaald volgens 16.2.2.2, in kW;

$f_{\text{perf};i}$  is de dimensiooze opbrengstfactor van het desbetreffende PVT-systeem  $i$ , bepaald volgens 16.2.2.3;

$c_{\text{sh,PV};i;mi}$  is de dimensiooze correctiefactor voor de invloed van beschaduwing van het desbetreffende zonnestroomsysteem  $i$ , bepaald volgens 16.2.2.4;

$f_{\text{prac},PV;i}$  is de dimensiooze praktijkprestatiefactor PV van het desbetreffende PVT-systeem  $i$ , bepaald volgens 16.2.2.5;

$f_{\text{PVT};PV;i}$  is de dimensiooze PVT-reductiefactor voor PVT-systeem, volgens tabel 16.4;

$I_{\text{ref}}$  is de referentiezoninstraling, gelijk aan 1 kWh/m<sup>2</sup>.

**Tabel 16.4 — PVT-reductiefactor voor PVT-systeem**

<b>Met enkel glas afgedekte systemen</b>	
$(A_{\text{sol;mod}} \cdot N_{\text{col}}) / V_{\text{sto;tot}}$	$f_{\text{PVT};PV;i}$
< 0,015 m <sup>2</sup> /dm <sup>3</sup>	0,88
0,015-0,03 m <sup>2</sup> /dm <sup>3</sup>	0,84
> 0,03 m <sup>2</sup> /dm <sup>3</sup>	0,80
<b>Onafgedekte systemen</b>	
$(A_{\text{sol;mod}} * N_{\text{col}}) / V_{\text{sto;tot}}$	$f_{\text{PVT};PV;i}$
Alle waarden	1,00

waarin:

$A_{\text{sol;mod}}$  is de referentieoppervlakte per collectormodule van het PVT-systeem, in m<sup>2</sup>;

$N_{\text{col}}$  is het aantal geïnstalleerde collectormodules;

$V_{\text{sto;tot}}$  is het totale volume van het opslagvat van het PVT-systeem, in dm<sup>3</sup>;

$f_{\text{PVT};PV;i}$  is de PVT-reductiefactor voor elektrische jaaropbrengst.

## 16.4 Bijdrage van (micro)warmtekracht

### 16.4.1 Principe

Voor gebouwgebonden WKK is elektriciteit een bijproduct bij warmtelevering. In de hier toegepaste methode wordt de energie die nodig is om warmte en elektriciteit te leveren, volledig toegeschreven aan de warmtelevering. Doorgaans is dat meer energie dan in een systeem dat alleen warmte levert. Daar staat tegenover dat de productie van elektriciteit als aftrekpost wordt gewaardeerd in de berekening van de totale energieprestatie van een gebouw.

De elektriciteitsproductie wordt hieronder per toestel bepaald voor WKK, met  $gi = chp$ , voor alle systemen  $si$  voor verwarming en alle systemen  $si$  voor warm tapwater. Vervolgens wordt de totale maandelijkse bijdrage van alle gebouwgebonden warmtekrachtinstallaties voor verwarming en warm tapwater bepaald.

Hierbij wordt alleen de elektriciteit verrekend die wordt opgewekt bij een warmtevraagvolgende bedrijfsvoering van de WKK.

**OPMERKING 1** Het is een beleidsmatige keuze dat binnen NTA 8800 een WKK altijd op basis van een warmtevraagvolgende bedrijfsvoering beschouwd wordt.

In hoofdstuk 9 (verwarming) en hoofdstuk 13 (tapwater) zijn twee methoden opgenomen voor het bepalen van het energieverbruik voor verwarming en tapwater voor een gebouwgebonden WKK. Methode 1 is een methode op basis van forfaitaire rendementen voor met gas gestookte WKK's waarbij er geen meetgegevens conform NEN-EN 50465 bekend zijn. Methode 2 is een gedetailleerde methode op basis van meetgegevens conform NEN-EN 50465 voor toestellen met een thermisch vermogen van maximaal 70 kW, waarmee de prestaties van een WKK in rekening gebracht kunnen worden.

De wijze waarop de elektriciteitsproductie van een WKK berekend moet worden, is afhankelijk van de gekozen bepalingsmethode bij verwarming en tapwater. Indien gekozen is voor methode 1, dan moet de elektriciteitsproductie volgens de rekenregels in 16.4.2 bepaald worden. Bij een keuze voor methode 2 moeten de rekenregels uit 16.4.3 gevuld worden.

**OPMERKING 2** De rekenregels voor de bepaling van de opbrengst van een WKK op basis van methode 1 zijn ontleend aan NEN 7120. De rekenregels van methode 2 zijn afkomstig uit NEN-EN 15316-4-4 (formule 4).

### 16.4.2 Rekenregels methode 1: forfaitaire bepalingsmethode opbrengst WKK

Bepaal de maandelijkse bijdrage van alle gebouwgebonden warmtekrachtinstallaties voor verwarming en warm tapwater in kWh volgens:

$$E_{el;chp;out;mi} = \sum_{si\_H} (E_{el;chp;out;H;mi;si}) + \sum_{si\_W} (E_{el;chp;out;W;mi;si}) \quad (16.11)$$

Bepaal de maandelijkse bijdrage van WKK voor ieder systeem  $si$  voor verwarming in kWh:

$$E_{el;chp;out;H;mi} = Q_{H;gen;gi;mi;out} \times \frac{\epsilon_{chp;el;si}}{\epsilon_{chp;th;si}} \quad (16.12)$$

waarin:

$E_{el;chp;out;mi}$  is de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit van alle gebouwgebonden warmtekrachtinstallaties voor verwarming en warm tapwater, in kWh;

$E_{el;chp;out;H;mi;si}$  is de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit afkomstig van opwekker  $gi = chp$ , voor ieder systeem  $si$  voor verwarming, in kWh;

$E_{el;chp;out;W;mi;si}$  is de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit afkomstig van opwekker  $gi = chp$ , voor ieder systeem  $si$  voor warm tapwater, volgens formule (16.13), in kWh;

$Q_{H;gen;gi;mi;out}$  is de hoeveelheid thermische energie geleverd door de warmtekrachtinstallatie  $gi = chp$ , voor de energiefunctie verwarming, in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 9.2.2.1.3;

$\varepsilon_{chp;el;si}$  is het dimensiooze jaargemiddelde elektrisch omzettingsgetal van de desbetreffende warmtekrachtinstallatie  $gi = chp$ , voor ieder systeem  $si$  voor verwarming, op bovenwaarde, bepaald volgens 9.6.6.1;

$\varepsilon_{chp;th;si}$  is het dimensiooze jaargemiddelde thermisch omzettingsgetal van de desbetreffende warmtekrachtinstallatie  $gi = chp$ , voor ieder systeem  $si$  voor verwarming, op bovenwaarde, bepaald volgens 9.6.6.1.

Bepaal de maandelijkse bijdrage van WKK voor ieder systeem  $si$  voor warm tapwater, in kWh:

$$E_{el;chp;out;W;mi;si} = Q_{W;gen;gi;mi;out} \times \frac{\varepsilon_{chp;el;si}}{\varepsilon_{chp;th;si}} \quad (16.13)$$

waarin:

$E_{el;chp;out;W;mi;si}$  is de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit afkomstig van opwekker  $gi = chp$ , voor ieder systeem  $si$  voor warm tapwater, in kWh;

$Q_{W;gen;gi;mi;out}$  is de hoeveelheid thermische energie geleverd door de warmtekrachtinstallatie  $gi = chp$ , voor de energiefunctie tapwater, in maand  $mi$ , in kWh, bepaald volgens 13.8.2;

$\varepsilon_{chp;el;si}$  is het dimensiooze jaargemiddelde elektrisch omzettingsgetal van de desbetreffende warmtekrachtinstallatie  $gi = chp$ , voor ieder systeem  $si$  voor tapwater, op bovenwaarde, bepaald volgens 9.6.6.1;

$\varepsilon_{chp;th;si}$  is het dimensiooze jaargemiddelde thermisch omzettingsgetal van de desbetreffende warmtekrachtinstallatie  $gi = chp$ , voor ieder systeem  $si$  voor tapwater, op bovenwaarde, bepaald volgens 9.6.6.1.

#### 16.4.3 Rekenregels methode 2: bepalingsmethode opbrengst WKK tot 70 kW<sub>th</sub> op basis van meetgegevens NEN-EN 50465

Bepaal de maandelijkse bijdrage van alle gebouwgebonden warmtekrachtinstallaties voor verwarming en warm tapwater in kWh volgens:

$$E_{\text{el;chp;out};mi} = \sum_{gi\_H} (E_{\text{el;chp;out};H;gi;mi}) + \sum_{gi\_W} (E_{\text{el;chp;out};W;gi;mi}) \quad (16.14)$$

Bepaal de maandelijkse bijdrage van WKK voor iedere opwekker  $gi$  voor verwarming in kWh:

$$E_{\text{el;chp;out};H;gi;mi} = P_{\text{el;chp;out};H;gi} \times t_{H;\text{op};gi;mi} \quad (16.15)$$

waarin:

$E_{\text{el;chp;out};H;mi;gi}$  is de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit afkomstig van opwekker  $gi$  = chp voor verwarming, in kWh;

$P_{\text{el;chp;out};H;gi}$  is het geleverde elektrisch vermogen door de gebouwgebonden warmtekrachtinstallatie  $gi$  voor verwarming, bepaald volgens 9.6.6.2, in kW;

$t_{H;\text{op};gi;mi}$  is de totale bedrijfstijd van de opwekker  $gi$  = chp voor verwarming in maand  $mi$  volgens tabel 9.15 in 9.4.2.

Bepaal de maandelijkse bijdrage van WKK voor iedere opwekker  $gi$  voor tapwater in kWh:

$$E_{\text{el;chp;out};W;gi;mi} = P_{\text{el;chp;out};W;gi} \times t_{W;\text{op};gi;mi} \quad (16.16)$$

waarin:

$E_{\text{el;chp;out};W;gi;mi}$  is de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit afkomstig van opwekker  $gi$  = chp voor tapwater, in kWh;

$P_{\text{el;chp;out};W}$  is het geleverde elektrisch vermogen door de gebouwgebonden warmtekrachtinstallatie  $gi$  voor tapwater, bepaald volgens 13.8.4.8.2, in kW;

$t_{W;\text{op};gi;mi}$  is de totale bedrijfstijd van de opwekker  $gi$  = chp voor tapwater in maand  $mi$  volgens 13.8.4.8.2.

## 16.5 Bijdrage van windenergie

### 16.5.1 Principe

De eventuele bijdrage van een gebouwgebonden windenergiesystemen aan de elektriciteitsvoorziening kan nog niet met deze NTA bepaald worden.

In formulevorm:

$$E_{\text{el;wind;out};mi} = \sum_i E_{\text{el;wind;out};i;mi} = 0 \quad (16.17)$$

waarin:

$E_{\text{el;wind;out};i;mi}$  is de op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit van alle gebouwgebonden windenergiesysteem  $i$ , in kWh per maand.

**OPMERKING** De Europese norm NEN-EN 15316-4-10 biedt wel rekenregels voor de berekening van de opbrengst van gebouwgebonden windenergiesystemen. Deze Europese norm is echter nog niet geïntegreerd in NTA 8800. In NEN-EN 15316-4-10 wordt de term  $Q_{f,\text{prd},WPS;i}$  gebruikt (in plaats van  $E_{\text{el;wind;out};i;mi}$ ). Dit is de maandelijks geproduceerde elektriciteit van windenergiesysteem  $WPS;i$  in kWh per maand.

## 17 Klimaatgegevens

### 17.1 Principe

De klimaatgegevens zijn afkomstig van NEN 5060. Deze norm geeft de uurlijkse waarden voor een referentieklimaat, op basis van NEN-EN-ISO 15927-4. Deze waarden zijn gebaseerd op recente jaareeksen (zie 17.2).

De opvallende zonnestraling wordt gegeven als maandwaarde, als functie van oriëntatie en helling van het zonontvangende vlak, zoals daglichtopening, passief zonne-energiesysteem, zonnecollector of zonnestroompaneel.

De beschaduwingsreductiefactor wordt, ter voorkoming van een grote bewerkelijkheid, niet per maand bepaald, maar als gewogen gemiddelde over het hele jaar (zie 17.3).

### 17.2 Getalswaarden

Bepaal de lengte van de maand,  $t_{mi}$ , de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur,  $\vartheta_{e;avg;mi}$ , de gemiddelde windsnelheid,  $u_{site;mi}$  volgens tabel 17.1. Bepaal de maandgemiddelde totale opvallende zonnestraling,  $I_{sol;mi}$ , volgens tabel 17.2. Bepaal de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur voor zomernachtventilatie ( $\vartheta_{e,argII,mi}$ ) op vergelijkbare wijze als de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur ( $\vartheta_{e;avg;mi}$ ) wordt bepaald in NEN 5060 met dien verstande dat uitsluitend wordt gemiddeld over perioden tussen 22.00 uur en 06.00 uur waarbij  $13^{\circ}\text{C} < \vartheta_e < 24^{\circ}\text{C}$ .

**OPMERKING 1** De getalswaarden voor de lengte van iedere maand,  $t_{mi}$ , de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur,  $\vartheta_{e;avg;mi}$ , en de gemiddelde windsnelheid,  $u_{site;mi}$ , gegeven in tabel 17.1 zijn overgenomen uit NEN 5060, evenals de getalswaarden voor de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur voor zomernachtventilatie,  $\vartheta_{e,argII,mi}$ .

**OPMERKING 2** Er is een klein verschil tussen NEN 5060 en deze norm: De windsnelheid  $u_{site;mi}$  wijkt af van de rekenkundige maandgemiddelde windsnelheid  $u_{10}$  volgens NEN 5060, vanwege de invloed die windsnelheid heeft op de luchtvolumestroom in een gebouw. Deze invloed wordt niet verwerkt in de winddrukcoëfficiënten in deze NTA, zodat deze coëfficiënten aan blijven sluiten bij de waarden volgens NEN-EN 16798-7. Voor de berekening van de luchtvolumestroom in het luchtstroommodel in 11.2 is de maandgemiddelde windsnelheid ( $u_{site;mi}$ ) aangepast. Er wordt geen rekening gehouden met uitschieters in de windsnelheid volgens NEN 5060: de waarde  $u_{site;mi}$  is bepaald door het rekenkundige gemiddelde waarbij slechts de uurlijkse windsnelheden meegewogen zijn die niet meer afwijken dan één keer de standaarddeviatie ten opzichte van de (maandgemiddelde) rekenkundige gemiddelde windsnelheid volgens NEN 5060.

**Tabel 17.1 — Lengte van de maand,  $t_{mi}$ , maandgemiddelde buitenluchttemperatuur,  $\vartheta_{e;avg;mi}$ , maandgemiddelde buitenluchttemperatuur voor zomernachtventilatie,  $\vartheta_{e,argII,mi}$ , maandgemiddelde windsnelheid,  $u_{site;mi}$ , en de maandgemiddelde temperatuur van de toevoerlucht vóór de WTW gedurende de periode dat er sprake is van koudeterugwinning via de WTW,  $\vartheta_{ODA;preh;WTWC;zi;mi}$**

<b>Maand</b>	<b><math>t_{mi}</math> h</b>	<b><math>\vartheta_{e;avg;mi}</math> °C</b>	<b><math>\vartheta_{e,argII,mi}</math> °C</b>	<b><math>u_{site;mi}</math> m/s</b>	<b><math>\vartheta_{ODA;preh;WTWC;zi;mi}</math> °C</b>
Januari	744	2,61	-	3,04	0,00
Februari	672	4,82	13,97	4,15	0,00
Maart	744	5,91	13,00	2,99	0,00
April	720	9,32	13,70	3,06	0,00
Mei	744	14,73	14,56	2,97	25,63
Juni	720	16,12	15,62	2,78	27,49
Juli	744	18,05	16,17	2,63	26,34
Augustus	744	18,48	16,90	2,51	27,29
September	720	15,63	15,11	2,71	25,30
Oktober	744	10,40	15,04	2,78	0,00
November	720	7,99	13,43	2,83	0,00
December	744	4,00	-	2,83	0,00

De totale lengte van het jaar,  $t_{an}$ , bedraagt 8760 h.

**OPMERKING 3** De getalswaarden voor de maandgemiddelde totale opvallende zonnestraling,  $I_{sol;mi}$ , gegeven in tabel 17.2 zijn overgenomen uit NEN 5060.

**Tabel 17.2 — Maandgemiddelde totale opvallende zonnestraling,  $I_{sol,mi}$ , gemiddeld over alle uren; grondreflectiecoëfficiënt  $\rho = 0,2$**

$\beta$	0°	30°								
$\gamma$	-	180° Z	225° ZW	270° W	315° NW	360° N	45° NO	90° O	135° ZO	
Maand	$I_{sol,mi}$ W/m <sup>2</sup>									
Januari	28,0	50,5	44,4	29,0	16,2	14,9	15,8	26,9	42,2	
Februari	49,3	69,1	61,2	46,2	32,9	27,2	34,5	49,4	63,7	
Maart	96,6	122,5	109,3	87,7	66,7	56,4	72,8	97,6	117,7	
April	160,5	189,5	174,5	146,5	115,6	104,6	125,1	158,9	184,1	
Mei	197,0	211,1	201,5	179,9	155,8	148,5	160,6	186,3	206,3	
Juni	209,3	211,2	210,7	199,4	180,6	171,0	173,0	189,7	204,4	
Juli	191,0	196,1	193,2	180,2	162,1	153,0	156,9	175,0	190,0	
Augustus	177,2	197,9	198,3	178,4	147,6	125,8	127,5	152,8	179,3	
September	123,9	154,0	146,2	121,1	91,6	73,7	86,5	113,7	140,1	
Oktober	73,2	102,4	91,5	68,8	47,3	36,3	48,9	71,6	93,6	
November	34,3	54,8	47,7	32,9	20,5	18,6	20,9	33,8	48,6	
December	21,0	38,3	32,6	20,6	12,5	12,2	12,5	21,2	33,1	
$\beta$		45°								
$\gamma$		180° Z	225° ZW	270° W	315° NW	360° N	45° NO	90° O	135° ZO	
Maand	$I_{sol,mi}$ W/m <sup>2</sup>									
Januari		57,9	49,4	28,7	14,9	14,3	14,5	26,2	46,3	
Februari		74,1	63,2	44,0	29,2	25,9	30,4	47,9	66,5	
Maart		126,6	109,1	82,0	56,6	44,3	63,1	94,2	120,2	
April		189,7	171,0	136,7	96,5	70,0	107,1	152,2	183,5	
Mei		202,7	191,1	164,4	128,7	113,6	134,5	172,0	197,3	

Juni		197,3	199,3	186,2	156,3	139,6	145,9	173,3	190,7	
Juli		185,0	182,5	166,8	139,0	123,5	132,7	160,4	179,1	
Augustus		193,5	194,9	169,8	127,2	91,5	102,9	137,9	171,0	
September		157,6	147,0	115,3	78,0	52,9	72,2	106,2	139,2	
Oktober		109,4	94,2	64,8	40,2	33,5	41,4	68,4	97,2	
November		61,0	51,1	31,3	18,5	17,8	18,8	32,4	52,2	
December		44,1	36,1	19,9	11,7	11,7	11,7	20,5	36,7	

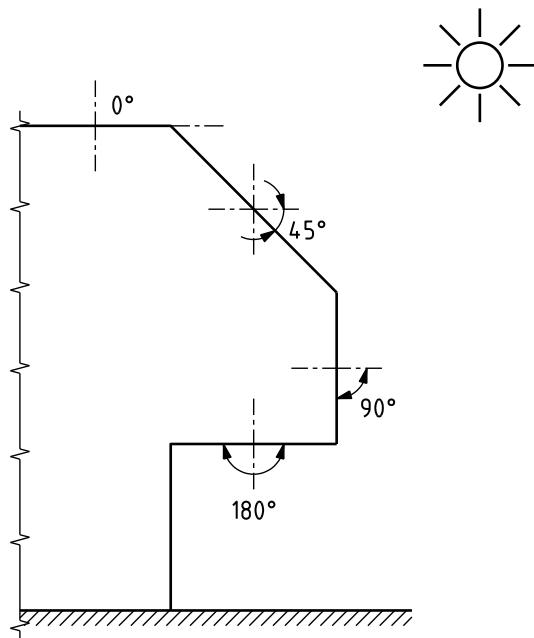
$\beta$		$60^\circ$									
$\gamma$		$180^\circ$ Z	$225^\circ$ ZW	$270^\circ$ W	$315^\circ$ NW	$360^\circ$ N	$45^\circ$ NO	$90^\circ$ O	$135^\circ$ ZO		
Maand		$I_{sol;mi}$ $\text{W/m}^2$									
Januari		62,2	51,8	27,8	13,8	13,4	13,5	24,7	48,1		
Februari		75,4	62,1	41,1	26,4	24,1	27,3	45,4	66,3		
Maart		124,3	103,9	74,8	49,6	41,5	56,3	88,5	116,9		
April		180,2	160,4	125,1	83,1	57,8	93,9	142,0	174,2		
Mei		184,5	173,4	146,3	107,5	78,5	113,2	154,7	179,9		
Juni		175,1	180,9	169,1	134,1	102,9	123,3	154,5	170,7		
Juli		165,9	165,4	150,6	119,2	90,4	112,3	143,2	161,8		
Augustus		179,7	182,9	156,9	110,2	68,0	85,8	122,0	156,4		
September		153,3	141,5	107,2	68,6	48,6	62,3	97,2	132,6		
Oktober		110,7	92,6	59,9	35,9	31,5	36,6	63,5	96,0		
November		63,9	51,8	28,9	17,0	16,6	17,3	30,4	53,2		
December		47,4	37,6	19,0	10,9	10,9	10,9	19,6	38,4		

$\beta$		$90^\circ$									
$\gamma$		180° Z	225° ZW	270° W	315° NW	360° N	45° NO	90° O	135° ZO		
Maand		$I_{sol;mi}$ W/m <sup>2</sup>									
Januari		60,1	48,1	23,4	11,4	11,1	11,1	20,2	43,9		
Februari		66,7	52,2	32,8	20,9	19,5	21,5	36,5	56,8		
Maart		101,8	82,1	57,3	38,5	34,8	44,2	70,7	95,4		
April		135,1	121,9	96,2	64,1	49,4	72,9	112,2	135,8		
Mei		124,9	122,1	107,3	78,9	61,9	82,9	114,6	128,4		
Juni		112,7	127,8	125,7	97,8	73,0	92,0	114,8	118,0		
Juli		109,7	117,1	112,7	88,5	66,7	81,2	104,9	113,2		
Augustus		128,5	137,1	120,0	83,1	55,9	63,9	89,0	112,4		
September		122,3	112,2	83,9	53,6	41,4	47,9	73,7	103,6		
Oktober		96,2	76,3	46,7	28,7	26,4	29,1	49,8	80,3		
November		59,5	45,6	22,7	13,8	13,6	14,0	23,9	47,1		
December		46,2	34,9	15,2	8,9	8,9	8,9	15,9	35,8		

$\beta$		$135^\circ$									$180^\circ$
$\gamma$		180° Z	225° ZW	270° W	315° NW	360° N	45° NO	90° O	135° ZO	-	
Maand		$I_{sol;mi}$ W/m <sup>2</sup>									
Januari		33,4	25,1	12,7	7,6	7,5	7,5	10,6	22,2	5,6	
Februari		31,5	24,2	17,3	13,2	12,9	13,5	18,6	26,7	9,8	
Maart		37,3	35,1	29,9	25,2	24,5	27,6	36,7	42,0	19,3	
April		39,0	50,7	49,9	41,8	38,3	45,5	57,1	56,3	32,1	
Mei		45,5	50,4	55,2	50,7	46,7	51,9	57,8	51,9	39,3	
Juni		48,3	52,3	62,4	57,8	50,6	55,4	59,9	51,7	41,8	

Juli		44,9	49,7	57,7	53,5	46,5	48,9	53,0	48,0	38,2
Augustus		41,6	54,3	59,6	50,2	42,1	42,9	47,7	47,5	35,3
September		40,2	47,5	43,2	33,8	30,4	31,4	37,9	43,2	24,7
Oktober		41,6	33,2	24,7	19,3	18,6	19,4	25,4	35,2	14,6
November		30,9	21,7	12,0	9,2	9,1	9,3	12,7	22,7	6,9
December		26,3	18,3	8,1	5,8	5,8	5,8	8,4	19,0	4,2

Tabel 17.2 geeft de totale opvallende zonnestraling voor verschillende oriëntaties ( $\gamma$ ) en hellingshoeken ( $\beta$ ). Voor tussenliggende oriëntaties moet de waarde behorend bij de dichtstbijzijnde oriëntatie worden genomen. Indien de oriëntatie precies tussen twee aangegeven oriëntaties ligt, moet de hoogste, naastliggende waarde worden genomen. Voor tussenliggende hellingshoeken moet lineair geïnterpolateerd worden tussen de tabelwaarden.



Figuur 17.1 — Hellingshoek ( $\beta$ ) als bedoeld in tabel 17.2

### 17.3 Beschaduwingsreductiefactoren

#### 17.3.1 Principe

De beschaduwingsreductiefactor wordt per maand bepaald. De warmtebehoefte, de koudebehoefte en de zonnecollectoren voor tapwaterverwarming en zonnestroompanelen kunnen verschillende waarden opleveren.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen obstakels gezien vanaf de grond, die 'belemmeringen' worden genoemd, en obstakels gezien vanuit de hemel, die algemeen als 'overstekken' worden aangeduid.

Eerstgenoemde obstakels belemmeren de zonnestraling bij een zonnestand onder een bepaalde hoogte (gebouw, heuvel, enz.). Overstekken vormen een belemmering bij zonnestand boven een bepaalde hoogte (overstek, uitstekende dakrand). De beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) wordt bepaald aan de hand van de relatieve hoogte of relatieve breedte van obstakels aan en/of buiten het gebouw die zich in het zichtveld van het zonontvangende vlak bevinden.

In 17.3.2 wordt de oplossing gegeven voor enkele eenvoudige situaties, waarbij de beschaduwingsreductiefactor rechtstreeks uit een tabel kan worden afgelezen. Voor minder eenvoudige situaties wordt in 17.3.2 verwezen naar een algemene methode.

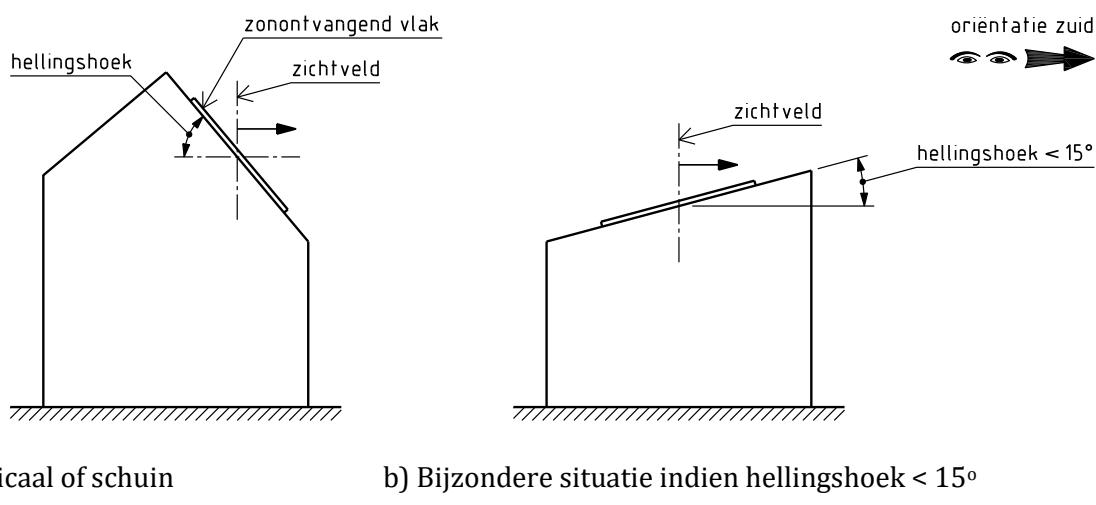
Hieronder worden de basisbegrippen zichtveld, belemmering, zijbelemmering, overstek, relatieve hoogte en relatieve breedte gedefinieerd:

**Zichtveld:** beschouw een verticaal vlak door het midden van het desbetreffende zonontvangende vlak met dezelfde oriëntatie als de desbetreffende constructie. Het zichtveld is de naar buiten gekeerde halve ruimte.

Indien de desbetreffende constructie een helling heeft die kleiner is dan  $15^\circ$  ten opzichte van horizontaal, moet voor het zichtveld de oriëntatie zuid worden aangehouden.

**OPMERKING 1** Zie het voorbeeld in figuur 17.2.

**OPMERKING 2** De extra bepaling ten aanzien van (nagenoeg) horizontale constructies houdt verband met het feit dat bijv. een nagenoeg horizontale constructie op noordoriëntatie kan worden beschaduwd door obstakels 'achter' de constructie, gelegen in de zuidrichting.



a) Verticaal of schuin

b) Bijzondere situatie indien hellingshoek  $< 15^\circ$

**Figuur 17.2 — Het zichtveld van een zonontvangend vlak; zijaanzicht**

Alle belemmeringen en overstekken worden berekend ten opzichte van de buitenzijde van het glasoppervlak. Om extra rekenwerk te voorkomen mag gerekend worden vanaf de buitenzijde van de buitengevel, tenzij de beschaduwing veroorzaakt doordat de beglazing diep is gelegen in de gevel en de dikte van de gevel zelf daardoor voor de beschaduwing zorgt.

**OPMERKING 3** In de meeste gevallen mag er gerekend worden vanaf de buitenzijde van de gevel en mag de afstand tussen de buitenzijde van de gevel en de buitenzijde van de beglazing verwaarloosd worden. Als echter de beschaduwing wordt veroorzaakt doordat de beglazing diep in de gevel is gelegen, waardoor het midden van de beglazing wordt beschaduwd door de uitstekende gevel, moet wel gerekend worden vanaf de buitenzijde van de beglazing. Dit komt voor in twee situaties:

- 1) als de gevel ver uitsteekt voorbij de beglazing en het raam laag is, waardoor de uitstekende gevel ten opzichte van het midden van het raam een overstek vormt met een relatieve hoogte die kleiner is dan 1,0;
- 2) als de gevel ver uitsteekt voorbij de beglazing en het raam smal is, waardoor het kozijn ten opzichte van het midden van het raam aan beide zijden een zijbelemmering vormt met een relatieve breedte die kleiner is dan 3,73.

Als de beglazing diep verzonken ligt in het kozijn, maar het raam breder en hoger is dan hierboven beschreven, dan leidt het kozijn en de gevel niet tot beschaduwing. Bij alle andere overstekken en belemmeringen mag altijd gerekend worden vanaf de buitenzijde van de gevel, ook als de beglazing diep in de gevel gelegen is.

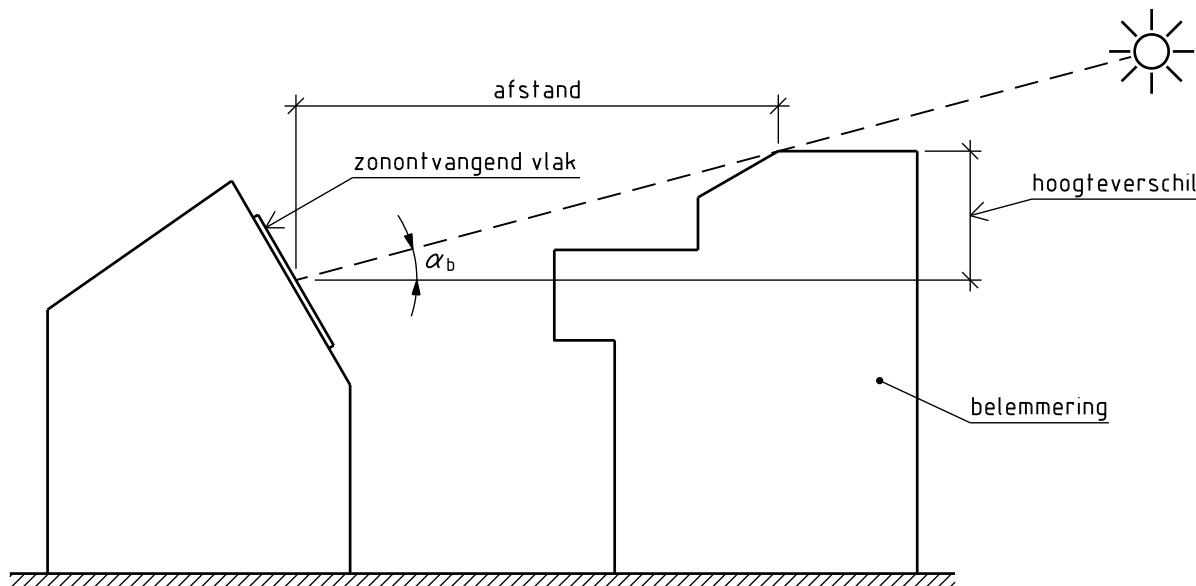
De basisregel is dat beide worden gemeten vanaf buitenzijde glasblad, echter voor de bepaling van de belemmeringshoek van het overstek mag gerekend worden vanaf de buitenzijde van de gevel.

**Belemmering:** alle obstakels gezien vanaf de grond worden voor de bepaling van het effect van beschaduwing als belemmering aangeduid. Zij belemmeren de zonnestraling bij een zonnestand onder een bepaalde hoogte (gebouw, heuvel, enz.).

**De relatieve hoogte  $h_b$  van een belemmering:** de relatieve hoogte  $h_b$  van een belemmering wordt bepaald als het hoogteverschil tussen het midden van het zonontvangende vlak en het bovenste punt van het obstakel, gezien en berekend vanuit het midden van het desbetreffende vlak, gedeeld door de onderlinge horizontale afstand.

**OPMERKING 4** De relatieve hoogte is een begrip dat is ingevoerd ter vervanging van het gangbare begrip 'belemmeringshoek'. Voor de relatieve hoogte hoeft geen goniometrische omrekening te worden gemaakt van hoogteverschil en afstand naar hoek. Ter informatie kan de bijbehorende belemmeringshoek tussen haakjes zijn vermeld.

**OPMERKING 5** Figuur 17.3 illustreert de relatieve hoogte  $h_b$  voor een belemmering.



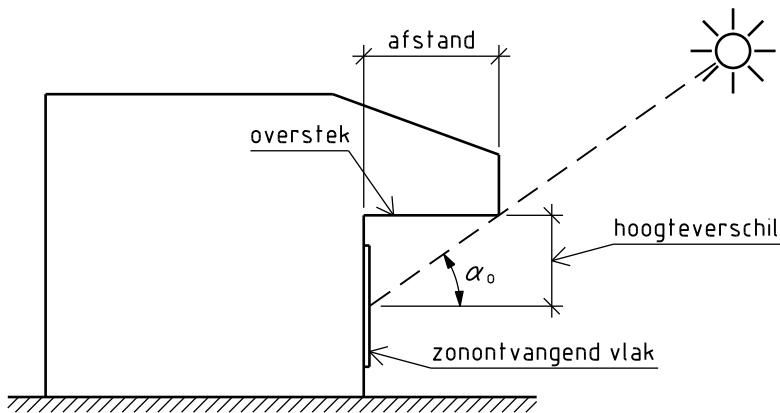
**Figuur 17.3 — Illustratie van de relatieve hoogte van belemmeringen**

**Overstek:** alle obstakels gezien vanuit de hemel worden voor de bepaling van het effect van beschaduwing als overstek aangeduid. Zij vormen een belemmering bij een zonnestand boven een bepaalde hoogte (overstek, uitstekende dakrand).

De relatieve hoogte  $h_o$  van een overstek: de relatieve hoogte  $h_o$  van een overstek wordt bepaald als het hoogteverschil tussen het midden van het zonontvangende vlak en het onderste punt van het obstakel, gezien en berekend vanuit het midden van het desbetreffende vlak, gedeeld door de onderlinge horizontale afstand.

**OPMERKING 6** De relatieve hoogte is een begrip dat is ingevoerd ter vervanging van de hoek waarover het overstek een belemmering vormt, zijnde de overstekhoek; voor de relatieve hoogte hoeft geen goniometrische omrekening te worden gemaakt van hoogteverschil en afstand naar hoek. Ter informatie kan de overstekhoek tussen haakjes worden vermeld; bedenk dat de overstekhoek de belemmering van obstakels boven deze hoek betreft.

**OPMERKING 7** Figuur 17.4 illustreert de relatieve hoogte  $h_o$  voor een overstek.

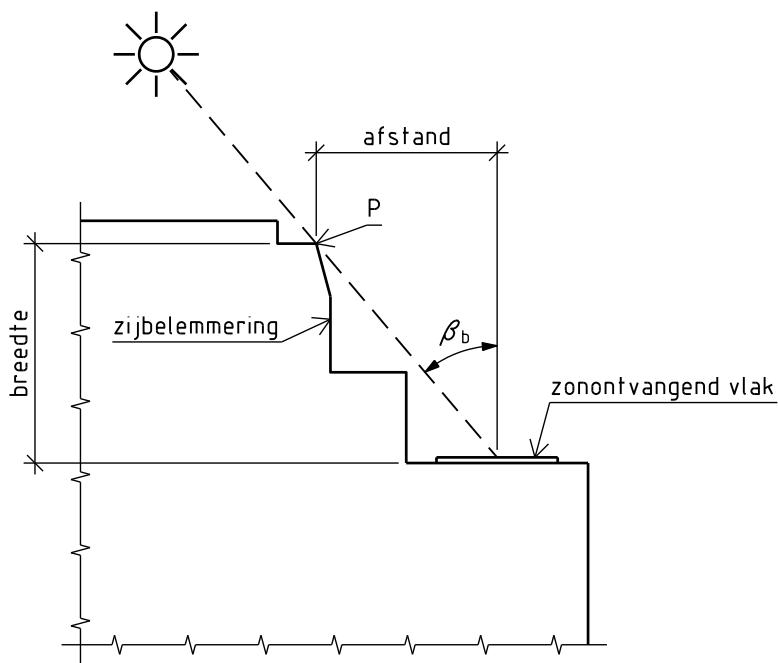


**Figuur 17.4 — Illustratie van de relatieve hoogte van overstekken**

Zijbelemmeringen: alle obstakels die zich in het zichtveld loodrecht of onder een hoek naast het zonontvangende vlak bevinden, worden voor de bepaling van het effect van beschaduwing als zijbelemmeringen aangeduid. Zij belemmeren de zonnestraling bij een zonnestand onder een bepaalde grens (zijvleugel, enz.).

De relatieve breedte  $b_b$  van een zijbelemmering: de relatieve breedte  $b_b$  van een zijbelemmering wordt als volgt bepaald: Bepaal, in het horizontale vlak, het verste punt P van de zijbelemmering, gezien vanuit het midden van het zonontvangende vlak. De afstand is de lengte van P tot het midden van het zonontvangende vlak, gemeten parallel aan het zonontvangende vlak. De breedte is de lengte van P tot het midden van het zonontvangende vlak, gemeten loodrecht op het zonontvangende vlak. De relatieve breedte  $b_b$  van een zijbelemmering is de afstand gedeeld door de breedte.

**OPMERKING 8** Figuur 17.5 illustreert de relatieve breedte  $b_b$ , met bijbehorende hoek  $\beta_b$ , voor een zijbelemmering.



**Figuur 17.5 — Illustratie van de relatieve breedte van zijbelemmeringen (bovenaanzicht)**

**OPMERKING 9** Obstakels buiten het eigen perceel en topografie (heuvels, bomen) worden niet meegerekend. Dit houdt verband met het 'gelijke monniken, gelijke kappen'-principe in het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving. De bepalingsmethode blijft overigens bruikbaar om desgewenst op informatieve gronden de invloed van werkelijke belemmeringen buiten de perceelgrens vast te stellen.

### 17.3.2 Situaties ten aanzien van beschaduwing

De beschaduwingsreductiefactor  $F_{sh;obst;mi}$  moet als volgt worden bepaald: Maak onderscheid tussen de situaties a) t/m f) in tabel 17.3 met betrekking tot het zichtveld van het beschouwde zonontvangende vlak. In afwijking van keuze a), b), c), d), e) of f) in tabel 17.3 mag de beschaduwing worden bepaald met de uitgebreide methode beschreven in 17.3.8.

**OPMERKING 1** Belemmeringen buiten het eigen perceel worden genegeerd, zie 17.3.1, opmerking 9.

#### a) Minimale belemmering:

- er zijn geen belemmeringen op het eigen perceel met een relatieve hoogte van meer dan  $h_b = 0,36$  m (belemmeringshoek  $\alpha_b = 20^\circ$ );
- er zijn geen zijbelemmeringen op het eigen perceel met een relatieve breedte van minder dan  $b_b = 3,73$  m;
- er zijn geen overstekken op het eigen perceel met een relatieve hoogte van minder dan  $h_o = 1,00$  m (belemmeringshoek  $\alpha_o = 45^\circ$ ).

Hieronder valt ook de situatie waarbij smalle belemmeringen, respectievelijk overstekken, voorkomen die niet aan deze voorwaarden voldoen. Als smal geldt: in totaal minder dan een vijfde van de breedte van het zichtveld.

**OPMERKING 2** Deze situatie levert gunstige resultaten voor verwarming, warm tapwater en zonnestroom en maakt een uitgebreide bepaling overbodig. Voor koeling levert deze situatie altijd conservatieve resultaten. Gebruik van de tabellen behorend bij deze situatie maakt een uitgebreide bepaling voor koeling altijd overbodig, ook indien niet aan de gestelde voorwaarden onder a) wordt voldaan.

Voor de berekening zie 17.3.3.

**b) Belemmering met constante hoogte evenwijdig aan het zonontvangende vlak:**

- het desbetreffende zonontvangende vlak is verticaal;
- er is een belemmering op het eigen perceel met een constante hoogte evenwijdig aan het zonontvangende vlak;
- er zijn geen zijbelemmeringen op het eigen perceel met een relatieve breedte van minder dan  $bb = 3,73$  m;
- er zijn geen overstekken op het eigen perceel met een relatieve hoogte van minder dan  $ho = 1,00$  m (belemmeringshoek  $\alpha_0 = 45^\circ$ ).

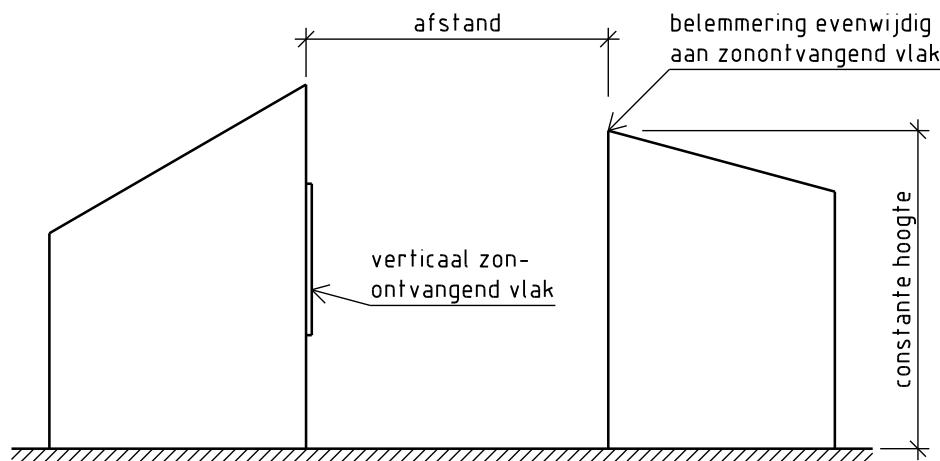
Hieronder valt ook de situatie waarbij smalle belemmeringen dan wel overstekken voorkomen die niet aan deze voorwaarden voldoen. Als smal geldt: in totaal minder dan een vijfde van de breedte van het zichtveld.

Deze situatie is niet van toepassing op koeling, warm tapwater en zonnestroom.

Voor de berekening zie 17.3.4.

**OPMERKING 3** Bijv. een (op het eigen perceel gelegen) bergruimte waarvan het dak of de nok evenwijdig loopt met de gevel. De bepaling volgens 17.3.4 mag ook worden toegepast bij een belemmering die zich niet tot in het oneindige naar beide zijden uitstrekkt. Dit geeft voor verwarming conservatieve uitkomsten en maakt een uitgebreide bepaling overbodig.

**OPMERKING 4** Zie figuur 17.6.



**Figuur 17.6 — Illustratie van belemmering met constante hoogte evenwijdig aan het zonontvangende vlak**

**c) Overstek evenwijdig aan het zonontvangende vlak:**

- het desbetreffende zonontvangende vlak is verticaal;
- indien het zonontvangende vlak bij een woonfunctie behoort, zijn er geen belemmeringen op het eigen perceel met een relatieve hoogte van meer dan  $h_b = 0,36$  m (belemmeringshoek  $\alpha_b = 20^\circ$ );
- indien het zonontvangende vlak bij een woonfunctie behoort, zijn er geen zijbelemmeringen op het eigen perceel met een relatieve breedte van minder dan  $b_b = 3,73$  m;
- er is een overstek op het eigen perceel met een constante hoogte en evenwijdig aan het zonontvangende vlak.

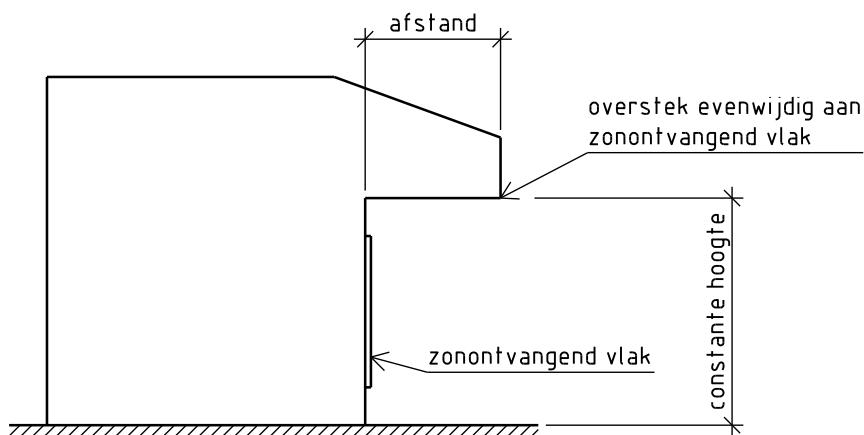
Hieronder valt ook de situatie waarbij smalle belemmeringen dan wel overstekken voorkomen die niet aan deze voorwaarden voldoen. Als smal geldt: in totaal minder dan een vijfde van de breedte van het zichtveld.

Deze situatie is niet van toepassing op warm tapwater en zonnestroom.

Voor de berekening zie 17.3.5.

**OPMERKING 5** Bijv. een raam in een gevel die wordt beschaduwed door een balkon of galerij waarvan het uiteinde evenwijdig loopt met de gevel. De bepaling volgens 17.3.5 mag ook worden toegepast bij een overstek dat zich niet tot in het oneindige naar beide zijden uitstrekkt. Dit geeft voor verwarming conservatieve uitkomsten en voor koeling optimistische uitkomsten en maakt een uitgebreide bepaling overbodig.

**OPMERKING 6** Zie figuur 17.7.



**Figuur 17.7 — Illustratie van overstek met constante hoogte evenwijdig aan het zonontvangende vlak**

**OPMERKING 7** Voor woonfuncties geldt dat de tabellen voor overstekken alleen mogen worden gebruikt indien er geen andere belemmeringen zijn (of indien deze voldoende klein zijn). Voor utiliteitsgebouwen geldt deze voorwaarde niet: de aanwezigheid van andere belemmeringen mag hier worden verwaarloosd om de bepalingsmethode simpel te houden. De hoeveelheid beschaduwing kan hiermee worden onderschat.

**d) Zijbelemmeringen loodrecht op het zonontvangende vlak:**

- in geval van verwarming of koeling is het desbetreffende zonontvangende vlak verticaal;

- in geval van koeling is (zijn) de zijbelemmering(en) op het laagste punt minimaal 2,5 m hoger dan de bovenkant van het zonontvangende vlak;
- er is (minimaal) een zijbelemmering op het eigen perceel met een relatieve breedte van minder dan  $b_b = 3,73$  m;
- er zijn geen belemmeringen op het eigen perceel met een relatieve hoogte van meer dan  $h_b = 0,36$  m (belemmeringshoek  $\alpha_b = 20^\circ$ );
- er zijn geen overstekken op het eigen perceel met een relatieve hoogte van minder dan  $h_o = 1,00$  m (belemmeringshoek  $\alpha_o = 45^\circ$ ).

Hieronder valt ook de situatie waarbij smalle belemmeringen dan wel overstekken voorkomen die niet aan deze voorwaarden voldoen. Als smal geldt: in totaal minder dan een vijfde van de breedte van het zichtveld.

Voor de berekening zie 17.3.6.

**OPMERKING 8** Bijv. een knik met de binnenhoek van het gebouw.

**OPMERKING 9** Zie figuur 17.3.

**OPMERKING 10** In geval van warm tapwater en zonnestroom mag het zonontvangende vlak onder een hoek staan.

**OPMERKING 11** In geval van koeling is de voorwaarde gesteld dat de zijbelemmering minimaal 2,5 m hoger is dan de bovenkant van het zonontvangende vlak om de zon die over de zijbelemmering heen schijnt te beperken. De 2,5 m komt neer op ongeveer de hoogte van een extra verdieping.

**OPMERKING 12** Er kan sprake zijn van een zijbelemmering aan één zijde, maar ook van zijbelemmeringen aan beide zijden van het zonontvangende vlak.

#### e) Volledige belemmering:

- er is een brede belemmering op het eigen perceel met een relatieve hoogte van meer dan  $h_b = 0,36$  m (belemmeringshoek  $\alpha_b = 20^\circ$ ) en,
- er is een breed overstek op het eigen perceel met een relatieve hoogte van minder dan  $h_o = 1,00$  m (belemmeringshoek  $\alpha_o = 45^\circ$ ).

Als breed geldt: in totaal meer dan vier vijfde van de breedte van het zichtveld.

Voor de berekening zie 17.3.7.

**OPMERKING 13** Voor deze keuze worden geen voorwaarden gesteld aan zijbelemmeringen. Om deze optie te kiezen mogen er zijbelemmeringen aanwezig zijn.

**OPMERKING 14** Deze keuze geeft voor verwarming, warm tapwater en zonnestroom conservatieve uitkomsten: voor verwarming, warm tapwater en zonnestroom wordt een uitgebreide bepaling overbodig door de tabellen behorend bij deze situatie te gebruiken, ook indien niet aan de gestelde voorwaarden onder e) wordt voldaan. Bij de bepaling volgens 17.3.7 (volledige belemmering) hoeven de obstakels voor verwarming, warm tapwater en zonnestroom niet te worden bepaald. Voor koeling geeft deze situatie juist gunstige uitkomsten. Daarom mag bepaling volgens 17.3.7 voor koeling uitsluitend worden gebruikt als voldaan wordt aan de onder e) gestelde voorwaarden. Overigens ontvangt een vlak ook bij volledige belemmering nog steeds een zekere mate van zonnestraling, zie opmerking 3 in 17.3.8.

**f) Overige belemmering:**

Er gelden geen voorwaarden voor het gebruik van deze optie voor de berekening voor verwarming, warm tapwater en zonnestroom.

Voor de berekening voor verwarming, warm tapwater en zonnestroom, zie 17.3.7.

Voor de berekening voor koeling geldt het volgende:

- Indien er meerdere belemmeringen aanwezig zijn én één daarvan is een overstek evenwijdig aan het zonontvangende vlak, zoals beschreven onder c), bepaal dan de beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst,mi}$ ) conform de beschrijving onder c). Daarbij gelden alle voorwaarden zoals beschreven onder c) met uitzondering van de voorwaarden beschreven bij het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> deelstreepje ('indien het zonontvangende vlak bij een woonfunctie behoort, zijn er geen belemmeringen op het eigen perceel met een relatieve hoogte van meer dan  $h_b = 0,36$  m (belemmeringshoek  $\alpha_b = 20^\circ$ ' en 'indien het zonontvangende vlak bij een woonfunctie behoort, zijn er geen zijbelemmeringen op het eigen perceel met een relatieve breedte van minder dan  $b_b = 3,73$  m'). Deze 2 voorwaarden komen te vervallen. Voor de berekening, zie 17.3.5. Als alternatief mag voor de berekening ook gebruik gemaakt worden van 17.3.3. Er gelden geen voorwaarden voor het gebruik van deze optie.
- Indien er meerdere belemmeringen aanwezig zijn, maar géén daarvan is een overstek evenwijdig aan het zonontvangende vlak, zoals beschreven onder c), zie voor de berekening 17.3.3. Voor deze toepassing gelden verder geen voorwaarden.

Voor alle overige situaties, zie 17.3.3 voor de berekening. Er gelden geen voorwaarden voor het gebruik van deze optie.

**OPMERKING 15** De keuze 'Overige belemmeringen' is toegevoegd om het gebruik van de software en het opnameprotocol eenvoudiger te maken. De keuze is conservatief in alle gevallen.

**OPMERKING 16** Tabel 17.3 geeft schematisch weer welke situaties kunnen worden toegepast onder bepaalde voorwaarden, die zijn genoemd onder a) t/m f), en welke situaties altijd kunnen worden toegepast. Voor elke toepassing (verwarming, koeling en warm tapwater en zonnestroom) geldt dat voor een van de situaties de tabelwaarde voor de beschaduwingsreductiefactor altijd conservatief is. Deze situatie mag daarom altijd worden toegepast. Overigens is deze situatie niet voor de drie toepassingen (verwarming, koeling en warm tapwater en zonnestroom) gelijk. Daarom is optie f) toegevoegd: deze verwijst voor iedere toepassing naar de conservatieve tabel.

**OPMERKING 17** Indien meer situaties tegelijk optreden, bijv. een zijbelemmering en een overstek, kan worden gerekend met de conservatieve situatie (in geval van  $x = H$  en  $x = P$  is dat situatie e)) en in geval van  $x = C$  is dat situatie a). Daar is één uitzondering op: voor de berekening voor koeling geldt voor een verticaal raam met meerdere belemmeringen dat het overstek maatgevend is. Daarom wordt in dat geval (uitsluitend voor koeling) gerekend met het overstek en komen de andere belemmeringen te vervallen. Die situatie is ook conservatief, echter minder conservatief dan wanneer alle belemmeringen zouden vervallen in de berekening voor koeling. Indien geen overstek aanwezig is bij de berekening voor koeling, wordt wel teruggevallen op het meest conservatieve alternatief, namelijk situatie a). Echter ook als wel een overstek aanwezig is, mag worden teruggevallen op de meest conservatieve situatie indien gewenst, namelijk situatie a). In plaats van een conservatieve methode uit tabel 17.3 te hanteren kan ook worden gekozen voor de uitgebreide methode uit 17.3.8.

**Tabel 17.3 — Schematische weergave van de geldigheid van toepassing voor situaties a) t/m e) voor verwarming ( $x = H$ ), koeling ( $x = C$ ) en warm tapwater en zonnestroom ( $x = P$ )**

	Situatie	$x = H$	$x = C$	$x = P$
a)	Minimale belemmering	Toepassing onder voorwaarden bij a)	Tabelwaarden conservatief: mogen voor iedere situatie worden gebruikt	Toepassing onder voorwaarden bij a)
b)	Belemmering met constante hoogte evenwijdig aan het zonontvangende vlak	Toepassing onder voorwaarden bij b)	Niet beschikbaar, gebruik tabel bij f)	Niet beschikbaar, gebruik tabel bij f)
c)	Overstek evenwijdig aan het zonontvangende vlak	Toepassing onder voorwaarden bij c)	Toepassing onder voorwaarden bij c)	Niet beschikbaar, gebruik tabel bij f)
d)	Zijbelemmeringen loodrecht op het zonontvangende vlak	Toepassing onder voorwaarden bij d)	Toepassing onder voorwaarden bij d)	Toepassing onder voorwaarden bij d)
e)	Volledige belemmering	Tabelwaarden conservatief: mogen voor iedere situatie worden gebruikt	Toepassing onder voorwaarden bij e)	Tabelwaarden conservatief: mogen voor iedere situatie worden gebruikt
f)	Overige belemmering (mag altijd gebruikt worden)	Gebruik tabel bij e)	Gebruik tabel bij c) bij meerdere belemmeringen waaronder een overstek. Gebruik tabel bij a) voor alle overige gevallen (waaronder meerdere belemmeringen zonder een overstek). NB: indien gewenst mag in alle situaties de tabel bij a) gebruikt worden.	Gebruik tabel bij e)

### 17.3.3 Minimale belemmering

De beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) bij minimale belemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder a), is in de volgende tabellen gegeven:

- a) voor verwarming ( $x = H$ ) in tabel 17.4;
- b) voor koeling ( $x = C$ ) in tabel 17.5;
- c) voor zonnecollectoren voor warm tapwater en zonnestroompanelen ( $x = P$ ) in tabel 17.6.

Voor tussenliggende waarden moet de dichtstbijzijnde waarde voor de helling/oriëntatie worden gehanteerd. Waar de afstand gelijk is, mag de hoogste naastliggende waarde worden gehanteerd.

OPMERKING Zie figuur 17.1 voor de verklaring van de hellingshoek.

**Tabel 17.4 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst,mi}$ ) bij minimale belemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder a), voor warmtebehoefteberekening**

Oriëntatie	Zuid												
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd				
		Helling t.o.v. horizontaal											
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Januari	0,23	0,24	0,26	0,29	0,34	0,42	1,00	0,23	0,23	0,26	0,35	0,82	1,00
Februari	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	1,00	0,91	0,91	0,91	0,92	0,99	1,00
Maart	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
April	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mei	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Juni	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Juli	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Augustus	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
September	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Oktober	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	1,00	0,96	0,96	0,96	0,97	0,99	1,00
November	0,61	0,62	0,64	0,66	0,69	0,73	1,00	0,61	0,61	0,62	0,67	0,95	1,00
December	0,19	0,21	0,23	0,27	0,32	0,42	1,00	0,19	0,20	0,22	0,31	0,75	1,00

Oriëntatie	Zuidwest													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,49	0,51	0,53	0,57	0,61	0,68	1,00	0,47	0,46	0,46	0,50	0,80	1,00	
Februari	0,83	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90	1,00	0,82	0,80	0,80	0,83	0,95	1,00	
Maart	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	1,00	0,92	0,91	0,91	0,93	0,98	1,00	
April	0,92	0,93	0,93	0,93	0,91	0,90	1,00	0,91	0,90	0,90	0,93	0,99	1,00	
Mei	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,90	1,00	0,99	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	
Juni	1,00	0,99	0,97	0,94	0,91	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Juli	1,00	0,99	0,96	0,93	0,90	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Augustus	0,99	0,98	0,98	0,96	0,95	0,92	1,00	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	
September	0,91	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90	1,00	0,90	0,89	0,89	0,91	0,99	1,00	
Oktober	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,91	1,00	0,87	0,85	0,85	0,87	0,96	1,00	
November	0,71	0,72	0,74	0,77	0,80	0,84	1,00	0,69	0,68	0,68	0,72	0,93	1,00	
December	0,58	0,60	0,62	0,65	0,69	0,74	1,00	0,57	0,56	0,57	0,59	0,85	1,00	

Oriëntatie	Zuidoost													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,48	0,50	0,53	0,56	0,60	0,66	1,00	0,47	0,46	0,47	0,54	0,87	1,00	
Februari	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90	1,00	0,80	0,79	0,78	0,80	0,94	1,00	
Maart	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	1,00	0,86	0,85	0,85	0,88	0,97	1,00	
April	0,95	0,95	0,94	0,93	0,91	0,88	1,00	0,95	0,94	0,94	0,96	1,00	1,00	
Mei	1,00	1,00	0,98	0,96	0,93	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Juni	1,00	1,00	0,98	0,96	0,92	0,88	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,99	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	
Augustus	0,98	0,98	0,96	0,94	0,92	0,88	1,00	0,97	0,97	0,97	0,99	1,00	1,00	
September	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,90	1,00	0,91	0,90	0,89	0,92	0,99	1,00	
Oktober	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	1,00	0,85	0,84	0,83	0,84	0,96	1,00	
November	0,70	0,72	0,74	0,76	0,79	0,83	1,00	0,69	0,67	0,67	0,69	0,91	1,00	
December	0,40	0,42	0,44	0,48	0,53	0,60	1,00	0,39	0,39	0,40	0,47	0,81	1,00	

Oriëntatie	West													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,85	0,86	0,86	0,86	0,84	0,81	1,00	0,83	0,82	0,82	0,84	0,91	1,00	
Februari	0,85	0,86	0,86	0,85	0,83	0,79	1,00	0,83	0,83	0,84	0,88	0,97	1,00	
Maart	0,89	0,89	0,88	0,86	0,82	0,77	1,00	0,87	0,87	0,88	0,91	0,97	1,00	
April	0,82	0,82	0,81	0,79	0,75	0,70	1,00	0,80	0,79	0,80	0,85	0,96	1,00	
Mei	0,88	0,87	0,84	0,80	0,75	0,69	1,00	0,87	0,86	0,87	0,91	0,98	1,00	
Juni	0,93	0,92	0,90	0,86	0,81	0,75	1,00	0,92	0,92	0,92	0,95	0,99	1,00	
Juli	0,92	0,91	0,89	0,85	0,79	0,73	1,00	0,91	0,91	0,91	0,94	0,99	1,00	
Augustus	0,89	0,88	0,86	0,83	0,79	0,74	1,00	0,88	0,87	0,88	0,91	0,98	1,00	
September	0,85	0,85	0,83	0,81	0,77	0,72	1,00	0,84	0,84	0,85	0,89	0,97	1,00	
Oktober	0,83	0,85	0,86	0,86	0,84	0,79	1,00	0,82	0,82	0,83	0,88	0,97	1,00	
November	0,90	0,92	0,93	0,92	0,90	0,86	1,00	0,89	0,89	0,89	0,92	0,98	1,00	
December	0,87	0,86	0,85	0,85	0,82	0,79	1,00	0,86	0,85	0,85	0,88	0,95	1,00	

Oriëntatie	Oost													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,92	0,93	0,93	0,92	0,90	0,86	1,00	0,91	0,90	0,90	0,92	0,96	1,00	
Februari	0,79	0,81	0,82	0,83	0,83	0,81	1,00	0,77	0,76	0,77	0,83	0,96	1,00	
Maart	0,82	0,84	0,84	0,83	0,81	0,78	1,00	0,81	0,80	0,81	0,87	0,96	1,00	
April	0,91	0,92	0,91	0,88	0,83	0,77	1,00	0,90	0,90	0,90	0,93	0,98	1,00	
Mei	0,95	0,96	0,93	0,89	0,83	0,76	1,00	0,94	0,94	0,95	0,96	0,99	1,00	
Juni	0,90	0,91	0,89	0,85	0,80	0,73	1,00	0,89	0,89	0,90	0,93	0,99	1,00	
Juli	0,93	0,94	0,92	0,89	0,84	0,79	1,00	0,92	0,92	0,92	0,95	0,99	1,00	
Augustus	0,94	0,95	0,93	0,88	0,82	0,75	1,00	0,94	0,94	0,94	0,96	0,99	1,00	
September	0,87	0,88	0,88	0,86	0,84	0,79	1,00	0,86	0,85	0,86	0,90	0,98	1,00	
Oktober	0,84	0,83	0,83	0,81	0,78	0,74	1,00	0,83	0,82	0,83	0,87	0,96	1,00	
November	0,92	0,90	0,88	0,86	0,83	0,79	1,00	0,91	0,90	0,90	0,91	0,96	1,00	
December	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,88	1,00	0,84	0,83	0,83	0,86	0,94	1,00	

Oriëntatie	Noordwest													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand		90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Januari	0,97	0,97	0,98	0,97	0,94	0,77	1,00	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	
Februari	0,97	0,97	0,96	0,93	0,87	0,74	1,00	0,97	0,97	0,97	0,98	0,99	1,00	
Maart	0,96	0,96	0,94	0,89	0,79	0,67	1,00	0,96	0,96	0,96	0,97	0,99	1,00	
April	0,87	0,87	0,85	0,79	0,69	0,58	1,00	0,87	0,87	0,88	0,92	0,98	1,00	
Mei	0,85	0,83	0,78	0,70	0,61	0,53	1,00	0,84	0,85	0,87	0,92	0,98	1,00	
Juni	0,91	0,88	0,83	0,75	0,66	0,59	1,00	0,90	0,90	0,92	0,94	0,98	1,00	
Juli	0,90	0,88	0,84	0,77	0,67	0,59	1,00	0,90	0,90	0,91	0,94	0,99	1,00	
Augustus	0,88	0,86	0,83	0,76	0,66	0,58	1,00	0,87	0,88	0,89	0,93	0,99	1,00	
September	0,96	0,96	0,93	0,87	0,76	0,63	1,00	0,96	0,96	0,96	0,97	0,99	1,00	
Oktober	0,97	0,98	0,96	0,92	0,82	0,66	1,00	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	
November	0,99	0,99	0,98	0,97	0,93	0,75	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Oriëntatie	Noordoost													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	1,00	0,99	0,99	0,99	0,95	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Februari	0,96	0,96	0,95	0,92	0,85	0,73	1,00	0,96	0,96	0,97	0,98	1,00	1,00	
Maart	0,97	0,96	0,93	0,88	0,78	0,66	1,00	0,97	0,97	0,97	0,98	0,99	1,00	
April	0,97	0,94	0,89	0,80	0,68	0,56	1,00	0,97	0,97	0,97	0,98	0,99	1,00	
Mei	0,93	0,90	0,84	0,74	0,63	0,53	1,00	0,94	0,94	0,95	0,97	1,00	1,00	
Juni	0,88	0,88	0,85	0,78	0,68	0,60	1,00	0,87	0,88	0,90	0,94	0,99	1,00	
Juli	0,91	0,91	0,87	0,81	0,72	0,64	1,00	0,91	0,91	0,92	0,95	0,99	1,00	
Augustus	0,98	0,95	0,89	0,80	0,67	0,55	1,00	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	
September	0,97	0,96	0,93	0,85	0,75	0,62	1,00	0,97	0,97	0,97	0,98	0,99	1,00	
Oktober	0,96	0,96	0,95	0,90	0,80	0,66	1,00	0,96	0,96	0,96	0,98	0,99	1,00	
November	0,98	0,97	0,96	0,95	0,90	0,73	1,00	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Oriëntatie	Noord													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Februari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Maart	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,61	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
April	0,99	0,98	0,96	0,84	0,57	0,44	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	
Mei	0,97	0,96	0,89	0,65	0,51	0,43	1,00	0,97	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	
Juni	0,97	0,96	0,86	0,68	0,58	0,51	1,00	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	
Juli	0,97	0,96	0,87	0,69	0,58	0,51	1,00	0,97	0,97	0,98	0,98	1,00	1,00	
Augustus	0,98	0,97	0,94	0,74	0,55	0,45	1,00	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	
September	1,00	1,00	0,99	0,96	0,72	0,53	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oktober	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,66	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
November	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

**Tabel 17.5 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst,mi}$ ) bij minimale belemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder a), voor koudebehoefteberekening**

Oriëntatie	Elke oriëntatie													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Elke maand	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

**Tabel 17.6 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) bij minimale belemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder a), voor zonnecollectoren voor warm tapwater en zonnestroompanelen**

Oriëntatie	Elke oriëntatie													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Elke maand	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

#### 17.3.4 Belemmering met constante hoogte evenwijdig aan verticaal zonontvangend vlak

De beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) bij belemmering met constante hoogte en evenwijdig aan een verticaal zonontvangend vlak, zoals omschreven in 17.3.2 onder b), is in de volgende tabellen gegeven, als functie van de relatieve hoogte gemeten loodrecht op het desbetreffende vlak,  $h_{b;\perp}$ .

- a) voor verwarming ( $x = H$ ) in tabel 17.7;
- b) voor koeling ( $x = C$ ): niet beschikbaar;

voor zonnecollectoren voor warm tapwater en zonnestroompanelen ( $x = P$ ): niet beschikbaar.

Voor tussenliggende waarden moet de dichtstbijzijnde waarde voor de oriëntatie worden gehanteerd. Waar de afstand gelijk is, mag de hoogste naastliggende waarde worden gehanteerd.

OPMERKING Zie figuur 17.1 voor de verklaring van de hellingshoek.

**Tabel 17.7 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) voor warmtebehoefteberekening, in geval van een belemmering met constante hoogte evenwijdig aan een verticaal zonontvangend vlak, zoals omschreven in 17.3.2 onder b)**

Oriëntatie	Zuid		
	Relatieve hoogte van belemmering loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, $h_{b;\perp}$		
Maand	$h_{b;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{b;\perp} < 1,0$	$h_{b;\perp} \geq 1,0$
Januari	0,19	0,19	0,19
Februari	0,60	0,30	0,30
Maart	0,95	0,43	0,35
April	1,00	0,76	0,36
Mei	1,00	1,00	0,46

Juni	1,00	1,00	0,56
Juli	1,00	1,00	0,56
Augustus	1,00	0,95	0,42
September	0,99	0,55	0,34
Oktober	0,82	0,30	0,28
November	0,24	0,24	0,24
December	0,19	0,19	0,19
<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuidwest</b>		
	<b>Relatieve hoogte van belemmering loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{b;\perp}</math></b>		
<b>Maand</b>	$h_{b;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{b;\perp} < 1,0$	$h_{b;\perp} \geq 1,0$
Januari	0,45	0,24	0,24
Februari	0,66	0,51	0,38
Maart	0,83	0,53	0,41
April	0,84	0,56	0,36
Mei	0,95	0,75	0,44
Juni	0,99	0,85	0,49
Juli	0,99	0,82	0,53
Augustus	0,91	0,67	0,40
September	0,84	0,54	0,39
Oktober	0,74	0,46	0,35
November	0,46	0,34	0,31
December	0,54	0,26	0,26
<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuidoost</b>		
	<b>Relatieve hoogte van belemmering loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, , <math>h_{b;\perp}</math></b>		
<b>Maand</b>	$h_{b;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq , h_{b;\perp} < 1,0$	$, h_{b;\perp} \geq 1,0$
Januari	0,44	0,25	0,25

Februari	0,59	0,44	0,35
Maart	0,79	0,48	0,38
April	0,89	0,58	0,39
Mei	0,99	0,82	0,47
Juni	0,99	0,88	0,53
Juli	0,99	0,83	0,51
Augustus	0,95	0,74	0,46
September	0,84	0,50	0,38
Oktober	0,70	0,50	0,33
November	0,56	0,38	0,30
December	0,38	0,25	0,25
<b>Oriëntatie</b>	<b>West</b>		
	<b>Relatieve hoogte van belemmering loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{b;\perp}</math></b>		
<b>Maand</b>	$h_{b;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{b;\perp} < 1,0$	$h_{b;\perp} \geq 1,0$
Januari	0,75	0,49	0,49
Februari	0,85	0,72	0,61
Maart	0,80	0,73	0,57
April	0,74	0,54	0,43
Mei	0,83	0,62	0,47
Juni	0,86	0,66	0,49
Juli	0,88	0,71	0,55
Augustus	0,80	0,58	0,46
September	0,77	0,66	0,53
Oktober	0,76	0,75	0,57
November	0,87	0,64	0,62
December	0,79	0,61	0,61

Oriëntatie	Oost		
	<b>Relatieve hoogte van belemmering loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{b;\perp}</math></b>		
Maand	$h_{b;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{b;\perp} < 1,0$	$h_{b;\perp} \geq 1,0$
Januari	0,80	0,55	0,55
Februari	0,79	0,68	0,54
Maart	0,75	0,70	0,53
April	0,82	0,66	0,50
Mei	0,89	0,71	0,54
Juni	0,89	0,71	0,53
Juli	0,87	0,69	0,54
Augustus	0,90	0,72	0,57
September	0,77	0,67	0,51
Oktober	0,75	0,71	0,52
November	0,89	0,60	0,58
December	0,71	0,55	0,55

Oriëntatie	Noordwest		
	<b>Relatieve hoogte van belemmering loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{b;\perp}</math></b>		
Maand	$h_{b;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{b;\perp} < 1,0$	$h_{b;\perp} \geq 1,0$
Januari	0,97	0,97	0,97
Februari	0,97	0,94	0,94
Maart	0,96	0,89	0,85
April	0,87	0,78	0,66
Mei	0,85	0,83	0,65
Juni	0,83	0,74	0,63
Juli	0,86	0,84	0,69
Augustus	0,88	0,85	0,66

September	0,95	0,86	0,80
Oktober	0,96	0,92	0,92
November	0,99	0,99	0,99
December	1,00	1,00	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noordoost</b>		
	<b>Relatieve hoogte van belemmering loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{b;\perp}</math></b>		
<b>Maand</b>	$h_{b;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{b;\perp} < 1,0$	$h_{b;\perp} \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00
Februari	0,94	0,91	0,91
Maart	0,93	0,85	0,82
April	0,97	0,88	0,75
Mei	0,89	0,88	0,74
Juni	0,87	0,79	0,66
Juli	0,85	0,84	0,69
Augustus	0,96	0,92	0,80
September	0,95	0,87	0,80
Oktober	0,95	0,90	0,90
November	0,98	0,98	0,98
December	1,00	1,00	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noord</b>		
	<b>Relatieve hoogte van belemmering loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{b;\perp}</math></b>		
<b>Maand</b>	$h_{b;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{b;\perp} < 1,0$	$h_{b;\perp} \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00
Februari	1,00	1,00	1,00
Maart	1,00	1,00	1,00
April	0,97	0,97	0,97

Mei	0,96	0,91	0,91
Juni	0,94	0,86	0,84
Juli	0,95	0,90	0,89
Augustus	0,98	0,96	0,96
September	1,00	1,00	1,00
Oktober	1,00	1,00	1,00
November	1,00	1,00	1,00
December	1,00	1,00	1,00
waarin:			
$h_{b;\perp}$ is de relatieve hoogte van de belemmering loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak.			

### 17.3.5 Overstek evenwijdig aan verticaal zonontvangend vlak

De beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) bij overstek met constante hoogte en evenwijdig aan een verticaal zonontvangend vlak, zoals omschreven in 17.3.2 onder c), is in de volgende tabellen gegeven, als functie van de relatieve hoogte gemeten loodrecht op het desbetreffende vlak,  $h_{o;\perp}$ :

- a) voor verwarming ( $x = H$ ) in tabel 17.8;
- b) voor koeling ( $x = C$ ) in tabel 17.9;
- c) voor zonnecollectoren voor warm tapwater en zonnestroompanelen ( $x = P$ ): niet beschikbaar.

Voor tussenliggende waarden moet de dichtstbijzijnde waarde voor de oriëntatie worden gehanteerd. Waar de afstand gelijk is, mag de hoogste naastliggende waarde worden gehanteerd.

OPMERKING Zie figuur 17.1 voor de verklaring van de hellingshoek.

**Tabel 17.8 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) voor warmtebehoefteberekening, in geval van een overstek met constante hoogte en evenwijdig aan een verticaal zonontvangend vlak, zoals omschreven in 17.3.2 onder c)**

Oriëntatie	Zuid		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;\perp}</math></b>		
Maand	$h_{o;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o;\perp} < 1,0$	$h_{o;\perp} \geq 1,0$
Januari	0,19	0,21	0,23
Februari	0,30	0,60	0,85
Maart	0,35	0,45	0,77
April	0,36	0,36	0,61
Mei	0,46	0,46	0,52
Juni	0,56	0,56	0,57
Juli	0,56	0,56	0,57
Augustus	0,42	0,42	0,57
September	0,34	0,38	0,70
Oktober	0,28	0,51	0,83
November	0,24	0,46	0,60
December	0,19	0,19	0,19
Oriëntatie	Zuidwest		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;\perp}</math></b>		
Maand	$h_{o;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o;\perp} < 1,0$	$h_{o;\perp} \geq 1,0$
Januari	0,24	0,29	0,42
Februari	0,38	0,53	0,70
Maart	0,41	0,53	0,72
April	0,36	0,45	0,67
Mei	0,44	0,48	0,66
Juni	0,49	0,50	0,64

Juli	0,53	0,56	0,70
Augustus	0,40	0,49	0,71
September	0,39	0,48	0,68
Oktober	0,35	0,52	0,73
November	0,31	0,47	0,63
December	0,26	0,36	0,51
<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuidoost</b>		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;\perp}</math></b>		
<b>Maand</b>	<b><math>h_{o;\perp} &lt; 0,5</math></b>	<b><math>0,5 \leq h_{o;\perp} &lt; 1,0</math></b>	<b><math>h_{o;\perp} \geq 1,0</math></b>
Januari	0,25	0,31	0,43
Februari	0,35	0,54	0,71
Maart	0,38	0,50	0,70
April	0,39	0,47	0,71
Mei	0,47	0,50	0,66
Juni	0,53	0,54	0,68
Juli	0,51	0,53	0,68
Augustus	0,46	0,51	0,70
September	0,38	0,48	0,71
Oktober	0,33	0,49	0,67
November	0,30	0,39	0,58
December	0,25	0,30	0,37
<b>Oriëntatie</b>	<b>West</b>		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;\perp}</math></b>		
<b>Maand</b>	<b><math>h_{o;\perp} &lt; 0,5</math></b>	<b><math>0,5 \leq h_{o;\perp} &lt; 1,0</math></b>	<b><math>h_{o;\perp} \geq 1,0</math></b>
Januari	0,49	0,62	0,78
Februari	0,61	0,61	0,72

Maart	0,57	0,64	0,73
April	0,43	0,53	0,66
Mei	0,47	0,53	0,68
Juni	0,49	0,57	0,73
Juli	0,55	0,61	0,75
Augustus	0,46	0,56	0,71
September	0,53	0,61	0,70
Oktober	0,57	0,61	0,69
November	0,62	0,67	0,81
December	0,61	0,71	0,83
<b>Oriëntatie</b>	<b>Oost</b>		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;\perp}</math></b>		
<b>Maand</b>	<b><math>h_{o;\perp} &lt; 0,5</math></b>	<b><math>0,5 \leq h_{o;\perp} &lt; 1,0</math></b>	<b><math>h_{o;\perp} \geq 1,0</math></b>
Januari	0,55	0,68	0,84
Februari	0,54	0,54	0,65
Maart	0,53	0,59	0,66
April	0,50	0,60	0,71
Mei	0,54	0,60	0,73
Juni	0,53	0,59	0,73
Juli	0,54	0,60	0,75
Augustus	0,57	0,63	0,75
September	0,51	0,60	0,69
Oktober	0,52	0,58	0,68
November	0,58	0,64	0,81
December	0,55	0,69	0,81

Oriëntatie	Noordwest		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;\perp}</math></b>		
Maand	$h_{o;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o;\perp} < 1,0$	$h_{o;\perp} \geq 1,0$
Januari	0,97	0,97	0,97
Februari	0,94	0,95	0,96
Maart	0,85	0,87	0,92
April	0,66	0,66	0,74
Mei	0,65	0,65	0,68
Juni	0,63	0,71	0,78
Juli	0,69	0,73	0,76
Augustus	0,66	0,66	0,71
September	0,80	0,82	0,89
Oktober	0,92	0,94	0,96
November	0,99	0,99	0,99
December	1,00	1,00	1,00
Oriëntatie	Noordoost		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;\perp}</math></b>		
Maand	$h_{o;\perp} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o;\perp} < 1,0$	$h_{o;\perp} \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00
Februari	0,91	0,93	0,95
Maart	0,82	0,86	0,93
April	0,75	0,77	0,85
Mei	0,74	0,77	0,80
Juni	0,66	0,70	0,74
Juli	0,69	0,73	0,76
Augustus	0,80	0,81	0,85

September	0,80	0,83	0,90
Oktober	0,90	0,92	0,95
November	0,98	0,98	0,98
December	1,00	1,00	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noord</b>		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;\perp}</math></b>		
<b>Maand</b>	<b><math>h_{o;\perp} &lt; 0,5</math></b>	<b><math>0,5 \leq h_{o;\perp} &lt; 1,0</math></b>	<b><math>h_{o;\perp} \geq 1,0</math></b>
Januari	1,00	1,00	1,00
Februari	1,00	1,00	1,00
Maart	1,00	1,00	1,00
April	0,97	0,98	0,98
Mei	0,91	0,92	0,95
Juni	0,84	0,87	0,93
Juli	0,89	0,91	0,95
Augustus	0,96	0,96	0,98
September	1,00	1,00	1,00
Oktober	1,00	1,00	1,00
November	1,00	1,00	1,00
December	1,00	1,00	1,00
waarin:			
$h_{o;\perp}$ is de relatieve hoogte van het overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak.			

**Tabel 17.9 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) voor koudebehoefteberekening, in geval van een overstek met constante hoogte en evenwijdig aan een verticaal zonontvangend vlak, zoals omschreven in 17.3.2 onder c)**

Oriëntatie	Zuid		
	Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, $h_{o;^\wedge}$		
Maand	$h_{o;^\wedge} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o;^\wedge} < 1,0$	$h_{o;^\wedge} \geq 1,0$
Januari	0,88	1,00	1,00
Februari	0,68	0,93	1,00
Maart	0,46	0,78	1,00
April	0,36	0,61	1,00
Mei	0,46	0,52	1,00
Juni	0,56	0,57	1,00
Juli	0,56	0,57	1,00
Augustus	0,42	0,57	1,00
September	0,39	0,71	1,00
Oktober	0,54	0,86	1,00
November	0,80	0,98	1,00
December	0,92	1,00	1,00
Oriëntatie	Zuidwest		
	Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, $h_{o;^\wedge}$		
Maand	$h_{o;^\wedge} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o;^\wedge} < 1,0$	$h_{o;^\wedge} \geq 1,0$
Januari	0,75	0,93	1,00
Februari	0,68	0,87	1,00
Maart	0,59	0,79	1,00
April	0,52	0,75	1,00
Mei	0,49	0,68	1,00
Juni	0,50	0,64	1,00

Juli	0,56	0,70	1,00
Augustus	0,50	0,72	1,00
September	0,57	0,77	1,00
Oktober	0,63	0,85	1,00
November	0,73	0,93	1,00
December	0,74	0,93	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuidoost</b>		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, , <math>h_{o;^{\wedge}}</math></b>		
<b>Maand</b>	$h_{o;^{\wedge}} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o;^{\wedge}} < 1,0$	$h_{o;^{\wedge}} \geq 1,0$
Januari	0,77	0,95	1,00
Februari	0,71	0,90	1,00
Maart	0,61	0,82	1,00
April	0,52	0,76	1,00
Mei	0,50	0,66	1,00
Juni	0,55	0,68	1,00
Juli	0,54	0,69	1,00
Augustus	0,53	0,72	1,00
September	0,55	0,79	1,00
Oktober	0,61	0,80	1,00
November	0,66	0,88	1,00
December	0,84	0,97	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>West</b>		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;^{\wedge}}</math></b>		
<b>Maand</b>	$h_{o;^{\wedge}} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o;^{\wedge}} < 1,0$	$h_{o;^{\wedge}} \geq 1,0$
Januari	0,77	0,94	1,00
Februari	0,76	0,88	1,00

Maart	0,75	0,84	1,00
April	0,70	0,84	1,00
Mei	0,64	0,80	1,00
Juni	0,63	0,80	1,00
Juli	0,68	0,83	1,00
Augustus	0,66	0,82	1,00
September	0,74	0,85	1,00
Oktober	0,77	0,86	1,00
November	0,76	0,91	1,00
December	0,83	0,96	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>Oost</b>		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o;^\wedge}</math></b>		
<b>Maand</b>	<b><math>h_{o;^\wedge} &lt; 0,5</math></b>	<b><math>0,5 \leq h_{o;^\wedge} &lt; 1,0</math></b>	<b><math>h_{o;^\wedge} \geq 1,0</math></b>
Januari	0,76	0,93	1,00
Februari	0,74	0,86	1,00
Maart	0,75	0,84	1,00
April	0,68	0,80	1,00
Mei	0,65	0,78	1,00
Juni	0,67	0,83	1,00
Juli	0,66	0,82	1,00
Augustus	0,68	0,81	1,00
September	0,72	0,82	1,00
Oktober	0,73	0,84	1,00
November	0,72	0,90	1,00
December	0,82	0,96	1,00

Oriëntatie	Noordwest		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o,\wedge}</math></b>		
Maand	$h_{o,\wedge} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o,\wedge} < 1,0$	$h_{o,\wedge} \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00
Februari	0,98	0,99	1,00
Maart	0,91	0,96	1,00
April	0,79	0,87	1,00
Mei	0,79	0,83	1,00
Juni	0,80	0,87	1,00
Juli	0,82	0,86	1,00
Augustus	0,77	0,84	1,00
September	0,86	0,93	1,00
Oktober	0,96	0,99	1,00
November	1,00	1,00	1,00
December	1,00	1,00	1,00
Oriëntatie	Noordoost		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o,\wedge}</math></b>		
Maand	$h_{o,\wedge} < 0,5$	$0,5 \leq h_{o,\wedge} < 1,0$	$h_{o,\wedge} \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00
Februari	0,97	0,99	1,00
Maart	0,89	0,95	1,00
April	0,80	0,88	1,00
Mei	0,83	0,86	1,00
Juni	0,81	0,86	1,00
Juli	0,81	0,85	1,00
Augustus	0,83	0,88	1,00

September	0,86	0,93	1,00
Oktober	0,95	0,99	1,00
November	1,00	1,00	1,00
December	1,00	1,00	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noord</b>		
	<b>Relatieve hoogte van overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak, <math>h_{o,\wedge}</math></b>		
<b>Maand</b>	<b><math>h_{o,\wedge} &lt; 0,5</math></b>	<b><math>0,5 \leq h_{o,\wedge} &lt; 1,0</math></b>	<b><math>h_{o,\wedge} \geq 1,0</math></b>
Januari	1,00	1,00	1,00
Februari	1,00	1,00	1,00
Maart	1,00	1,00	1,00
April	0,99	1,00	1,00
Mei	0,95	0,99	1,00
Juni	0,90	0,96	1,00
Juli	0,93	0,98	1,00
Augustus	0,98	0,99	1,00
September	1,00	1,00	1,00
Oktober	1,00	1,00	1,00
November	1,00	1,00	1,00
December	1,00	1,00	1,00
waarin:			
$h_{o,\wedge}$ is de relatieve hoogte van het overstek loodrecht gemeten t.o.v. het zonontvangende vlak.			

### 17.3.6 Zijbelemmeringen loodrecht op het zonontvangende vlak

De beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) bij zijbelemmeringen met constante hoogte en evenwijdig aan een verticaal zonontvangend vlak, zoals omschreven in 17.3.2 onder d), is in de volgende tabellen gegeven, als functie van de relatieve breedte,  $b_b$ :

- a) voor verwarming ( $x = H$ ) in tabel 17.10;
- b) voor koeling ( $x = C$ ) in tabel 17.11;
- c) voor zonnecollectoren voor warm tapwater en zonnestroompanelen ( $x = P$ ) in tabel 17.12.

Voor tussenliggende waarden moet de dichtstbijzijnde waarde voor de oriëntatie worden gehanteerd. Waar de afstand gelijk is, mag de hoogste naastliggende waarde worden gehanteerd.

Bij toepassing van de basisopname ISSO 82.1 en 75.1 (bestaande bouw) mag bij de berekening van beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ), bij zijbelemmeringen met constante hoogte en evenwijdig aan een verticaal zonontvangend vlak, voor verwarming en koeling, a) en b), uitgegaan worden van een onbelemmerde situatie.

**OPMERKING 1** De reden om bij het toepassing van de basisopname ISSO 82.1 en 75.1 (bestaande bouw) het niet berekenen van beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) toe te staan bij zijbelemmeringen met constante hoogte en evenwijdig aan een verticaal zonontvangend vlak is dat het verzamelen van de gegevens relatief veel tijd vergt, terwijl er geen handelingsperspectief is bij bestaande bouw omdat zijbelemmeringen niet aangepast kunnen worden.

**OPMERKING 2** Zie figuur 17.3 voor de verklaring van de relatieve breedte.

**Tabel 17.10 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) voor warmtebehoefteberekening, in geval van een zijbelemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder d)**

Oriëntatie	Zuid					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,20	0,23	0,21	0,23	0,19	0,23
Februari	0,55	0,85	0,66	0,88	0,30	0,82
Maart	0,64	0,91	0,70	0,91	0,35	0,82
April	0,66	0,92	0,70	0,88	0,36	0,80
Mei	0,70	0,92	0,76	0,92	0,46	0,84
Juni	0,78	0,91	0,78	0,93	0,56	0,84
Juli	0,75	0,90	0,80	0,93	0,56	0,83
Augustus	0,70	0,92	0,72	0,90	0,42	0,82
September	0,63	0,89	0,71	0,90	0,34	0,80
Oktober	0,66	0,89	0,59	0,89	0,28	0,82
November	0,48	0,61	0,36	0,59	0,24	0,59
December	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

Oriëntatie	Zuidwest					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,24	0,25	0,49	0,49	0,24	0,27
Februari	0,38	0,66	0,83	0,83	0,38	0,82
Maart	0,54	0,80	0,79	0,93	0,41	0,79
April	0,63	0,82	0,65	0,89	0,36	0,71
Mei	0,73	0,91	0,70	0,93	0,44	0,76
Juni	0,79	0,94	0,70	0,87	0,49	0,83
Juli	0,80	0,94	0,73	0,93	0,53	0,80
Augustus	0,71	0,90	0,68	0,94	0,40	0,73
September	0,56	0,78	0,74	0,90	0,39	0,76
Oktober	0,41	0,76	0,82	0,88	0,35	0,82
November	0,31	0,55	0,71	0,71	0,31	0,64
December	0,26	0,26	0,58	0,58	0,26	0,26
Oriëntatie	Zuidoost					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,48	0,48	0,25	0,28	0,25	0,28
Februari	0,81	0,81	0,35	0,70	0,35	0,70
Maart	0,77	0,87	0,48	0,78	0,38	0,78
April	0,75	0,95	0,60	0,89	0,39	0,88
Mei	0,75	0,95	0,72	0,96	0,47	0,91
Juni	0,67	0,89	0,85	0,97	0,53	0,86

Juli	0,67	0,92	0,83	0,96	0,51	0,89
Augustus	0,77	0,96	0,67	0,91	0,46	0,90
September	0,75	0,92	0,55	0,84	0,38	0,84
Oktober	0,79	0,86	0,40	0,68	0,33	0,68
November	0,70	0,70	0,30	0,44	0,30	0,44
December	0,40	0,40	0,25	0,25	0,25	0,25
<b>Oriëntatie</b>	<b>West</b>					
	<b>Relatieve breedte van zijbelemmering, <math>b_b</math></b>					
	<b>Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup></b>			
<b>Maand</b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>
Januari	0,49	0,49	0,85	0,85	0,49	0,49
Februari	0,61	0,61	0,85	0,85	0,61	0,61
Maart	0,57	0,73	0,89	0,89	0,57	0,73
April	0,43	0,71	0,82	0,82	0,43	0,71
Mei	0,49	0,77	0,86	0,88	0,47	0,77
Juni	0,65	0,84	0,77	0,93	0,49	0,84
Juli	0,61	0,84	0,86	0,92	0,55	0,84
Augustus	0,46	0,78	0,89	0,89	0,46	0,78
September	0,53	0,72	0,85	0,85	0,53	0,72
Oktober	0,57	0,64	0,83	0,83	0,57	0,64
November	0,62	0,62	0,90	0,90	0,62	0,62
December	0,61	0,61	0,87	0,87	0,61	0,61

Oriëntatie	Oost					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,92	0,92	0,55	0,55	0,55	0,55
Februari	0,79	0,79	0,54	0,54	0,54	0,54
Maart	0,82	0,82	0,53	0,65	0,53	0,65
April	0,91	0,91	0,50	0,75	0,50	0,75
Mei	0,90	0,95	0,60	0,83	0,54	0,83
Juni	0,80	0,90	0,63	0,86	0,53	0,86
Juli	0,85	0,93	0,61	0,88	0,54	0,88
Augustus	0,93	0,94	0,58	0,81	0,57	0,81
September	0,87	0,87	0,51	0,71	0,51	0,71
Oktober	0,84	0,84	0,52	0,61	0,52	0,61
November	0,92	0,92	0,58	0,58	0,58	0,58
December	0,86	0,86	0,55	0,55	0,55	0,55
Oriëntatie	Noordwest					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Februari	0,94	0,94	0,97	0,97	0,94	0,94
Maart	0,85	0,85	0,96	0,96	0,85	0,85
April	0,66	0,66	0,87	0,87	0,66	0,66
Mei	0,65	0,66	0,85	0,85	0,65	0,66
Juni	0,63	0,79	0,91	0,91	0,63	0,79

Juli	0,69	0,76	0,90	0,90	0,69	0,76
Augustus	0,66	0,66	0,88	0,88	0,66	0,66
September	0,80	0,80	0,96	0,96	0,80	0,80
Oktober	0,92	0,92	0,97	0,97	0,92	0,92
November	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noordoost</b>					
	<b>Relatieve breedte van zijbelemmering, <math>b_b</math></b>					
	<b>Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup></b>			
<b>Maand</b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Februari	0,96	0,96	0,91	0,91	0,91	0,91
Maart	0,97	0,97	0,82	0,82	0,82	0,82
April	0,97	0,97	0,75	0,75	0,75	0,75
Mei	0,93	0,93	0,74	0,80	0,74	0,80
Juni	0,88	0,88	0,66	0,75	0,66	0,75
Juli	0,91	0,91	0,69	0,77	0,69	0,77
Augustus	0,98	0,98	0,80	0,81	0,80	0,81
September	0,97	0,97	0,80	0,80	0,80	0,80
Oktober	0,96	0,96	0,90	0,90	0,90	0,90
November	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Oriëntatie	Noord					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Februari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maart	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
April	0,97	0,97	0,98	0,98	0,97	0,97
Mei	0,93	0,93	0,95	0,95	0,91	0,91
Juni	0,90	0,90	0,91	0,91	0,84	0,84
Juli	0,92	0,92	0,94	0,94	0,89	0,89
Augustus	0,96	0,96	0,98	0,98	0,96	0,96
September	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Oktober	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
November	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

waarin:

$b_b$  is de relatieve breedte van de zijbelemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder d).

a Voor zijbelemmeringen geldt dat de waarde van  $b_b$  groter wordt naarmate de zijbelemmering kleiner wordt.

b Indien aan beide zijden van het zichtveld een zijbelemmering aanwezig is, bepaal dan  $b_b$  voor de grootste zijbelemmering (dat is de zijbelemmering met de kleinste waarde van  $b_b$ ).

**Tabel 17.11 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) voor koudebehoefteberekening, in geval van een zijbelemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder d)**

Oriëntatie	Zuid					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,98	1,00	0,97	1,00	0,94	1,00
Februari	0,92	1,00	0,95	1,00	0,88	1,00
Maart	0,91	1,00	0,92	1,00	0,82	1,00
April	0,92	1,00	0,88	1,00	0,80	1,00
Mei	0,92	1,00	0,92	1,00	0,84	1,00
Juni	0,91	1,00	0,93	1,00	0,84	1,00
Juli	0,90	1,00	0,93	1,00	0,83	1,00
Augustus	0,92	1,00	0,90	1,00	0,82	1,00
September	0,90	1,00	0,90	1,00	0,80	1,00
Oktober	0,91	1,00	0,92	1,00	0,83	1,00
November	0,98	1,00	0,97	1,00	0,95	1,00
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Oriëntatie	Zuidwest					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $bb$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>
	$bb < 1,0$	$bb \geq 1,0$	$bb < 1,0$	$bb \geq 1,0$	$bb < 1,0$	$bb \geq 1,0$
Januari	0,77	1,00	1,00	1,00	0,77	1,00
Februari	0,83	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00
Maart	0,87	1,00	1,00	1,00	0,87	1,00
April	0,90	1,00	0,94	1,00	0,84	1,00

Mei	0,92	1,00	0,93	1,00	0,85	1,00
Juni	0,95	1,00	0,87	1,00	0,82	1,00
Juli	0,94	1,00	0,93	1,00	0,87	1,00
Augustus	0,92	1,00	0,95	1,00	0,86	1,00
September	0,87	1,00	0,99	1,00	0,86	1,00
Oktober	0,89	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00
November	0,85	1,00	1,00	1,00	0,85	1,00
December	0,67	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuidoost</b>					
	<b>Relatieve breedte van zijbelemmering, bb</b>					
	<b>Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup></b>			
<b>Maand</b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>
Januari	1,00	1,00	0,80	1,00	0,80	1,00
Februari	1,00	1,00	0,89	1,00	0,89	1,00
Maart	1,00	1,00	0,91	1,00	0,91	1,00
April	0,99	1,00	0,93	1,00	0,92	1,00
Mei	0,95	1,00	0,96	1,00	0,91	1,00
Juni	0,89	1,00	0,97	1,00	0,86	1,00
Juli	0,92	1,00	0,97	1,00	0,89	1,00
Augustus	0,98	1,00	0,94	1,00	0,92	1,00
September	0,99	1,00	0,92	1,00	0,91	1,00
Oktober	1,00	1,00	0,82	1,00	0,82	1,00
November	1,00	1,00	0,74	1,00	0,74	1,00
December	1,00	1,00	0,84	1,00	0,84	1,00

Oriëntatie	West					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, bb					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,60	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00
Februari	0,76	1,00	1,00	1,00	0,76	1,00
Maart	0,84	1,00	1,00	1,00	0,84	1,00
April	0,89	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00
Mei	0,89	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00
Juni	0,91	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00
Juli	0,92	1,00	1,00	1,00	0,92	1,00
Augustus	0,89	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00
September	0,87	1,00	1,00	1,00	0,87	1,00
Oktober	0,81	1,00	1,00	1,00	0,81	1,00
November	0,70	1,00	1,00	1,00	0,70	1,00
December	0,61	1,00	1,00	1,00	0,61	1,00
Oriëntatie	Oost					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, bb					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>
	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	0,62	1,00	0,62	1,00
Februari	1,00	1,00	0,75	1,00	0,75	1,00
Maart	1,00	1,00	0,83	1,00	0,83	1,00
April	1,00	1,00	0,84	1,00	0,84	1,00
Mei	1,00	1,00	0,88	1,00	0,88	1,00
Juni	1,00	1,00	0,96	1,00	0,96	1,00

Juli	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	1,00
Augustus	1,00	1,00	0,87	1,00	0,87	1,00
September	1,00	1,00	0,84	1,00	0,84	1,00
Oktober	1,00	1,00	0,77	1,00	0,77	1,00
November	1,00	1,00	0,65	1,00	0,65	1,00
December	1,00	1,00	0,55	1,00	0,55	1,00
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noordwest</b>					
	<b>Relatieve breedte van zijbelemmering, bb</b>					
	<b>Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup></b>			
<b>Maand</b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>
Januari	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00
Februari	0,94	1,00	1,00	1,00	0,94	1,00
Maart	0,85	1,00	1,00	1,00	0,85	1,00
April	0,78	1,00	1,00	1,00	0,78	1,00
Mei	0,81	1,00	1,00	1,00	0,81	1,00
Juni	0,88	1,00	1,00	1,00	0,88	1,00
Juli	0,85	1,00	1,00	1,00	0,85	1,00
Augustus	0,78	1,00	1,00	1,00	0,78	1,00
September	0,84	1,00	1,00	1,00	0,84	1,00
Oktober	0,92	1,00	1,00	1,00	0,92	1,00
November	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Oriëntatie	Noordoost					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, bb					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Februari	1,00	1,00	0,91	1,00	0,91	1,00
Maart	1,00	1,00	0,83	1,00	0,83	1,00
April	1,00	1,00	0,78	1,00	0,78	1,00
Mei	1,00	1,00	0,86	1,00	0,86	1,00
Juni	1,00	1,00	0,87	1,00	0,87	1,00
Juli	1,00	1,00	0,85	1,00	0,85	1,00
Augustus	1,00	1,00	0,83	1,00	0,83	1,00
September	1,00	1,00	0,82	1,00	0,82	1,00
Oktober	1,00	1,00	0,90	1,00	0,90	1,00
November	1,00	1,00	0,98	1,00	0,98	1,00
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Oriëntatie	Noord					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, bb					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Februari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maart	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
April	0,98	1,00	0,99	1,00	0,97	1,00
Mei	0,94	1,00	0,97	1,00	0,91	1,00
Juni	0,92	1,00	0,93	1,00	0,84	1,00

Juli	0,94	1,00	0,95	1,00	0,89	1,00
Augustus	0,96	1,00	0,99	1,00	0,96	1,00
September	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Oktober	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
November	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

waarin:

- b<sub>b</sub> is de relatieve breedte van de zijbelemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder d).
- a Voor zijbelemmeringen geldt dat de waarde van b<sub>b</sub> groter wordt naarmate de zijbelemmering kleiner wordt.
- b Indien aan beide zijden van het zichtveld een zijbelemmering aanwezig is, bepaal dan b<sub>b</sub> voor de grootste zijbelemmering (dat is de zijbelemmering met de kleinste waarde van b<sub>b</sub>).

**Tabel 17.12 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) voor zonnecollectoren voor warm tapwater en zonnestroompanelen, in geval van een zijbelemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder d)**

Oriëntatie	Zuid					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld a	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld a	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld a,b	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,59	0,98	0,60	0,97	0,19	0,94
Februari	0,60	0,92	0,70	0,95	0,30	0,88
Maart	0,64	0,91	0,70	0,92	0,35	0,82
April	0,66	0,92	0,70	0,88	0,36	0,80
Mei	0,70	0,92	0,76	0,92	0,46	0,84
Juni	0,78	0,91	0,78	0,93	0,56	0,84
Juli	0,75	0,90	0,80	0,93	0,56	0,83
Augustus	0,70	0,92	0,72	0,90	0,42	0,82
September	0,63	0,90	0,71	0,90	0,34	0,80
Oktober	0,66	0,91	0,61	0,92	0,28	0,83
November	0,67	0,98	0,56	0,97	0,24	0,95
December	0,50	1,00	0,70	1,00	0,19	1,00
Oriëntatie	Zuidwest					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld a	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld a	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld a,b	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c
	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c	$b_b \geq 1,0$
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,30	0,77	0,93	1,00	0,24	0,77
Februari	0,49	0,83	0,89	1,00	0,38	0,83
Maart	0,62	0,87	0,79	1,00	0,41	0,87

April	0,71	0,90	0,65	0,94	0,36	0,84
Mei	0,74	0,92	0,70	0,93	0,44	0,85
Juni	0,79	0,95	0,70	0,87	0,49	0,82
Juli	0,80	0,94	0,73	0,93	0,53	0,87
Augustus	0,73	0,92	0,68	0,95	0,40	0,86
September	0,65	0,87	0,74	0,99	0,39	0,86
Oktober	0,53	0,89	0,83	1,00	0,35	0,89
November	0,36	0,85	0,95	1,00	0,31	0,85
December	0,26	0,67	1,00	1,00	0,26	0,67
<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuidoost</b>					
	<b>Relatieve breedte van zijbelemmering, <math>b_b</math></b>					
	<b>Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld a</b>		<b>Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld a</b>		<b>Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld a,b</b>	
<b>Maand</b>	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,96	1,00	0,30	0,80	0,25	0,80
Februari	0,84	1,00	0,51	0,89	0,35	0,89
Maart	0,77	1,00	0,61	0,91	0,38	0,91
April	0,75	0,99	0,64	0,93	0,39	0,92
Mei	0,75	0,95	0,73	0,96	0,47	0,91
Juni	0,67	0,89	0,86	0,97	0,53	0,86
Juli	0,67	0,92	0,84	0,97	0,51	0,89
Augustus	0,77	0,98	0,69	0,94	0,46	0,92
September	0,75	0,99	0,63	0,92	0,38	0,91
Oktober	0,82	1,00	0,51	0,82	0,33	0,82
November	0,96	1,00	0,34	0,74	0,30	0,74
December	1,00	1,00	0,25	0,84	0,25	0,84

Oriëntatie	West					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c	$b_b \geq 1,0$
Januari	0,49	0,60	1,00	1,00	0,49	0,60
Februari	0,61	0,76	1,00	1,00	0,61	0,76
Maart	0,57	0,84	1,00	1,00	0,57	0,84
April	0,54	0,89	0,89	1,00	0,43	0,89
Mei	0,61	0,89	0,86	1,00	0,47	0,89
Juni	0,72	0,91	0,77	1,00	0,49	0,91
Juli	0,69	0,92	0,86	1,00	0,55	0,92
Augustus	0,57	0,89	0,90	1,00	0,46	0,89
September	0,56	0,87	0,97	1,00	0,53	0,87
Okttober	0,57	0,81	1,00	1,00	0,57	0,81
November	0,62	0,70	1,00	1,00	0,62	0,70
December	0,61	0,61	1,00	1,00	0,61	0,61
Oriëntatie	Oost					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, $b_b$					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c	$b_b \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	0,55	0,62	0,55	0,62
Februari	1,00	1,00	0,54	0,75	0,54	0,75
Maart	1,00	1,00	0,53	0,83	0,53	0,83
April	0,98	1,00	0,52	0,84	0,50	0,84
Mei	0,90	1,00	0,65	0,88	0,54	0,88
Juni	0,80	1,00	0,73	0,96	0,53	0,96

Juli	0,85	1,00	0,68	0,95	0,54	0,95
Augustus	0,97	1,00	0,60	0,87	0,57	0,87
September	0,99	1,00	0,53	0,84	0,51	0,84
Oktober	1,00	1,00	0,52	0,77	0,52	0,77
November	1,00	1,00	0,58	0,65	0,58	0,65
December	1,00	1,00	0,55	0,55	0,55	0,55
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noordwest</b>					
	<b>Relatieve breedte van zijbelemmering, <math>b_b</math></b>					
	<b>Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup></b>	<b>Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup></b>			
<b>Maand</b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math></b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>	<b><math>b_b &lt; 1,0</math> c</b>	<b><math>b_b \geq 1,0</math></b>
Januari	0,97	0,97	1,00	1,00	0,97	0,97
Februari	0,94	0,94	1,00	1,00	0,94	0,94
Maart	0,85	0,85	1,00	1,00	0,85	0,85
April	0,66	0,78	1,00	1,00	0,66	0,78
Mei	0,65	0,81	1,00	1,00	0,65	0,81
Juni	0,63	0,88	1,00	1,00	0,63	0,88
Juli	0,69	0,85	1,00	1,00	0,69	0,85
Augustus	0,66	0,78	1,00	1,00	0,66	0,78
September	0,80	0,84	1,00	1,00	0,80	0,84
Oktober	0,92	0,92	1,00	1,00	0,92	0,92
November	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Oriëntatie	Noordoost					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, bb					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c	$b_b \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Februari	1,00	1,00	0,91	0,91	0,91	0,91
Maart	1,00	1,00	0,82	0,83	0,82	0,83
April	1,00	1,00	0,75	0,78	0,75	0,78
Mei	1,00	1,00	0,74	0,86	0,74	0,86
Juni	1,00	1,00	0,66	0,87	0,66	0,87
Juli	1,00	1,00	0,69	0,85	0,69	0,85
Augustus	1,00	1,00	0,80	0,83	0,80	0,83
September	1,00	1,00	0,80	0,82	0,80	0,82
Oktober	1,00	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90
November	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Oriëntatie	Noord					
	Relatieve breedte van zijbelemmering, bb					
	Zijbelemmering aan linkerzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan rechterzijde van het zichtveld <sup>a</sup>	Zijbelemmering aan beide zijden van het zichtveld <sup>a,b</sup>			
Maand	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$	$b_b \geq 1,0$	$b_b < 1,0$ c	$b_b \geq 1,0$
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Februari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maart	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
April	0,98	0,98	0,99	0,99	0,97	0,97
Mei	0,94	0,94	0,97	0,97	0,91	0,91
Juni	0,92	0,92	0,93	0,93	0,84	0,84

Juli	0,94	0,94	0,95	0,95	0,89	0,89
Augustus	0,96	0,96	0,99	0,99	0,96	0,96
September	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Oktober	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
November	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

waarin:

- $b_b$**  is de relatieve breedte van de zijbelemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder d).
- a Voor zijbelemmeringen geldt dat de waarde van  $b_b$  groter wordt naarmate de zijbelemmering kleiner wordt.
- b Indien aan beide zijden van het zichtveld een zijbelemmering aanwezig is, bepaal dan  $b_b$  voor de grootste zijbelemmering (dat is de zijbelemmering met de kleinste waarde van  $b_b$ ).
- c Voor situaties met zijbelemmeringen aan beide zijden en  $b_b < 1,0$  geldt dat de waarden in de tabel overeenkomen met de waarden van een volledig belemmerde situatie voor een verticaal zonontvangend vlak. Indien het zonontvangende vlak niet verticaal is, gebruik dan in deze situatie de waarden uit tabel 17.15.

### 17.3.7 Volledige belemmering

De beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) bij volledige belemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder e), is in de volgende tabellen gegeven:

- a) voor verwarming ( $x = H$ ) in tabel 17.13;
- b) voor koeling ( $x = C$ ) in tabel 17.14;
- c) voor zonnecollectoren voor warm tapwater en zonnestroompanelen ( $x = P$ ) in tabel 17.15.

Voor tussenliggende waarden moet de dichtstbijzijnde waarde voor de helling/oriëntatie worden gehanteerd. Waar de afstand gelijk is, mag de hoogste naastliggende waarde worden gehanteerd.

OPMERKING Zie figuur 17.1 voor de verklaring van de hellingshoek.

**Tabel 17.13 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) voor warmtebehoefteberekening, bij volledige belemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder e)**

Oriëntatie	Zuid													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,19	0,20	0,22	0,25	0,30	0,39	0,55	0,18	0,19	0,23	0,33	0,82	1,00	
Februari	0,30	0,31	0,32	0,36	0,40	0,47	0,58	0,30	0,33	0,42	0,69	0,99	1,00	
Maart	0,35	0,33	0,34	0,35	0,38	0,42	0,49	0,38	0,46	0,67	0,98	1,00	1,00	
April	0,36	0,32	0,30	0,30	0,31	0,33	0,36	0,44	0,62	0,98	1,00	1,00	1,00	
Mei	0,46	0,39	0,35	0,33	0,32	0,33	0,34	0,61	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	
Juni	0,56	0,47	0,41	0,38	0,37	0,37	0,37	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,56	0,47	0,43	0,40	0,39	0,39	0,41	0,72	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	
Augustus	0,42	0,37	0,34	0,33	0,33	0,35	0,37	0,53	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	
September	0,34	0,32	0,32	0,32	0,34	0,38	0,43	0,39	0,50	0,77	1,00	1,00	1,00	
Oktober	0,28	0,27	0,29	0,31	0,34	0,39	0,48	0,29	0,34	0,45	0,82	0,99	1,00	
November	0,24	0,25	0,27	0,30	0,35	0,43	0,56	0,24	0,25	0,30	0,46	0,95	1,00	
December	0,19	0,21	0,23	0,27	0,32	0,42	0,60	0,19	0,20	0,22	0,31	0,75	1,00	
Oriëntatie	Zuidwest													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
	Helling t.o.v. horizontaal													
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,24	0,25	0,27	0,30	0,34	0,42	0,55	0,24	0,26	0,31	0,45	0,80	1,00	
Februari	0,38	0,38	0,40	0,42	0,45	0,51	0,58	0,40	0,44	0,54	0,74	0,95	1,00	
Maart	0,41	0,39	0,39	0,40	0,42	0,45	0,49	0,45	0,52	0,67	0,87	0,98	1,00	
April	0,36	0,33	0,32	0,31	0,32	0,33	0,36	0,42	0,51	0,68	0,88	0,99	1,00	
Mei	0,44	0,38	0,35	0,33	0,33	0,33	0,34	0,53	0,67	0,86	0,98	1,00	1,00	
Juni	0,49	0,43	0,40	0,38	0,37	0,37	0,37	0,59	0,74	0,92	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,53	0,47	0,43	0,41	0,40	0,40	0,41	0,62	0,75	0,91	0,99	1,00	1,00	

Augustus	0,40	0,36	0,34	0,33	0,34	0,35	0,37	0,47	0,60	0,78	0,95	1,00	1,00	
September	0,39	0,37	0,36	0,36	0,37	0,40	0,43	0,44	0,53	0,68	0,88	0,99	1,00	
Oktober	0,35	0,34	0,34	0,36	0,38	0,42	0,48	0,38	0,44	0,57	0,78	0,96	1,00	
November	0,31	0,31	0,33	0,36	0,40	0,46	0,56	0,32	0,35	0,44	0,64	0,93	1,00	
December	0,26	0,28	0,30	0,33	0,38	0,47	0,60	0,26	0,28	0,33	0,48	0,85	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuidoost</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	0,25	0,26	0,28	0,31	0,36	0,43	0,55	0,26	0,28	0,34	0,51	0,87	1,00	
Februari	0,35	0,35	0,37	0,39	0,43	0,49	0,58	0,36	0,40	0,49	0,69	0,94	1,00	
Maart	0,38	0,37	0,37	0,38	0,40	0,44	0,49	0,42	0,49	0,62	0,82	0,97	1,00	
April	0,39	0,36	0,34	0,33	0,33	0,34	0,36	0,46	0,57	0,75	0,93	1,00	1,00	
Mei	0,47	0,41	0,37	0,35	0,34	0,34	0,34	0,57	0,73	0,91	0,99	1,00	1,00	
Juni	0,53	0,46	0,42	0,39	0,38	0,37	0,37	0,63	0,77	0,93	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,51	0,46	0,42	0,41	0,40	0,40	0,41	0,61	0,75	0,92	0,99	1,00	1,00	
Augustus	0,46	0,41	0,38	0,37	0,36	0,36	0,37	0,55	0,68	0,86	0,98	1,00	1,00	
September	0,38	0,36	0,35	0,35	0,37	0,39	0,43	0,42	0,51	0,66	0,87	0,99	1,00	
Oktober	0,33	0,32	0,33	0,34	0,37	0,41	0,48	0,35	0,41	0,52	0,75	0,96	1,00	
November	0,30	0,30	0,32	0,35	0,39	0,46	0,56	0,30	0,33	0,41	0,61	0,91	1,00	
December	0,25	0,26	0,28	0,32	0,37	0,46	0,60	0,25	0,26	0,30	0,44	0,81	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>West</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	0,49	0,49	0,50	0,51	0,53	0,55	0,55	0,50	0,55	0,61	0,74	0,91	1,00	
Februari	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,58	0,63	0,67	0,76	0,86	0,97	1,00	
Maart	0,57	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,61	0,67	0,76	0,88	0,97	1,00	

April	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,36	0,48	0,55	0,66	0,81	0,96	1,00	
Mei	0,47	0,43	0,40	0,37	0,36	0,35	0,34	0,54	0,63	0,76	0,89	0,98	1,00	
Juni	0,49	0,45	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,56	0,65	0,77	0,91	0,99	1,00	
Juli	0,55	0,51	0,48	0,45	0,43	0,42	0,41	0,60	0,69	0,79	0,91	0,99	1,00	
Augustus	0,46	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,52	0,60	0,72	0,87	0,98	1,00	
September	0,53	0,50	0,48	0,47	0,46	0,44	0,43	0,57	0,64	0,74	0,87	0,97	1,00	
Oktober	0,57	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,48	0,61	0,67	0,76	0,87	0,97	1,00	
November	0,62	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57	0,56	0,65	0,70	0,78	0,88	0,97	1,00	
December	0,61	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61	0,60	0,62	0,66	0,74	0,83	0,95	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Oost</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56	0,55	0,59	0,62	0,71	0,83	0,96	1,00	
Februari	0,54	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,57	0,61	0,70	0,83	0,96	1,00	
Maart	0,53	0,51	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,56	0,62	0,71	0,84	0,96	1,00	
April	0,50	0,46	0,43	0,41	0,40	0,38	0,36	0,55	0,64	0,76	0,89	0,98	1,00	
Mei	0,54	0,49	0,45	0,41	0,38	0,36	0,34	0,62	0,73	0,84	0,94	0,99	1,00	
Juni	0,53	0,49	0,46	0,43	0,41	0,39	0,37	0,59	0,68	0,79	0,91	0,99	1,00	
Juli	0,54	0,49	0,47	0,44	0,43	0,42	0,41	0,60	0,69	0,80	0,92	0,99	1,00	
Augustus	0,57	0,52	0,48	0,45	0,42	0,39	0,37	0,63	0,73	0,84	0,94	0,99	1,00	
September	0,51	0,48	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43	0,56	0,63	0,74	0,87	0,98	1,00	
Oktober	0,52	0,50	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,55	0,62	0,72	0,85	0,96	1,00	
November	0,58	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,60	0,66	0,73	0,85	0,96	1,00	
December	0,55	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,60	0,56	0,60	0,68	0,78	0,94	1,00	

Oriëntatie	Noordwest													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd				Hor.	Schuin naar beneden gekeerd							
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,97	0,97	0,98	0,97	0,94	0,77	0,55	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	
Februari	0,94	0,93	0,92	0,89	0,84	0,71	0,58	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	
Maart	0,85	0,83	0,80	0,75	0,67	0,57	0,49	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1,00	
April	0,66	0,62	0,58	0,53	0,47	0,41	0,36	0,70	0,76	0,83	0,91	0,98	1,00	
Mei	0,65	0,59	0,54	0,48	0,41	0,37	0,34	0,70	0,77	0,84	0,92	0,98	1,00	
Juni	0,63	0,58	0,53	0,48	0,43	0,39	0,37	0,69	0,75	0,84	0,92	0,98	1,00	
Juli	0,69	0,65	0,60	0,54	0,48	0,44	0,41	0,74	0,79	0,86	0,93	0,99	1,00	
Augustus	0,66	0,61	0,57	0,51	0,45	0,40	0,37	0,71	0,77	0,85	0,93	0,99	1,00	
September	0,80	0,78	0,74	0,69	0,60	0,50	0,43	0,84	0,88	0,92	0,96	0,99	1,00	
Oktober	0,92	0,90	0,88	0,84	0,74	0,60	0,48	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,00	
November	0,99	0,98	0,98	0,96	0,91	0,74	0,56	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,86	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oriëntatie	Noordoost													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd				Hor.	Schuin naar beneden gekeerd							
	Helling t.o.v. horizontaal													
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	1,00	0,99	0,99	0,99	0,95	0,79	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Februari	0,91	0,91	0,89	0,86	0,80	0,69	0,58	0,93	0,95	0,96	0,98	1,00	1,00	
Maart	0,82	0,80	0,77	0,73	0,66	0,56	0,49	0,85	0,89	0,92	0,96	0,99	1,00	
April	0,75	0,70	0,65	0,59	0,50	0,42	0,36	0,80	0,85	0,92	0,96	0,99	1,00	
Mei	0,74	0,68	0,61	0,53	0,44	0,38	0,34	0,80	0,86	0,92	0,97	1,00	1,00	
Juni	0,66	0,61	0,57	0,51	0,45	0,40	0,37	0,71	0,78	0,85	0,94	0,99	1,00	
Juli	0,69	0,64	0,59	0,53	0,48	0,43	0,41	0,74	0,80	0,88	0,95	0,99	1,00	
Augustus	0,80	0,74	0,68	0,60	0,50	0,42	0,37	0,85	0,90	0,94	0,98	1,00	1,00	

September	0,80	0,77	0,73	0,67	0,59	0,50	0,43	0,85	0,88	0,93	0,96	0,99	1,00	
Oktober	0,90	0,87	0,85	0,80	0,71	0,59	0,48	0,91	0,93	0,95	0,98	0,99	1,00	
November	0,98	0,97	0,96	0,95	0,90	0,73	0,56	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,84	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noord</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Februari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Maart	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,61	0,49	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
April	0,97	0,96	0,94	0,82	0,56	0,43	0,36	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	
Mei	0,91	0,88	0,80	0,58	0,46	0,39	0,34	0,93	0,95	0,97	0,98	1,00	1,00	
Juni	0,84	0,80	0,69	0,53	0,45	0,40	0,37	0,88	0,92	0,95	0,97	0,99	1,00	
Juli	0,89	0,85	0,76	0,59	0,50	0,44	0,41	0,91	0,94	0,96	0,98	1,00	1,00	
Augustus	0,96	0,94	0,90	0,70	0,52	0,43	0,37	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	
September	1,00	0,99	0,99	0,96	0,72	0,53	0,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oktober	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,66	0,48	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
November	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	0,56	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

**Tabel 17.14 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst,mi}$ ) voor koudebehoefteberekening, bij volledige belemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder e)**

Oriëntatie	Zuid													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,19	0,20	0,22	0,25	0,30	0,39	0,55	0,18	0,19	0,23	0,33	0,82	1,00	
Februari	0,30	0,31	0,32	0,36	0,40	0,47	0,58	0,30	0,33	0,42	0,69	0,99	1,00	
Maart	0,35	0,33	0,34	0,35	0,38	0,42	0,49	0,38	0,46	0,67	0,98	1,00	1,00	
April	0,36	0,32	0,30	0,30	0,31	0,33	0,36	0,44	0,62	0,98	1,00	1,00	1,00	
Mei	0,46	0,39	0,35	0,33	0,32	0,33	0,34	0,61	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	
Juni	0,56	0,47	0,41	0,38	0,37	0,37	0,37	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,56	0,47	0,43	0,40	0,39	0,39	0,41	0,72	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	
Augustus	0,42	0,37	0,34	0,33	0,33	0,35	0,37	0,53	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	
September	0,34	0,32	0,32	0,32	0,34	0,38	0,43	0,39	0,50	0,77	1,00	1,00	1,00	
Oktober	0,28	0,27	0,29	0,31	0,34	0,39	0,48	0,29	0,34	0,45	0,82	0,99	1,00	
November	0,24	0,25	0,27	0,30	0,35	0,43	0,56	0,24	0,25	0,30	0,46	0,95	1,00	
December	0,19	0,21	0,23	0,27	0,32	0,42	0,60	0,19	0,20	0,22	0,31	0,75	1,00	
Oriëntatie	Zuidwest													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd						Hor.	Schuin naar beneden gekeerd					
	Helling t.o.v. horizontaal													
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,24	0,25	0,27	0,30	0,34	0,42	0,55	0,24	0,26	0,31	0,45	0,80	1,00	
Februari	0,38	0,38	0,40	0,42	0,45	0,51	0,58	0,40	0,44	0,54	0,74	0,95	1,00	
Maart	0,41	0,39	0,39	0,40	0,42	0,45	0,49	0,45	0,52	0,67	0,87	0,98	1,00	
April	0,36	0,33	0,32	0,31	0,32	0,33	0,36	0,42	0,51	0,68	0,88	0,99	1,00	
Mei	0,44	0,38	0,35	0,33	0,33	0,33	0,34	0,53	0,67	0,86	0,98	1,00	1,00	
Juni	0,49	0,43	0,40	0,38	0,37	0,37	0,37	0,59	0,74	0,92	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,53	0,47	0,43	0,41	0,40	0,40	0,41	0,62	0,75	0,91	0,99	1,00	1,00	

Augustus	0,40	0,36	0,34	0,33	0,34	0,35	0,37	0,47	0,60	0,78	0,95	1,00	1,00	
September	0,39	0,37	0,36	0,36	0,37	0,40	0,43	0,44	0,53	0,68	0,88	0,99	1,00	
Oktober	0,35	0,34	0,34	0,36	0,38	0,42	0,48	0,38	0,44	0,57	0,78	0,96	1,00	
November	0,31	0,31	0,33	0,36	0,40	0,46	0,56	0,32	0,35	0,44	0,64	0,93	1,00	
December	0,26	0,28	0,30	0,33	0,38	0,47	0,60	0,26	0,28	0,33	0,48	0,85	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuidoost</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>schuin naar boven gekeerd</b>				<b>hor.</b>	<b>schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	0,25	0,26	0,28	0,31	0,36	0,43	0,55	0,26	0,28	0,34	0,51	0,87	1,00	
Februari	0,35	0,35	0,37	0,39	0,43	0,49	0,58	0,36	0,40	0,49	0,69	0,94	1,00	
Maart	0,38	0,37	0,37	0,38	0,40	0,44	0,49	0,42	0,49	0,62	0,82	0,97	1,00	
April	0,39	0,36	0,34	0,33	0,33	0,34	0,36	0,46	0,57	0,75	0,93	1,00	1,00	
Mei	0,47	0,41	0,37	0,35	0,34	0,34	0,34	0,57	0,73	0,91	0,99	1,00	1,00	
Juni	0,53	0,46	0,42	0,39	0,38	0,37	0,37	0,63	0,77	0,93	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,51	0,46	0,42	0,41	0,40	0,40	0,41	0,61	0,75	0,92	0,99	1,00	1,00	
Augustus	0,46	0,41	0,38	0,37	0,36	0,36	0,37	0,55	0,68	0,86	0,98	1,00	1,00	
September	0,38	0,36	0,35	0,35	0,37	0,39	0,43	0,42	0,51	0,66	0,87	0,99	1,00	
Oktober	0,33	0,32	0,33	0,34	0,37	0,41	0,48	0,35	0,41	0,52	0,75	0,96	1,00	
November	0,30	0,30	0,32	0,35	0,39	0,46	0,56	0,30	0,33	0,41	0,61	0,91	1,00	
December	0,25	0,26	0,28	0,32	0,37	0,46	0,60	0,25	0,26	0,30	0,44	0,81	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>West</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	0,49	0,49	0,50	0,51	0,53	0,55	0,55	0,50	0,55	0,61	0,74	0,91	1,00	
Februari	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,58	0,63	0,67	0,76	0,86	0,97	1,00	
Maart	0,57	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,61	0,67	0,76	0,88	0,97	1,00	

April	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,36	0,48	0,55	0,66	0,81	0,96	1,00	
Mei	0,47	0,43	0,40	0,37	0,36	0,35	0,34	0,54	0,63	0,76	0,89	0,98	1,00	
Juni	0,49	0,45	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,56	0,65	0,77	0,91	0,99	1,00	
Juli	0,55	0,51	0,48	0,45	0,43	0,42	0,41	0,60	0,69	0,79	0,91	0,99	1,00	
Augustus	0,46	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,52	0,60	0,72	0,87	0,98	1,00	
September	0,53	0,50	0,48	0,47	0,46	0,44	0,43	0,57	0,64	0,74	0,87	0,97	1,00	
Oktober	0,57	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,48	0,61	0,67	0,76	0,87	0,97	1,00	
November	0,62	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57	0,56	0,65	0,70	0,78	0,88	0,97	1,00	
December	0,61	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61	0,60	0,62	0,66	0,74	0,83	0,95	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Oost</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>					<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>						
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56	0,55	0,59	0,62	0,71	0,83	0,96	1,00	
Februari	0,54	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,57	0,61	0,70	0,83	0,96	1,00	
Maart	0,53	0,51	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,56	0,62	0,71	0,84	0,96	1,00	
April	0,50	0,46	0,43	0,41	0,40	0,38	0,36	0,55	0,64	0,76	0,89	0,98	1,00	
Mei	0,54	0,49	0,45	0,41	0,38	0,36	0,34	0,62	0,73	0,84	0,94	0,99	1,00	
Juni	0,53	0,49	0,46	0,43	0,41	0,39	0,37	0,59	0,68	0,79	0,91	0,99	1,00	
Juli	0,54	0,49	0,47	0,44	0,43	0,42	0,41	0,60	0,69	0,80	0,92	0,99	1,00	
Augustus	0,57	0,52	0,48	0,45	0,42	0,39	0,37	0,63	0,73	0,84	0,94	0,99	1,00	
September	0,51	0,48	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43	0,56	0,63	0,74	0,87	0,98	1,00	
Oktober	0,52	0,50	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,55	0,62	0,72	0,85	0,96	1,00	
November	0,58	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,60	0,66	0,73	0,85	0,96	1,00	
December	0,55	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,60	0,56	0,60	0,68	0,78	0,94	1,00	

Oriëntatie	Noordwest													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd				Hor.	Schuin naar beneden gekeerd							
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,97	0,97	0,98	0,97	0,94	0,77	0,55	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	
Februari	0,94	0,93	0,92	0,89	0,84	0,71	0,58	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	
Maart	0,85	0,83	0,80	0,75	0,67	0,57	0,49	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1,00	
April	0,66	0,62	0,58	0,53	0,47	0,41	0,36	0,70	0,76	0,83	0,91	0,98	1,00	
Mei	0,65	0,59	0,54	0,48	0,41	0,37	0,34	0,70	0,77	0,84	0,92	0,98	1,00	
Juni	0,63	0,58	0,53	0,48	0,43	0,39	0,37	0,69	0,75	0,84	0,92	0,98	1,00	
Juli	0,69	0,65	0,60	0,54	0,48	0,44	0,41	0,74	0,79	0,86	0,93	0,99	1,00	
Augustus	0,66	0,61	0,57	0,51	0,45	0,40	0,37	0,71	0,77	0,85	0,93	0,99	1,00	
September	0,80	0,78	0,74	0,69	0,60	0,50	0,43	0,84	0,88	0,92	0,96	0,99	1,00	
Oktober	0,92	0,90	0,88	0,84	0,74	0,60	0,48	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,00	
November	0,99	0,98	0,98	0,96	0,91	0,74	0,56	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,86	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oriëntatie	Noordoost													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd				Hor.	Schuin naar beneden gekeerd							
	Helling t.o.v. horizontaal													
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	1,00	0,99	0,99	0,99	0,95	0,79	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Februari	0,91	0,91	0,89	0,86	0,80	0,69	0,58	0,93	0,95	0,96	0,98	1,00	1,00	
Maart	0,82	0,80	0,77	0,73	0,66	0,56	0,49	0,85	0,89	0,92	0,96	0,99	1,00	
April	0,75	0,70	0,65	0,59	0,50	0,42	0,36	0,80	0,85	0,92	0,96	0,99	1,00	
Mei	0,74	0,68	0,61	0,53	0,44	0,38	0,34	0,80	0,86	0,92	0,97	1,00	1,00	
Juni	0,66	0,61	0,57	0,51	0,45	0,40	0,37	0,71	0,78	0,85	0,94	0,99	1,00	
Juli	0,69	0,64	0,59	0,53	0,48	0,43	0,41	0,74	0,80	0,88	0,95	0,99	1,00	
Augustus	0,80	0,74	0,68	0,60	0,50	0,42	0,37	0,85	0,90	0,94	0,98	1,00	1,00	

September	0,80	0,77	0,73	0,67	0,59	0,50	0,43	0,85	0,88	0,93	0,96	0,99	1,00	
Oktober	0,90	0,87	0,85	0,80	0,71	0,59	0,48	0,91	0,93	0,95	0,98	0,99	1,00	
November	0,98	0,97	0,96	0,95	0,90	0,73	0,56	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,84	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noord</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Februari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Maart	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,61	0,49	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
April	0,97	0,96	0,94	0,82	0,56	0,43	0,36	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	
Mei	0,91	0,88	0,80	0,58	0,46	0,39	0,34	0,93	0,95	0,97	0,98	1,00	1,00	
Juni	0,84	0,80	0,69	0,53	0,45	0,40	0,37	0,88	0,92	0,95	0,97	0,99	1,00	
Juli	0,89	0,85	0,76	0,59	0,50	0,44	0,41	0,91	0,94	0,96	0,98	1,00	1,00	
Augustus	0,96	0,94	0,90	0,70	0,52	0,43	0,37	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	
September	1,00	0,99	0,99	0,96	0,72	0,53	0,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oktober	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,66	0,48	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
November	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	0,56	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

**Tabel 17.15 — Beschaduwingsreductiefactor ( $F_{sh;obst;mi}$ ) bij volledige belemmering, zoals omschreven in 17.3.2 onder e), voor zonnecollectoren voor warm tapwater en zonnestroompanelen**

<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuid</b>												
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>						
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>											
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>
Januari	0,19	0,20	0,22	0,25	0,30	0,39	0,55	0,18	0,19	0,23	0,33	0,82	1,00

Februari	0,30	0,31	0,32	0,36	0,40	0,47	0,58	0,30	0,33	0,42	0,69	0,99	1,00	
Maart	0,35	0,33	0,34	0,35	0,38	0,42	0,49	0,38	0,46	0,67	0,98	1,00	1,00	
April	0,36	0,32	0,30	0,30	0,31	0,33	0,36	0,44	0,62	0,98	1,00	1,00	1,00	
Mei	0,46	0,39	0,35	0,33	0,32	0,33	0,34	0,61	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	
Juni	0,56	0,47	0,41	0,38	0,37	0,37	0,37	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,56	0,47	0,43	0,40	0,39	0,39	0,41	0,72	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	
Augustus	0,42	0,37	0,34	0,33	0,33	0,35	0,37	0,53	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	
September	0,34	0,32	0,32	0,32	0,34	0,38	0,43	0,39	0,50	0,77	1,00	1,00	1,00	
Oktober	0,28	0,27	0,29	0,31	0,34	0,39	0,48	0,29	0,34	0,45	0,82	0,99	1,00	
November	0,24	0,25	0,27	0,30	0,35	0,43	0,56	0,24	0,25	0,30	0,46	0,95	1,00	
December	0,19	0,21	0,23	0,27	0,32	0,42	0,60	0,19	0,20	0,22	0,31	0,75	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Zuidwest</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	0,24	0,25	0,27	0,30	0,34	0,42	0,55	0,24	0,26	0,31	0,45	0,80	1,00	
Februari	0,38	0,38	0,40	0,42	0,45	0,51	0,58	0,40	0,44	0,54	0,74	0,95	1,00	
Maart	0,41	0,39	0,39	0,40	0,42	0,45	0,49	0,45	0,52	0,67	0,87	0,98	1,00	
April	0,36	0,33	0,32	0,31	0,32	0,33	0,36	0,42	0,51	0,68	0,88	0,99	1,00	
Mei	0,44	0,38	0,35	0,33	0,33	0,33	0,34	0,53	0,67	0,86	0,98	1,00	1,00	
Juni	0,49	0,43	0,40	0,38	0,37	0,37	0,37	0,59	0,74	0,92	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,53	0,47	0,43	0,41	0,40	0,40	0,41	0,62	0,75	0,91	0,99	1,00	1,00	
Augustus	0,40	0,36	0,34	0,33	0,34	0,35	0,37	0,47	0,60	0,78	0,95	1,00	1,00	
September	0,39	0,37	0,36	0,36	0,37	0,40	0,43	0,44	0,53	0,68	0,88	0,99	1,00	
Oktober	0,35	0,34	0,34	0,36	0,38	0,42	0,48	0,38	0,44	0,57	0,78	0,96	1,00	
November	0,31	0,31	0,33	0,36	0,40	0,46	0,56	0,32	0,35	0,44	0,64	0,93	1,00	
December	0,26	0,28	0,30	0,33	0,38	0,47	0,60	0,26	0,28	0,33	0,48	0,85	1,00	

Oriëntatie	Zuidoost													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd				Hor.	Schuin naar beneden gekeerd							
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,25	0,26	0,28	0,31	0,36	0,43	0,55	0,26	0,28	0,34	0,51	0,87	1,00	
Februari	0,35	0,35	0,37	0,39	0,43	0,49	0,58	0,36	0,40	0,49	0,69	0,94	1,00	
Maart	0,38	0,37	0,37	0,38	0,40	0,44	0,49	0,42	0,49	0,62	0,82	0,97	1,00	
April	0,39	0,36	0,34	0,33	0,33	0,34	0,36	0,46	0,57	0,75	0,93	1,00	1,00	
Mei	0,47	0,41	0,37	0,35	0,34	0,34	0,34	0,57	0,73	0,91	0,99	1,00	1,00	
Juni	0,53	0,46	0,42	0,39	0,38	0,37	0,37	0,63	0,77	0,93	1,00	1,00	1,00	
Juli	0,51	0,46	0,42	0,41	0,40	0,40	0,41	0,61	0,75	0,92	0,99	1,00	1,00	
Augustus	0,46	0,41	0,38	0,37	0,36	0,36	0,37	0,55	0,68	0,86	0,98	1,00	1,00	
September	0,38	0,36	0,35	0,35	0,37	0,39	0,43	0,42	0,51	0,66	0,87	0,99	1,00	
Oktober	0,33	0,32	0,33	0,34	0,37	0,41	0,48	0,35	0,41	0,52	0,75	0,96	1,00	
November	0,30	0,30	0,32	0,35	0,39	0,46	0,56	0,30	0,33	0,41	0,61	0,91	1,00	
December	0,25	0,26	0,28	0,32	0,37	0,46	0,60	0,25	0,26	0,30	0,44	0,81	1,00	
Oriëntatie	West													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd				Hor.	Schuin naar beneden gekeerd							
	Helling t.o.v. horizontaal													
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	0,49	0,49	0,50	0,51	0,53	0,55	0,55	0,50	0,55	0,61	0,74	0,91	1,00	
Februari	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,58	0,63	0,67	0,76	0,86	0,97	1,00	
Maart	0,57	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,61	0,67	0,76	0,88	0,97	1,00	
April	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,36	0,48	0,55	0,66	0,81	0,96	1,00	
Mei	0,47	0,43	0,40	0,37	0,36	0,35	0,34	0,54	0,63	0,76	0,89	0,98	1,00	
Juni	0,49	0,45	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,56	0,65	0,77	0,91	0,99	1,00	
Juli	0,55	0,51	0,48	0,45	0,43	0,42	0,41	0,60	0,69	0,79	0,91	0,99	1,00	
Augustus	0,46	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,52	0,60	0,72	0,87	0,98	1,00	

September	0,53	0,50	0,48	0,47	0,46	0,44	0,43	0,57	0,64	0,74	0,87	0,97	1,00	
Oktober	0,57	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,48	0,61	0,67	0,76	0,87	0,97	1,00	
November	0,62	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57	0,56	0,65	0,70	0,78	0,88	0,97	1,00	
December	0,61	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61	0,60	0,62	0,66	0,74	0,83	0,95	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Oost</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56	0,55	0,59	0,62	0,71	0,83	0,96	1,00	
Februari	0,54	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,57	0,61	0,70	0,83	0,96	1,00	
Maart	0,53	0,51	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,56	0,62	0,71	0,84	0,96	1,00	
April	0,50	0,46	0,43	0,41	0,40	0,38	0,36	0,55	0,64	0,76	0,89	0,98	1,00	
Mei	0,54	0,49	0,45	0,41	0,38	0,36	0,34	0,62	0,73	0,84	0,94	0,99	1,00	
Juni	0,53	0,49	0,46	0,43	0,41	0,39	0,37	0,59	0,68	0,79	0,91	0,99	1,00	
Juli	0,54	0,49	0,47	0,44	0,43	0,42	0,41	0,60	0,69	0,80	0,92	0,99	1,00	
Augustus	0,57	0,52	0,48	0,45	0,42	0,39	0,37	0,63	0,73	0,84	0,94	0,99	1,00	
September	0,51	0,48	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43	0,56	0,63	0,74	0,87	0,98	1,00	
Oktober	0,52	0,50	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,55	0,62	0,72	0,85	0,96	1,00	
November	0,58	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,60	0,66	0,73	0,85	0,96	1,00	
December	0,55	0,54	0,55	0,57	0,58	0,59	0,60	0,56	0,60	0,68	0,78	0,94	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noordwest</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	0,97	0,97	0,98	0,97	0,94	0,77	0,55	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	
Februari	0,94	0,93	0,92	0,89	0,84	0,71	0,58	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	
Maart	0,85	0,83	0,80	0,75	0,67	0,57	0,49	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1,00	
April	0,66	0,62	0,58	0,53	0,47	0,41	0,36	0,70	0,76	0,83	0,91	0,98	1,00	

Mei	0,65	0,59	0,54	0,48	0,41	0,37	0,34	0,70	0,77	0,84	0,92	0,98	1,00	
Juni	0,63	0,58	0,53	0,48	0,43	0,39	0,37	0,69	0,75	0,84	0,92	0,98	1,00	
Juli	0,69	0,65	0,60	0,54	0,48	0,44	0,41	0,74	0,79	0,86	0,93	0,99	1,00	
Augustus	0,66	0,61	0,57	0,51	0,45	0,40	0,37	0,71	0,77	0,85	0,93	0,99	1,00	
September	0,80	0,78	0,74	0,69	0,60	0,50	0,43	0,84	0,88	0,92	0,96	0,99	1,00	
Oktober	0,92	0,90	0,88	0,84	0,74	0,60	0,48	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,00	
November	0,99	0,98	0,98	0,96	0,91	0,74	0,56	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,86	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<b>Oriëntatie</b>	<b>Noordoost</b>													
	<b>Vert.</b>	<b>Schuin naar boven gekeerd</b>				<b>Hor.</b>	<b>Schuin naar beneden gekeerd</b>							
		<b>Helling t.o.v. horizontaal</b>												
<b>Maand</b>	<b>90°</b>	<b>75°</b>	<b>60°</b>	<b>45°</b>	<b>30°</b>	<b>15°</b>	<b>0°</b>	<b>105°</b>	<b>120°</b>	<b>135°</b>	<b>150°</b>	<b>165°</b>	<b>180°</b>	
Januari	1,00	0,99	0,99	0,99	0,95	0,79	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Februari	0,91	0,91	0,89	0,86	0,80	0,69	0,58	0,93	0,95	0,96	0,98	1,00	1,00	
Maart	0,82	0,80	0,77	0,73	0,66	0,56	0,49	0,85	0,89	0,92	0,96	0,99	1,00	
April	0,75	0,70	0,65	0,59	0,50	0,42	0,36	0,80	0,85	0,92	0,96	0,99	1,00	
Mei	0,74	0,68	0,61	0,53	0,44	0,38	0,34	0,80	0,86	0,92	0,97	1,00	1,00	
Juni	0,66	0,61	0,57	0,51	0,45	0,40	0,37	0,71	0,78	0,85	0,94	0,99	1,00	
Juli	0,69	0,64	0,59	0,53	0,48	0,43	0,41	0,74	0,80	0,88	0,95	0,99	1,00	
Augustus	0,80	0,74	0,68	0,60	0,50	0,42	0,37	0,85	0,90	0,94	0,98	1,00	1,00	
September	0,80	0,77	0,73	0,67	0,59	0,50	0,43	0,85	0,88	0,93	0,96	0,99	1,00	
Oktober	0,90	0,87	0,85	0,80	0,71	0,59	0,48	0,91	0,93	0,95	0,98	0,99	1,00	
November	0,98	0,97	0,96	0,95	0,90	0,73	0,56	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,84	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Oriëntatie	Noord													
	Vert.	Schuin naar boven gekeerd				Hor.	Schuin naar beneden gekeerd							
		Helling t.o.v. horizontaal												
Maand	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Januari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Februari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Maart	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,61	0,49	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
April	0,97	0,96	0,94	0,82	0,56	0,43	0,36	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	
Mei	0,91	0,88	0,80	0,58	0,46	0,39	0,34	0,93	0,95	0,97	0,98	1,00	1,00	
Juni	0,84	0,80	0,69	0,53	0,45	0,40	0,37	0,88	0,92	0,95	0,97	0,99	1,00	
Juli	0,89	0,85	0,76	0,59	0,50	0,44	0,41	0,91	0,94	0,96	0,98	1,00	1,00	
Augustus	0,96	0,94	0,90	0,70	0,52	0,43	0,37	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	
September	1,00	0,99	0,99	0,96	0,72	0,53	0,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oktober	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,66	0,48	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
November	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	0,56	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
December	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

### 17.3.8 Uitgebreide methode ten aanzien van beschaduwing

De uitgebreide methode kan worden gebruikt als alternatief voor de eenvoudige methode uit 17.3.2, bijv. indien de eenvoudige methode te conservatief wordt geacht.

Het principe van de bepaling van de beschaduwingsreductiefactoren voor de verrekening van het effect van beschaduwing door belemmeringen en/of overstekken is als volgt.

- Bepaal voor ieder uur van de beschouwde periode het volgende.
  - Bepaal volgens NEN 5060 voor een onbelemmerd vlak met gegeven helling en oriëntatie gelijk aan de helling en oriëntatie van het zonontvangende vlak:
    - de zonnestand (zonshoogte en zonsazimut);
    - de totale sterkte van de zonnestraling;
    - het gedeelte van de zonnestraling dat uit de richting van de zon komt. Dit is de component 'directe zonnestraling' plus de component 'circumsolaire zonnestraling'.
  - Bepaal of zich tussen het midden van het zonontvangende vlak en de zon een belemmering en/of overstek bevindt.

3) Indien zich tussen het midden van het zonontvangende vlak en de zon een belemmering en/of overstek bevindt (zie 2), dan geldt voor het desbetreffende uur:

- de bijdrage aan de hoeveelheid zonnestraling ‘berekend’ is de totale sterkte van de zonnestraling minus het gedeelte van de sterkte van de zonnestraling dat uit de richting van de zon komt (zie 1);
- de bijdrage aan de hoeveelheid zonnestraling ‘onbelemmerd’ is de totale sterkte van de zonnestraling.

Indien zich tussen het midden van het zonontvangende vlak en de zon geen belemmering en geen overstek bevindt (zie 2), dan geldt voor het desbetreffende uur:

- de bijdrage aan de hoeveelheid zonnestraling ‘berekend’ is de totale sterkte van de zonnestraling;
- de bijdrage aan de hoeveelheid zonnestraling ‘onbelemmerd’ is de totale sterkte van de zonnestraling.

b) Bepaal de beschaduwingsreductiefactor,  $F_{sh;obst;mi}$ , voor iedere maand door de som van de bijdragen aan de hoeveelheid zonnestraling ‘berekend’ over alle uren in elke maand te delen door de som van de bijdragen aan de hoeveelheid zonnestraling ‘onbelemmerd’ over alle uren in de bijbehorende maand.

Bij de bepaling van de beschaduwing van daglichtopeningen voor verwarming moet worden uitgegaan van belemmeringen met een minimale hoogte  $h_b$  van ten minste 0,36 m (belemmeringshoek  $\alpha_b = 20^\circ$ ).

**OPMERKING 1** Dit uitgangspunt is toegevoegd omdat belemmeringen buiten het eigen perceel niet individueel in beschouwing worden genomen (zie 17.3.1, opmerking 9), maar hiermee op een uniforme manier als een gemiddelde belemmering buiten het eigen perceel wordt meegenomen.

**OPMERKING 2** In 17.3.8 worden onder belemmeringen alle obstakels verstaan gezien vanaf de grond, en worden onder overstekken alle obstakels verstaan gezien vanuit de hemel. Zijbelemmeringen vallen dus bijv. onder belemmeringen.

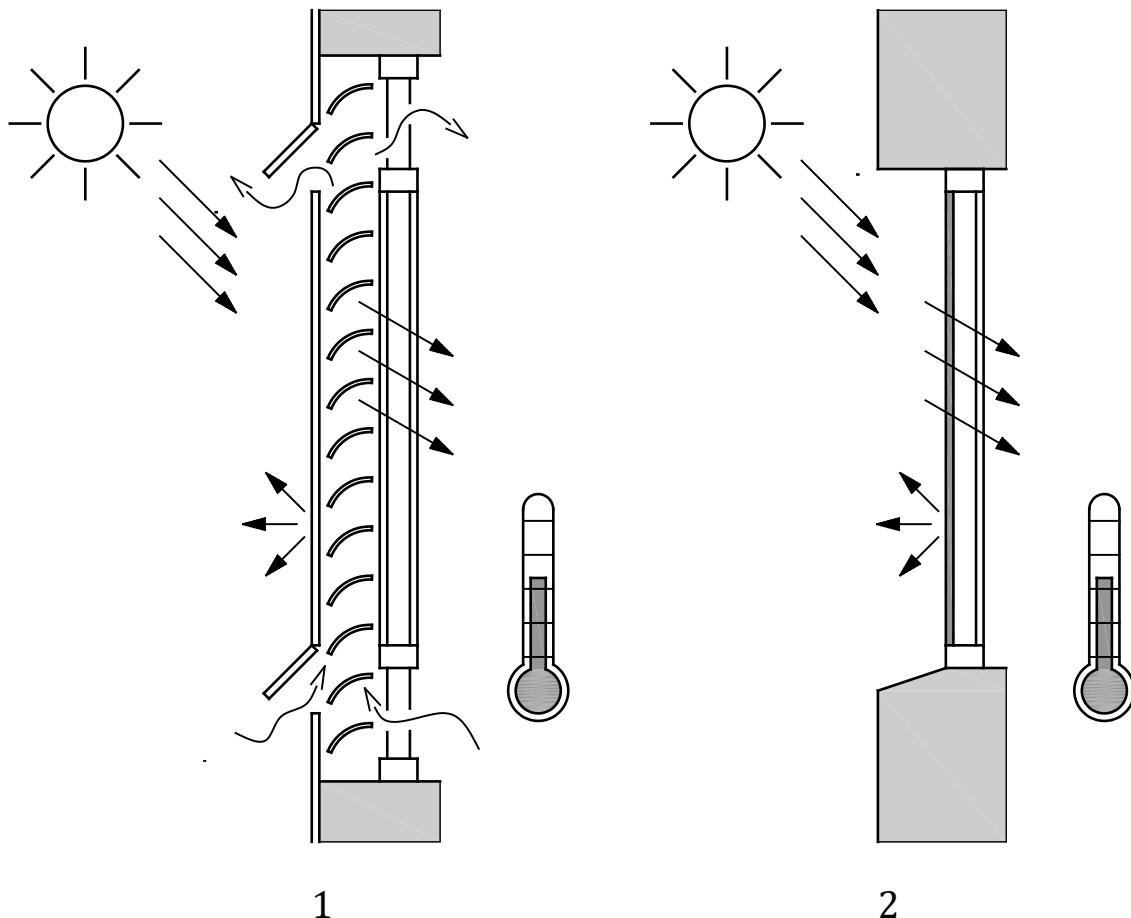
**OPMERKING 3** In werkelijkheid kan de hoeveelheid zonnestraling die het beschaduwde vlak bereikt vanuit een andere richting dan van de zon zowel meer als minder zijn ten opzichte van de onbelemmerde situatie. Bijv.: een belemmering bestaand uit een wit gebouw in het zichtveld van een daglichtopening op een noordoriëntatie leidt tijdens zonnige uren tot meer zonnestraling op deze daglichtopening dan bij afwezigheid van die belemmering. Om die reden is bij de bepaling van de beschaduwingsreductiefactoren als uitgangspunt gekozen dat de belemmering en/of het overstek de directe zonnestraling van de zon en de diffuse straling uit de nabijheid van de zon (circumsolaire zonnestraling) geheel afschermt, maar de homogeen diffuse straling, de straling uit de omgeving van de horizon en de door de grond gereflecteerde straling, ongemoeid laat.

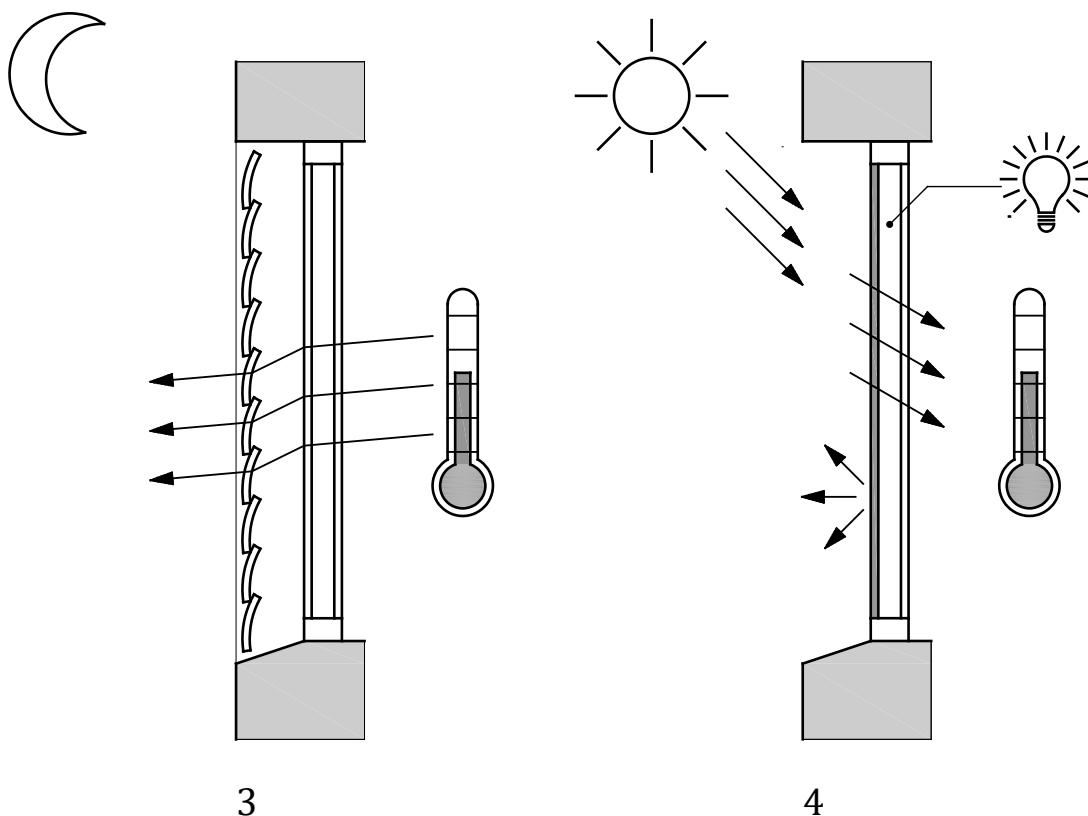
**Bijlage A**  
(normatief)**Dynamische transparante gebouwelementen****A.1 Algemeen**

Deze bijlage geeft de procedures voor de energieberekeningen voor dynamische transparante gebouwelementen.

Dynamische transparante gebouwelementen zijn elementen met thermische en/of zonwerende en/of visuele eigenschappen die veranderen afhankelijk van de randvoorwaarden. Dit kan een passieve verandering zijn of het gevolg van een actieve regeling.

OPMERKING Voorbeelden worden gegeven in figuur A.1.





### Legenda

- 1 voorbeeld van een gevelelement met beweegbare zonwering en ventilatie
- 2 voorbeeld van schakelbare beglazing
- 3 voorbeeld van een thermisch geïsoleerd luik
- 4 voorbeeld van een raam met ingebouwd zonnepaneel (pv)

**Figuur A.1 — Voorbeelden van dynamische transparante elementen**

Waar daglichtdoorlatting een rol speelt, is de visuele transmissie (in de vorm van de lichttoetredingsfactor) een input voor licht en lichtsystemen volgens hoofdstuk 14.

Waar ventilatie door de dynamische gebouwelementen een rol speelt, heeft de desbetreffende aanvoer- of afvoerluchtstroom een relatie met ventilatie volgens hoofdstuk 11. De desbetreffende aanvullende warmtetoever of -afvoer door luchtcirculatie of ventilatie via het dynamische gebouwelement wordt meegenomen bij de effectieve  $U$ -waarde en  $g$ -waarde, volgens hoofdstuk 7, zoals hieronder bepaald.

### A.2 Raam met beweegbare luiken of zonwering

Volgens de principes van gebouwautomatisering en -regeling zoals beschreven in o.a. EN 15323-1, zijn de volgende doelstellingen te onderscheiden voor de regeling van beweegbare luiken en zonwering:

- doelstelling van regeling luiken: thermische isolatie en/of inbraakbescherming;
- doelstelling van regeling zonwering: zonwering voor het voorkomen van oververhitting en verblinding.

Voor beweegbare luiken en zonwering zijn vier regelmethoden te onderscheiden:

0. handmatig: energiebesparing en comfort afhankelijk van gebruikersgedrag;
1. gemotoriseerd met handbediening: meestal gebruikt voor makkelijke handmatige bediening (door motor ondersteund), energiebesparing en comfort afhankelijk van gebruikersgedrag;
2. gemotoriseerd met automatische regeling: automatische regeling om energiegebruik te minimaliseren;
3. gecombineerde regeling voor licht/zonwering/HVAC: om energiegebruik voor HVAC, zonwering en licht te minimaliseren in bezette en onbezette ruimten.

Afhankelijk van de regelmethode (regelmethode 0 tot 3 hierboven), wordt in de berekeningen uitgegaan van een gebruik afhankelijk van de klimaatfactoren, gebruiksvoorwaarden en een aangenomen (standaard) gebruikersgedrag. De gebruiksvprofielen worden gespecificeerd voor elke ruimtecategorie in NEN-EN 15232-1:2017.

Luiken zijn met name 's nachts in gebruik wanneer er geen behoefte is aan daglicht en uitzicht door de ramen. Typische randvoorwaarden voor toepassing van luiken in dit document zijn als volgt:

- tijd van zonsopkomst en zonsondergang;
- bezettingsperiode;
- buitentemperatuur.

Het gebruik van zonwering is met name in perioden met een hoge zonnestralingsintensiteit. Typische randvoorwaarden voor toepassing van zonwering in dit document zijn als volgt:

- seizoen;
- bezettingsperiode;
- binnentemperatuur;
- intensiteit van zonnestraling op het transparante element.

In het geval van regelmethode 3 worden de randvoorwaarden voor toepassing complexer.

## A.3 Effect op energie-, warmtelast- of temperatuurberekening

### A.3.1 Algemeen

Voor de maandelijkse berekeningsmethode kunnen de gebruiksvstanden niet direct worden afgeleid van de randvoorwaarden, behalve als de variatie van eigenschappen is bepaald op maandbasis of seizoensgebonden.

#### Methode A:

##### Stap 1:

Als de relevante randvoorwaarden van het transparante element vooraf bekend zijn, zoals de bezetting, buitentemperatuur of zonnestralingsintensiteit en lichtsterkte daglicht, dan wordt een eerste-orde-benadering toegepast. In dit geval wordt voor de buitentemperatuur of voor de zonnestralingsintensiteit en lichtsterkte daglicht, het gewogen gemiddelde van de betreffende eigenschap berekend. Dit wordt gedaan door alle tijdintervallen (uren)  $\Delta t_h$  van de maand bij elkaar op te tellen:

$$U_{mi;mn} = \frac{\sum_t (U_{dyn;i} \cdot \Delta\theta_{int-e;t})}{\sum_t (\Delta\theta_{int-e;t})} \quad (A.1)$$

$$g_{mi;mn} = \frac{\sum_t (g_{dyn;i} \cdot I_{sol;t})}{\sum_t I_{sol;t}} \quad (A.2)$$

$$\tau_{sol;mi;mn} = \frac{\sum_t (\tau_{sol;dyn;i} \cdot I_{sol;t})}{\sum_t I_{sol;t}} \quad (A.3)$$

$$\tau_{vis;mi;mn} = \frac{\sum_t (\tau_{vis;dyn;i} \cdot E_{v;t})}{\sum_t E_{v;t}} \quad (A.4)$$

waarin:

- $U_{mi;mn}$  is de maandelijks gemiddelde  $U$ -waarde op basis van verschillende waarden  $U_{dyn;i}$  bij verschillende toestanden  $i$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;
- $g_{mi;mn}$  is de maandelijks gemiddelde  $g$ -waarde op basis van verschillende waarden  $g_{dyn;i}$  bij verschillende toestanden  $i$ ;
- $\tau_{sol;mi;mn}$  is de maandelijks gemiddelde waarde van de eigenschap  $\tau_{sol}$ , op basis van verschillende waarden  $\tau_{sol;dyn;i}$  bij verschillende toestanden  $i$ ;
- $\tau_{vis;mi;mn}$  is de maandelijks gemiddelde waarde van  $\tau_{vis}$ , op basis van verschillende waarden  $\tau_{vis;dyn;i}$  bij verschillende toestanden  $i$ ;
- $\Delta\theta_{int-e}$  is de benadering voor het verschil tussen de binnen- en de buitentemperatuur, in K; in dit temperatuurverschil is de binnentemperatuur de setpointtemperatuur, waar haalbaar en mogelijk gecorrigeerd voor onderbrekingen. Deze binnentemperatuur kan één maandelijks tijdgemiddelde waarde zijn of een waarde voor perioden met verwarming/koeling en een andere waarde voor perioden van onderbreking (zie 7.9);

**OPMERKING** Een verlaagde setpoint tijdens onderbreking geeft meestal geen goede benadering, omdat de ondergrens bijna nooit kan worden bereikt.

- $I_{sol;tot;t}$  is de totale (directe + diffuse) zonnestraling op het transparante element, in  $\text{W}/\text{m}^2$ ;
- $E_{v;t}$  is de globale intensiteit van daglicht op het transparante element, in  $\text{Lx}$ ;
- $\Delta t_h$  is het tijdinterval, in uren;
- $i$  is een index voor de verschillende toestanden; kan verschillen per uur, afhankelijk van een of meerdere randvoorwaarden, zoals beschreven in I.2.1.

Zowel de totale zonnestraling als de globale intensiteit van daglicht hangt af van de oriëntatie en de hellingshoek van het transparante element en van de externe belemmering (beschaduwing).

**Stap 2:**

Vervolgens kunnen de correctiefactoren worden toegepast. Hierdoor wordt rekening gehouden met de dynamische effecten door traagheid van het gebouw en/of door de dynamische wisselwerking met andere fysieke processen. Deze correctiefactoren kunnen worden afgeleid door de resultaten van de berekeningen per uur te vergelijken met een serie representatieve situaties.

**Methode B:**

Als de relevante randvoorwaarden van het transparante element vooraf niet bekend zijn, bijv. omdat ze afhankelijk zijn van de warmte- of koudebehoefte, is de maandelijkse methode (A) niet toepasbaar.

In principe kan dan een benadering worden gemaakt door:

**Stap 1:**

Kies een van de toestanden voor de waardebepaling van de betreffende eigenschap.

**Stap 2:**

Gelijk aan stap 2 van methode A.

## Bijlage B (normatief)

### Bepaling effectieve interne warmtecapaciteit

#### B.1 Principe

De effectieve interne warmtecapaciteit wordt bepaald door voor alle constructies die in een rekenzone zijn gelegen of een rekenzone begrenzen, na te gaan in hoeverre de thermische capaciteit direct aan de ruimte grenst, waardoor overtollige warmte tijdelijk kan worden opgeslagen.

#### B.1.1 Rekenregel

Bereken de effectieve interne warmtecapaciteit van een rekenzone als de som van de thermisch werkzame massa van alle constructieonderdelen die in een rekenzone zijn gelegen of een rekenzone omhullen, met dien verstande dat constructieonderdelen gelegen in een verblijfsgebied die geen bouwconstructie zijn, buiten beschouwing moeten blijven, volgens:

$$C_{mi} = \rho_1 \times c_1 \times d_1 \times A_1 + \rho_2 \times c_2 \times d_2 \times A_2 + \dots \quad (\text{B.1})$$

waarin:

$C_{mi}$  is de effectieve interne warmtecapaciteit van de rekenzone, in J/K;

$\rho_{1,2,\dots}$  is de volumieke massa van de materialen van constructieonderdeel 1,2,..., in kg/m<sup>3</sup>;

$c_{1,2,\dots}$  is de soortelijke warmte van de materialen van constructieonderdeel 1,2,..., bepaald volgens NEN-EN-ISO 10456:2008, in J/kgK;

$d_{1,2,\dots}$  is de werkzame dikte van de materialen van constructieonderdeel 1,2,..., bepaald volgens E.2, in m;

$A_{1,2,\dots}$  is de oppervlakte van constructieonderdeel 1,2,..., in m<sup>2</sup>, dat in de rekenzone is gelegen of de rekenzone omhult, met dien verstande dat constructieonderdelen in een rekenzone die geen bouwconstructie zijn, zoals een niet-dragende binnenwand, buiten beschouwing moeten blijven.

OPMERKING 1 Alleen niet-afgeschermde constructieonderdelen van steenachtige materialen dragen substantieel bij aan de effectieve interne warmtecapaciteit.

OPMERKING 2 Voor inwendige scheidingsconstructies zoals wanden en vloeren wordt voor twee zijden de thermisch werkzame massa bepaald.

OPMERKING 3 Binnenwanden die geen deel uitmaken van de (vergunningsplichtige) bouwconstructie worden voor de berekening van de effectieve interne warmtecapaciteit buiten beschouwing gelaten.

#### B.1.2 Bepaling werkzame dikte

Bepaal de werkzame dikte  $d$ , in m, als de dikte van het constructieonderdeel, voor zover de warmteverstand van het constructieonderdeel gerekend loodrecht vanaf het binnenoppervlak minder bedraagt dan 0,25 m<sup>2</sup>K/W.  $d$  mag daarbij niet meer dan 100 mm en niet meer dan de helft van de totale dikte van de constructie bedragen.

Bij vrijhangende plafondconstructies mag, indien een aandeel van ten minste netto 15 % van de plafondoppervlakte open is, de warmteweerstand van de vrijhangende plafondconstructie buiten beschouwing blijven voor de bepaling van de warmteweerstand van het constructieonderdeel vanaf het binnenoppervlak.

## Bijlage C (normatief)

### Bepaling van de warmteweerstand van afzonderlijke constructieonderdelen, $R_C$

#### C.1 Bepaling van de warmteweerstand

##### C.1.1 Inleiding

Een scheidingsconstructie kan bestaan uit afzonderlijke elementen als bedoeld in 8.1. De warmteweerstand van de afzonderlijke, ondoorschijnende elementen van de gebouwomhulling of van een paneel of deurblad, zoals benoemd in 8.2.2.1, moet worden bepaald volgens C.1.2.

Als de verhouding van de warmtegeleidingscoëfficiënt van twee verschillende materialen in het deurblad (schroeven, spijkers enz. zijn uitgesloten) groter is dan 1:5, dan mag de thermische kwaliteit van een deurblad niet worden bepaald volgende de methode beschreven in C.1.2. In dat geval moet voor het bepalen van de thermische kwaliteit van het deurblad gebruik worden gemaakt van de numerieke berekening beschreven in 8.2.2.2.

De equivalente warmteweerstand van een ondoorschijnend, vlak element van de gebouwomhulling of van een raam of deur (inclusief kozijn), zoals benoemd in 8.2.2.1, moet worden bepaald volgens C.1.3.

**OPMERKING 1** De hieronder uitgewerkte bepalingsmethode voor de warmteweerstand van constructies is de Nederlandse implementatie van hoofdstuk 5 en 6 van NEN-EN-ISO 6946:2017.

**OPMERKING 2** Bij de bepaling van de equivalente warmteweerstand wordt het positief effect van een aangrenzende onverwarmde ruimte verdisconteerd.

##### C.1.2 De warmteweerstand van een afzonderlijk (constructie)onderdeel, $R_C$

De warmteweerstand,  $R_C$ , in  $(m^2 \cdot K)/W$ , van een constructieonderdeel wordt berekend met:

$$R_C = \frac{1}{U_C} - R_{si} - R_{se} \quad (C.1)$$

ofwel:

$$R_C = \frac{R_T}{(1 + \beta)} - R_{si} - R_{se} \quad (C.2)$$

**OPMERKING 1** De warmteweerstand,  $R_C$ , van geventileerde onverwarmde ruimten kan worden ontleend aan C.4.

met:

— voor enkelvoudige constructies:

$$R_T = R_{si} + \sum_i (R_{m,i}) + R_{se} \quad (C.3)$$

— voor samengestelde constructies:

$$R_T' = \frac{a' \times R_{T'} + R_{T''}}{1 + 1,05 \times a'} \quad (C.4)$$

**OPMERKING 2** Deze formule is een Nederlandse aanpassing van formule (5) uit NEN-EN-ISO 6946:2017.

waarin:

$U_C$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het onderdeel, bepaald volgens 8.2.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{m;i}$  is de warmteweerstand van constructielag  $i$ , in  $(m^2 \cdot K)/W$ , bepaald:

- voor luchtlagen, als  $R_{cav}$ , overeenkomstig C.3;
- voor materialen als  $R_{calc}$  overeenkomstig E.2;

$a'$  is een weegfactor, ontleend aan tabel C.1.

$R_T'$  is de bovengrens van de totale warmteweerstand, volgens formule (C.5), in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$$R_T' = \frac{A_{con}}{A_a \times U_{T;a} + A_b \times U_{T;b} + \dots} \quad (C.5)$$

$R_T''$  is de ondergrens van de totale warmteweerstand, volgens formule (C.6), in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$$R_T'' = \sum_j \left( \frac{d_j}{\lambda_j''} \right) + R_{si} + R_{se} \quad (C.6)$$

met:

$\lambda_j''$  is de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt van laag  $j$ , bepaald tot op drie decimalen nauwkeurig volgens formule (C.7), in  $W/(m \cdot K)$ ;

$$\lambda_j'' = \frac{\lambda_{a;j} \times A_a + \lambda_{b;j} \times A_b + \dots}{\Sigma A} \quad (C.7)$$

waarin:

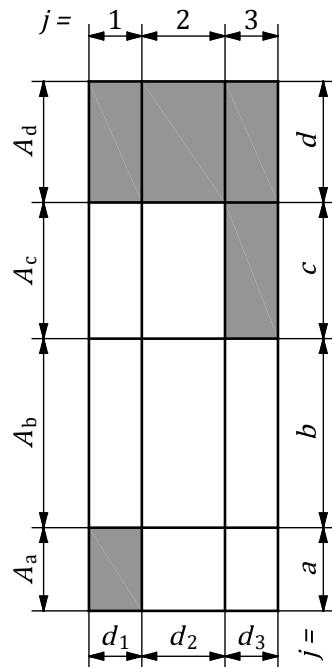
$A_{con}$  is de geprojecteerde oppervlakte van de scheidingsconstructie, bepaald volgens bijlage K, in  $m^2$ ;

$A_a, A_b$  zijn de geprojecteerde oppervlakten van de sectie a, b, ... enz., in  $m^2$ ;

$U_{T;a}, U_{T;b}$  zijn de warmtedoorgangscoëfficiënten van de sectie a, b, ... enz., bepaald volgens 8.2, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$d_j$  is de dikte van de denkbeeldige laag  $j$  volgens de opsplitsing in lagen volgens K.1.3, in m;

$\lambda_{i,j}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van sectie a, b, ... binnen laag  $j$ , in W/(m·K);



**Figuur C.1 — Opsplitsing van een samengestelde constructie in secties a, b, ... en lagen j**

en

$$\beta = R_T \times \Delta U \quad (C.8)$$

waarin:

$\Delta U$  is de toeslagfactor voor eventuele convectie, ankers en regenwater/drainage, bepaald volgens 8.2.2.2.2, in W/(m<sup>2</sup>·K). De toeslagfactor moet worden toegepast als deze meer dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoëfficiënt,  $U_T$ , bedraagt volgens

formule (8.6):  $U_T = \frac{1}{R_T}$ . In andere gevallen bedraagt de toeslagfactor  $\Delta U$  0 W/(m<sup>2</sup>·K).

De toeslagfactor  $\Delta U$  moet worden toegepast als deze meer dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoëfficiënt,  $U_T$ , bedraagt.  $U_T$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de totale constructie zonder correctie op de  $U$ -waarde, in W/(m<sup>2</sup>·K), bepaald volgens 8.2.2.2.1.

Als de toeslagfactor  $\Delta U$  minder dan 3 % van de berekende warmtedoorgangscoëfficiënt,  $U_T$ , bedraagt, dan is  $\Delta U$  gelijk aan 0 W/(m<sup>2</sup>·K).

**OPMERKING 3**  $U_{T,a}$ ,  $U_{T,b}$ , enz. zijn de warmtedoorgangscoëfficiënten van secties van de constructie die worden bepaald uit de ongecorrigeerde warmteweerstanden van deze secties met:  $U_{T;a,b,...} = \frac{1}{R_{T;a,b,...}}$

**OPMERKING 4** Bij de berekening van de warmteweerstand worden tussenresultaten niet, of anders ten minste op drie decimalen, rekenkundig afgerond. De  $R_c$ -waarde betreft een eindresultaat en moet rekenkundig op twee decimalen worden afgerond.

Wanneer een warmteweerstand moet worden getoetst aan een met een bepaald aantal decimalen gegeven criterium, dan wordt de aldus berekende  $R_c$ -waarde rekenkundig afgerond op het gewenste aantal decimalen.

In de bouwregelgeving zijn warmteweerstandseisen opgenomen. Hierbij is aangegeven dat de warmteweerstand ten minste een bepaalde waarde bedraagt. In de bouwregelgeving is de warmteweerstandseis met één decimaal gegeven, bijvoorbeeld een warmteweerstand van ten minste  $4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Een waarde van  $4,65 \text{ m}^2\text{K/W}$  wordt afgerond naar  $4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$  en voldoet dus aan een grenswaarde van  $4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Een waarde van  $4,64 \text{ m}^2\text{K/W}$  wordt afgerond naar  $4,6 \text{ m}^2\text{K/W}$  en voldoet dus niet aan een grenswaarde van  $4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

**Tabel C.1 — Bepaling weegfactor  $a'$**

$R_{T'} \leq 1,05 \times R_{T''}$	$a' = 0$
$R_{T'} > 1,05 \times R_{T''}$	
Indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $\lambda > 0,30 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (bijvoorbeeld steenachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met $d > 20 \text{ mm}$	$a' = 0$
Indien de isolatielaag wordt doorbroken door een materiaal met $0,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K}) < \lambda \leq 0,30 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (bijvoorbeeld houtachtig materiaal) zonder directe thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $d > 20 \text{ mm}$	$a' = 0,5$
 <b>niet-afgeschermd</b>	 <b>indirect</b>
<b>Doorbroken isolatielaag in samengestelde constructie</b>	
Indien de isolatielaag wordt doorbroken door metalen delen met aan één zijde thermische afscherming met een isolatielaag met een dikte $20 \text{ mm} < d \leq 30 \text{ mm}$	$a' = 0,5$
 <b>Isolatielaag doorbroken door metalen delen, eenzijdig thermisch afgeschermd</b>	
Alle overige situaties	$a' = 1$

### C.1.3 Equivalente warmteweerstand van een (constructie)onderdeel dat een verwarmde ruimte afscheidt van een onverwarmde ruimte, $R_{eq}$

De equivalente warmteweerstand  $R_{eq}$ , in  $(m^2 \cdot K)/W$ , van een constructieonderdeel dat een verwarmde ruimte afscheidt van een onverwarmde ruimte wordt berekend met:

$$R_{eq} = \frac{1}{U_{iu;eq}} - R_{si} - R_{se} \quad (C.9)$$

waarin:

$U_{iu;eq}$  is de equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt van het onderdeel, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

De equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt,  $U_{iu;eq}$ , in  $W/(m^2 \cdot K)$ , van een constructieonderdeel dat een verwarmde ruimte afscheidt van een onverwarmde ruimte volgt uit:

$$U_{iu;eq} = U_C \times b_U \quad (C.10)$$

waarin:

$U_C$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het constructieonderdeel, bepaald volgens 8.2.2.2.1, in  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$b_U$  is de reductiefactor, bepaald volgens 8.4.1.

Bij de bepaling van de  $U$ -waarde van het constructieonderdeel in formule (C.10) moet worden gerekend met een warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom van  $R_{se} = 0,04$   $(m^2 \cdot K)/W$ . De hogere  $R_{se}$ -waarden die in feite gelden voor de uitgaande warmtestroom ter plaatse van de onverwarmde ruimte behoren reeds te zijn verdisconteerd bij de berekening van de reductiefactor  $b_U$ .

In geval van een geventileerde onverwarmde ruimte mag de equivalente warmteweerstand  $R_{eq}$ , in  $(m^2 \cdot K)/W$ , ook worden berekend met:

$$R_{eq} = R_{iu;eq} - R_{si} - R_{se} \quad (C.11)$$

waarin:

$R_{iu;eq}$  is de equivalente warmteweerstand van het constructieonderdeel tussen de verwarmde ruimte en de geventileerde onverwarmde ruimte, in  $W/(m^2 \cdot K)$ , bepaald volgens C.4.3;

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de ingaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

## C.2 Warmteovergangsweerstand, $R_{si}$ en $R_{se}$

De warmteovergangsweerstanden  $R_{si}$  en  $R_{se}$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , worden, tenzij bij desbetreffende formules anders is aangegeven, ontleend aan tabel C.2.

**OPMERKING 1** De in tabel C.2 gegeven warmteovergangsweerstanden zijn overgenomen uit 6.8 van NEN-EN-ISO 6946:2017.

**OPMERKING 2** Voor drijvende bouwwerken wordt transmissie naar water als transmissie naar buitenlucht berekend; hiervoor dient dus met de warmteovergangsweerstand uit tabel C.2 gerekend te worden.

**Tabel C.2 — Warmteovergangsweerstanden bij verschillende warmtestroomrichtingen**

<b>Warmteovergangs-weerstand</b>	<b>Richting van de warmtestroom</b>		
	<b>Omhoog</b>	<b>Horizontaal</b>	<b>Omlaag</b>
$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$	0,04	0,04	0,04

OPMERKING 1 De warmteovergangsweerstanden zijn van toepassing op oppervlakken in contact met lucht. Raken oppervlakken een ander materiaal, dan zijn geen warmteovergangsweerstanden van toepassing.  
 OPMERKING 2 De waarden voor de warmteovergangsweerstand van binnenwerkse oppervlakken zijn berekend voor  $\varepsilon = 0,9$  en met  $h_{r0}$  bij  $20^\circ\text{C}$ . De waarden voor de warmteovergangsweerstand van buitenwerkse oppervlakken zijn berekend voor  $\varepsilon = 0,9$ , met  $h_{r0}$  bij  $10^\circ\text{C}$  en  $v = 4 \text{ m/s}$ .

**OPMERKING 3** De waarden onder ‘horizontaal’ zijn van toepassing op warmtestroomrichtingen tot  $+ 30^\circ$  en  $- 30^\circ$  van het horizontale vlak. De waarden ‘naar beneden’ en ‘naar boven’ zijn van toepassing op warmtestroomrichtingen tot  $+ 60^\circ$  en  $- 60^\circ$  van het verticale vlak.

## C.3 Warmteweerstand van luchtlagen

### C.3.1 Algemeen

Onderstaande methode voor de berekening van de warmteweerstand van niet-, zwak en sterk geventileerde luchtlagen,  $R_{cav}$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , is in overeenstemming met 6.9 van NEN-EN-ISO 6946:2017. Deze rekenmethode is geschikt voor luchtlagen waarbij de luchtlag:

- is gesitueerd tussen twee effectief parallelle oppervlakken loodrecht op de richting van de warmtestroom en met een emissiviteit  $\varepsilon \geq 0,8$ ;
- OPMERKING 1** De meeste materialen hebben een emissiviteit  $\varepsilon \geq 0,8$ .
- een dikte (gemeten in de richting van de warmtestroom) heeft kleiner dan 0,1 maal een van de andere luchtlagdimensies en/of kleiner dan of gelijk aan 0,30 m;
  - geen luchtuitwisseling heeft met de binnenruimte.

Voor situaties die niet voldoen aan bovenstaande condities wordt verwezen naar bijlage D van NEN-EN-ISO 6946:2017.

Bij componenten met luchtlagen met een dikte groter dan 0,30 m moeten geen quasi-eendimensionale warmtetransmissieberekeningen worden uitgevoerd. Hiervoor moet gebruik worden gemaakt van berekeningen op basis van een warmtebalans (zie NEN-EN-ISO 13789).

Voor de bepaling van de warmteweerstand van luchtlagen wordt bij een sterk geventileerde luchtlag anders dan een kruipruimte onder de vloer het constructieonderdeel op zodanige wijze getransformeerd dat alle buitenwaarts van die luchtlag gelegen materiaallagen zijn weggehaald. Wel moet dan voor de warmteovergangsweerstand aan de spouwzijde een buitenovergangsweerstand in rekening worden gebracht die uitgaat van stilstaande lucht.

Wat betreft het onderscheid tussen niet-, zwak en sterk geventileerde luchtlagen, wordt aangesloten bij Annex B van NEN-EN-ISO 6946:2017.

**OPMERKING 2** De invloed van open stootvoegen bestemd voor ventilatie in de spouw is verwaarloosbaar voor de totale vochthuishouding van het gemetselde buitenspouwblad. Deze kunnen derhalve achterwege blijven. Open stootvoegen bestemd voor afvoer van doorgeslagen regenwater worden niet als ventilatieopeningen beschouwd.

### C.3.2 Niet-geventileerde luchtlagen

Een niet-geventileerde luchtlag is een luchtlag zonder aangebrachte mogelijkheden voor luchtstroming. Luchtlagen zonder isolatie naar buiten en met kleine openingen naar de buitenlucht kunnen ook als niet-geventileerde luchtlag worden beschouwd wanneer die openingen niet zo zijn aangebracht dat een luchtstroming door de luchtlag kan plaatsvinden en wanneer die openingen niet groter zijn dan:

- 500 mm<sup>2</sup>/m luchtlagelengte in horizontale richting in geval van verticale luchtlagen;
- 500 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> luchtlagoppervlakte voor horizontale luchtlagen.

**OPMERKING 1** Open stootvoegen voor waterafvoer in het gemetselde buitenspouwblad voldoen gewoonlijk aan de hierboven genoemde criteria en worden daarom niet als ventilatieopeningen beschouwd.

De warmteweerstand van niet-geventileerde luchtlagen  $R_{cav;nv}$ , in (m<sup>2</sup>·K)/W, wordt ontleend aan tabel C.3 (horizontale warmtestromen) of tabel C.4 (verticale warmtestromen).

**OPMERKING 2** Onder horizontale warmtestromen worden warmtestromen verstaan die niet meer dan 30° van het horizontale vlak afwijken. In afwijking hiervan kan voor de bepaling van de warmteweerstand van schuine spouwen in daken gebruik worden gemaakt van de bepalingsmethode in bijlage D van ISO 6946:2017.

### C.3.3 Sterk geventileerde luchtlagen

Luchtlagen worden als sterk geventileerde luchtlag beschouwd, wanneer de openingen tussen de luchtlag en de buitenlucht groter dan of gelijk zijn aan:

- 1 500 mm<sup>2</sup>/m luchtlagelengte in horizontale richting in geval van verticale luchtlagen;
- 1 500 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> luchtlagoppervlakte voor horizontale luchtlagen.

De warmteweerstand van een sterk geventileerde luchtlag  $R_{cav;sv}$ , in (m<sup>2</sup>·K)/W, wordt bepaald met veronachting van de warmteweerstand van de luchtlag en alle lagen liggend tussen de luchtlag en de buitenlucht met inbegrip van stilstaande lucht. In afwijking hiervan mag de waarde voor  $R_{se}$  gelijk worden gesteld aan  $R_{si}$  volgens tabel C.2.

**OPMERKING** Als er sprake is van drukvereffening kan de spouw als 'sterk geventileerd' worden beschouwd. Er wordt verondersteld dat er drukvereffening optreedt op het moment dat de openingen tussen de luchtlagen en de buitenlucht een oppervlakte van niet meer dan 15 % van de totale oppervlakte bedragen. Als er geen drukvereffening optreedt, dan is er geen sprake van een sterk geventileerde luchtlag en wordt de situatie beoordeeld als ware er geen luchtlag.

### C.3.4 Zwak geventileerde luchtlagen

Luchtlagen worden als zwak geventileerde luchtlag beschouwd, wanneer de openingen  $A_v$ , in  $\text{mm}^2/\text{m}$ , of  $\text{mm}^2/\text{m}^2$ , tussen de luchtlag en de buitenlucht, binnen de volgende bandbreedte vallen:

- $\geq 500 \text{ mm}^2/\text{m}$  maar  $< 1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}$  luchtlagelengte in horizontale richting in geval van verticale luchtlagen;
- $\geq 500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  maar  $< 1\,500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  luchtlagoppervlakte voor horizontale luchtlagen.

De warmteweerstand van een zwak geventileerde luchtlag  $R_{\text{cav};\text{zv}}$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , wordt bepaald volgens:

$$R_{\text{cav};\text{zv}} = \frac{(1\,500 - A_v)}{1\,000} \times R_{\text{cav};\text{nv}} + \frac{(A_v - 500)}{1\,000} \times R_{\text{cav};\text{sv}} \quad (\text{C.12})$$

waarin:

$R_{\text{cav};\text{nv}}$  is de warmteweerstand van een niet-geventileerde luchtlag, bepaald volgens C.3.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;

$R_{\text{cav};\text{sv}}$  is de warmteweerstand van een sterk geventileerde luchtlag, bepaald volgens C.3.3, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

### C.3.5 Bepaling van de warmteweerstand van luchtlagen bij gebruik van reflecterende folies

#### C.3.5.1 Verticale spouwen met reflecterende folies

De totale warmteweerstand  $R_T$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , van een verticale spouw met reflecterende isolatielagen volgt uit:

$$R_T = R_{\text{si}} + R_{\text{icl}} (+ R_{\text{cav};\text{nv}}) + R_{\text{iso}} + R_{\text{cav}} + R_{\text{ecl}} + R_{\text{se}} \quad (\text{C.13})$$

**OPMERKING 1**  $R_{\text{cav};\text{nv}}$  alleen indien van toepassing.

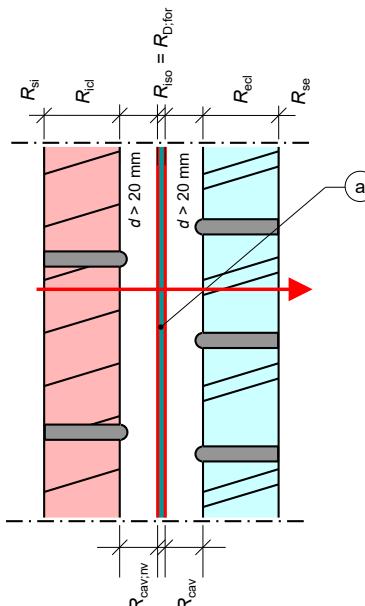
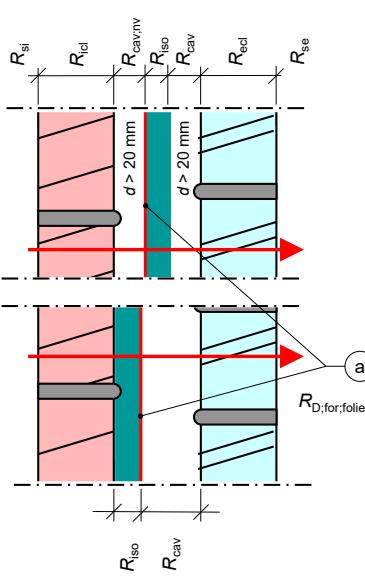
**OPMERKING 2** NEN-EN-ISO 6946:2017 definieert in 6.9.2 horizontale warmtestroom als een warmtestroom met een richting binnen  $+/- 30^\circ$  ten opzichte van het horizontale vlak. In afwijking hiervan kan voor de bepaling van de warmteweerstand van schuine spouwen in daken gebruik worden gemaakt van de bepalingsmethode in bijlage D van ISO 6946:2017.

waarin:

$R_{\text{si}}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;

- $R_{\text{icl}}$  is de warmteweerstand van het binnenspouwblad (icl), in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;  
 $R_{\text{icl}} = \frac{d_{\text{icl}}}{\lambda_{\text{icl}}}$ ; waarbij  $\lambda_{\text{icl}}$  wordt bepaald als  $\lambda_{\text{calc}}$  overeenkomstig E.2.
- $R_{\text{iso}}$  is de warmteweerstand van de isolatielaag (iso) in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;  
 $R_{\text{iso}} = \frac{d_{\text{iso}}}{\lambda_{\text{iso}}}$ ; waarbij  $\lambda_{\text{iso}}$  wordt bepaald als  $\lambda_{\text{calc}}$  overeenkomstig E.2.
- $R_{\text{cav}}$  is de warmteweerstand van een verticale spouw met reflecterende isolatielagen (zoals reflecterende folies), in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , bepaald met inachtneming van C.3.2, C.3.3 en/of C.3.4, volgens bijlage D van NEN-EN-ISO 6946:2017, dan wel te ontlenen aan tabel C.3.
- De emissiviteit van verticale reflecterende lagen wordt bepaald overeenkomstig NEN-EN 16012, waarbij voor veroudering een toeslag  $\Delta\varepsilon = 0,00$  en voor vervuiling een toeslag  $\Delta\varepsilon = 0,04$  moet worden gehanteerd.  
In geval van een hermetisch afgesloten spouw of ruimte moet voor vervuiling een toeslag van  $\Delta\varepsilon = 0,00$  worden gehanteerd;
- OPMERKING 3 De toeslag voor veroudering  $\Delta\varepsilon$  is 0,00 aangezien deze al in NEN-EN 16012 is verwerkt.
- $R_{\text{cav;nv}}$  is de warmteweerstand van een niet-geventileerde spouw (zie  $R_{\text{cav}}$ );
- $R_{\text{ecl}}$  is de warmteweerstand van het buitenspouwblad (ecl), in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ ;  
 $R_{\text{ecl}} = \frac{d_{\text{ecl}}}{\lambda_{\text{ecl}}}$  waarbij  $\lambda_{\text{ecl}}$  wordt bepaald als  $\lambda_{\text{calc}}$  overeenkomstig E.2;
- $R_{\text{se}}$  is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

Tabel C.3 — Warmteweerstand van een verticale spouw

Richting warmtestroom horizontaal					
Laag van reflecterende folie(s)	Reflecterende folie als cachering				
 <p>Diagram showing a vertical cavity with two reflective layers (d &gt; 20 mm) and a central air gap. Labels indicate <math>R_{si}</math>, <math>R_{ci}</math>, <math>R_{cav}</math>, <math>R_{cav,nv}</math>, <math>R_{so} = R_{D,for}</math>, <math>R_{eci}</math>, and <math>R_{se}</math>. A red arrow indicates heat flow from left to right.</p>	 <p>Diagram showing a vertical cavity with a central reflective layer (d &gt; 20 mm) and two air gaps. Labels indicate <math>R_{si}</math>, <math>R_{ci}</math>, <math>R_{cav}</math>, <math>R_{cav,nv}</math>, <math>R_{so}</math>, <math>R_{cav}</math>, <math>R_{eci}</math>, <math>R_{se}</math>, and <math>R_{D,for,folie}</math>. A red arrow indicates heat flow from left to right.</p>				
Legenda					
<p>a reflecterende folie; zie tabel E.13 voor <math>R_{D,for,folie}</math></p>					
$d$ mm		$R_{cav}^a$ e (m <sup>2</sup> ·K)/W			$R_{se}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W
		Niet	Zwak	Sterk b	
$R_{cav,nv}$		$R_{cav,zv}^d$	$R_{cav,sv}$		
$\geq 20^c$		0,18 (0,57)	0,15 (0,40)	-	Zie tabel C.2 en voetnoot b onder in deze tabel
<p>a Waarden tussen haakjes met inbegrip van toeslag voor reflecterende folie (a), (b) met emissiviteit <math>\epsilon \leq 0,1</math> (inclusief vervuiling en veroudering).</p> <p>b Volgens C.3.3 (zie ook 6.9.4 van NEN-EN-ISO 6946:2017) moeten voor de berekening van de warmteweerstand bij sterk geventileerde luchtlagen <math>R_{cav}</math>, <math>R_{eci}</math> en <math>R_{se}</math> worden uitgesloten en moet hiervoor een buitenovergangsweerstand die overeenkomt met stilstaande lucht, berekend volgens bijlage C van NEN-EN-ISO 6946:2017, worden gebruikt: 0,12 m<sup>2</sup>K/W (respectievelijk 0,22 m<sup>2</sup>K/W bij een reflecterende laag met een <math>\epsilon \leq 0,1</math>).</p> <p>Voor het bepalen van de <math>R_c</math>-waarde volgens formule (C.1) moet <math>R_{se}</math> worden bepaald volgens C.2.</p> <p>c In hoofdstuk 8 wordt (het effect van) een luchtsput met een dikte <math>d &lt; 20</math> mm niet expliciet uitgewerkt. Zie hiervoor ook D.2.</p> <p>Tabel 8 van NEN-EN-ISO 6946:2017 geeft voor luchtsputten zonder reflecterende folies ook waarden voor <math>R_{cav,nv}</math> voor spouwdikten met <math>d &lt; 20</math> mm.</p> <p>d De hier gegeven waarden voor <math>R_{cav,zv}</math> gelden als gemiddelde waarden en zijn berekend voor luchtlagen met een opening tussen de luchtlagen en de buitenlucht van <math>A_v = 1\,000\text{ mm}^2/\text{m}</math>; zie C.3.4 voor de berekening van <math>R_{cav,zv}</math>.</p> <p>e Volgens D.2 van NEN-EN-ISO 6946:2017 moet bij het bepalen van <math>R_{cav}</math> van een spout zonder reflecterende folie worden gerekend met <math>\epsilon_1 = 0,9</math>, <math>\epsilon_2 = 0,9</math> en <math>h_{r0} = 10^\circ\text{C}</math>.</p>					

### C.3.5.2 Horizontale spouwen met reflecterende folies

De totale warmteweerstand  $R_T$ , in  $(m^2 \cdot K)/W$ , van een constructie met daarin één of meer horizontale spouwen met reflecterende isolatielagen volgt uit:

$$R_T = R_{si} + R_{icl} (+ R_{cav;nv}) + R_{iso} + R_{cav} + R_{ecl} + R_{se} \quad (C.14)$$

OPMERKING 1  $R_{cav;nv}$  alleen indien van toepassing.

OPMERKING 2 NEN-EN-ISO 6946:2017 definieert in 6.9.2 horizontale warmtestromen als warmtestromen met een richting binnen  $+/- 30^\circ$  ten opzichte van het horizontale vlak. In lijn daarmee kan worden gesteld dat in het geval dat een luchtsouw meer dan  $30^\circ$  afwijking vertoont, het horizontale vlak als verticale spouw wordt beschouwd. In afwijking hiervan kan voor de bepaling van de warmteweerstand van schuine spouwen in daken gebruik worden gemaakt van de bepalingsmethode in bijlage D van ISO 6946:2017.

waarin:

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan het inwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{icl}$  is de warmteweerstand van het binnenspouwblad (icl), in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$$R_{icl} = \frac{d_{icl}}{\lambda_{icl}} ; \text{ waarbij } \lambda_{icl} \text{ wordt bepaald als } \lambda_{calc} \text{ overeenkomstig E.2.}$$

$R_{iso}$  is de warmteweerstand van de isolatielaag (iso) in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$$R_{iso} = \frac{d_{iso}}{\lambda_{iso}} ; \text{ waarbij } \lambda_{iso} \text{ wordt bepaald als } \lambda_{calc} \text{ overeenkomstig E.2.}$$

$R_{cav}$  is de warmteweerstand van een verticale spouw met reflecterende isolatielagen (zoals reflecterende folies), in  $(m^2 \cdot K)/W$ , bepaald met inachtneming van C.3.2, C.3.3 en/of C.3.4 volgens bijlage D van NEN-EN-ISO 6946:2017, dan wel te ontlenen aan tabel C.4.

De emissiviteit van horizontale reflecterende lagen wordt bepaald overeenkomstig NEN-EN 16012. In geval van naar boven gerichte lagen wordt in verband met vervuiling en veroudering een emissiviteitseffect verwijderd waarbij als rekenwaarde  $\varepsilon = 0,9$  wordt gehanteerd, tenzij sprake is van een hermetisch afgesloten spouw of ruimte. In dat geval en in geval van naar beneden gerichte reflecterende lagen wordt voor veroudering en vervuiling een toeslag  $\Delta\varepsilon = 0,00$  gehanteerd.

OPMERKING 3 De toeslag voor veroudering  $\Delta\varepsilon$  is 0,00 aangezien deze al in NEN-EN 16012 is verwerkt. In geval van een hermetisch afgesloten spouw of ruimte is de toeslag voor vervuiling  $\Delta\varepsilon$  0,00.

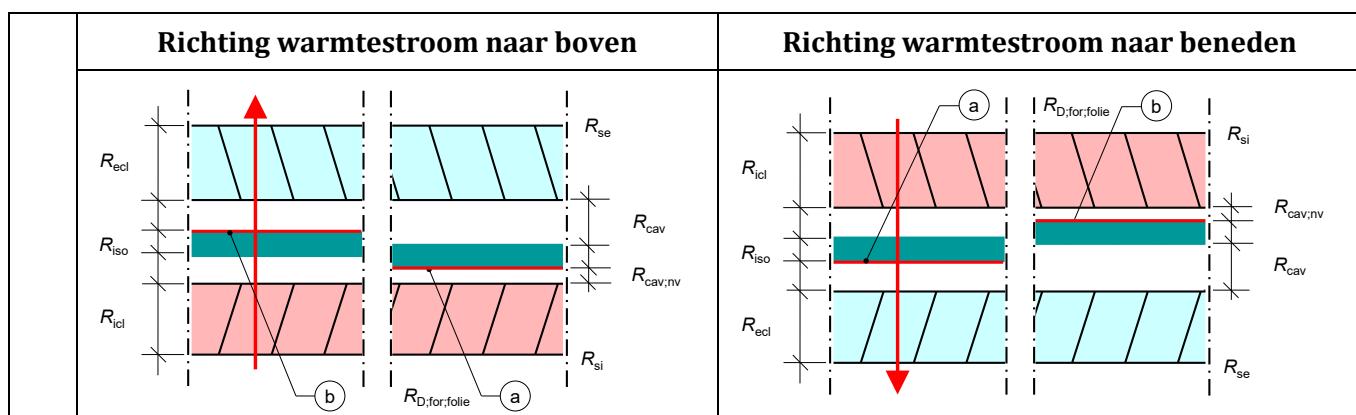
$R_{cav;nv}$  is de warmteweerstand van een verticale spouw (zie  $R_{cav}$ );

$R_{ecl}$  is de warmteweerstand van het buitenspouwblad (ecl), in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$$R_{ecl} = \frac{d_{ecl}}{\lambda_{ecl}} \text{ waarbij } \lambda_{ecl} \text{ wordt bepaald als } \lambda_{calc} \text{ overeenkomstig E.2.}$$

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan het uitwendig oppervlak, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

Tabel C.4 — Warmteweerstand van een horizontale spouw

**Legenda**

- a reflecterende folie; zie tabel E.13 voor  $R_{D;for;folie}$ .
- b reflecterende folie; reflecterende lagen die omhoog zijn gericht in een al dan niet verwarmde ruimte worden geacht onderhevig te zijn aan slijtage en vervuiling. In dat geval wordt geen toeslag berekend. Ook bij verticale reflecterende lagen is denkbaar dat door afdekking de positieve werking van reflecterende lagen teniet wordt gedaan. Alleen wanneer deze reflecterende lagen in een hermetisch afgesloten spouw zijn aangebracht kan reflectie een rol spelen in de beperking van de warmteoverdracht; in dat geval: zie tabel E.13 voor  $R_{D;for;folie}$ .

$d^c$ mm	$R_{si}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{cav}^{a, e}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W			$R_{se}^a$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{si}^a$ (m <sup>2</sup> ·K)/W	$R_{cav}^{a, e}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W			$R_{se}$ (m <sup>2</sup> ·K)/W
		Niet	Zwak	Sterk <sup>b</sup>			Niet	Zwak	Sterk <sup>b</sup>	
		$R_{cav;nv}$	$R_{cav;zv}^d$	$R_{cav;sv}$			$R_{cav;nv}$	$R_{cav;zv}^d$	$R_{cav;sv}$	
20	Zie tabel C.2	0,16 (0,41)	0,14 (0,31)	-	0,04 (0,05)	0,17	0,18 (0,57)	0,15 (0,40)	-	Zie tabel C.2 en voetnoot <sup>b</sup> onder in deze tabel
25							0,19 (0,66)	0,15 (0,44)	-	
50							0,21 (0,99)	0,16 (0,61)	-	
100							0,22 (1,19)	0,17 (0,71)	-	
300							0,23 (1,40)	0,17 (0,81)	-	

a Waarden betrokken op  $\varepsilon_1 = 0,9$  en op  $\varepsilon_2 = 0,9$ ; de waarden tussen haakjes zijn inclusief de toeslag voor reflecterende folie (a) met emissiviteit  $\varepsilon \leq 0,1$  (met inbegrip van vervuiling en veroudering) en betrokken op  $\varepsilon_1 = 0,9$  en op  $\varepsilon_2 = 0,1$ .

b Volgens C.3.3 (zie ook 6.9.4 van NEN-EN-ISO 6946:2017) moeten voor de berekening van de warmteweerstand bij sterk geventileerde luchtlagen  $R_{cav}$ ,  $R_{ecl}$  en  $R_{se}$  worden uitgesloten en moet hiervoor een buitenovergangsweerstand die overeenkomt met stilstaande lucht, berekend volgens bijlage C van NEN-EN-ISO 6946:2017, worden gebruikt:

- Warmtestroom omhoog:  $0,1 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ .
- Warmtestroom omlaag:  $0,19 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  (respectievelijk  $0,83 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  bij een reflecterende laag met  $\varepsilon \leq 0,1$ ).

Voor het bepalen van de  $R_c$ -waarde volgens formule (C.1) moet  $R_{se}$  worden bepaald volgens C.2.

c In hoofdstuk 8 wordt (het effect van) een luchtspouw met een dikte  $d < 20 \text{ mm}$  niet expliciet uitgewerkt. Tabel 8 van NEN-EN-ISO 6946:2017 geeft voor luchtspouwen zonder reflecterende folies ook waarden voor  $R_{cav;nv}$  voor spoudijken met  $d < 20 \text{ mm}$ .

In voorkomende gevallen kan  $R_{cav}$  worden berekend op basis van NEN-EN-ISO 6946.

d De hier gegeven waarden voor  $R_{cav;zv}$  gelden als gemiddelde waarden en zijn berekend voor luchtlagen met een opening tussen de luchtlagen en de buitenlucht van  $A_v = 1\,000 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ ; zie C.3.4 voor de berekening van  $R_{cav;zv}$ .

e Volgens D.2 van NEN-EN-ISO 6946:2017 moet bij het bepalen van  $R_{cav}$  van een spouw zonder reflecterende folie worden gerekend met  $\varepsilon_1 = 0,9$ ,  $\varepsilon_2 = 0,9$  en  $h_{f0} = 10^\circ \text{C}$ .

## C.4 Warmteweerstand van geventileerde, onverwarmde ruimten

### C.4.1 Algemeen

Voor situaties waar het scheidingsvlak tussen een onverwarmde ruimte en de buitenlucht niet is geïsoleerd, kan de warmteweerstand van de constructie  $R_c$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , worden bepaald door de onverwarmde ruimte als warmteweerstand te beschouwen, overeenkomstig C.4.2 voor zogenoemde 'kapruimten', of C.4.3 voor andere ruimten.

**OPMERKING 1** Zie hoofdstuk 8.4 voor de algemene, meer exacter rekenmethoden voor de berekening van warmteverlies via onverwarmde ruimten; zie paragraaf 8.3 voor het warmteverlies via een kruipruimte.

**OPMERKING 2** De overeenkomstig C.4.2 en C.4.3 berekende warmteweerstanden zijn geschikt voor warmtetransmissieberekeningen maar niet voor berekening gericht op de hygrothermische condities van de onverwarmde ruimte.

**OPMERKING 3** De hieronder gegeven bepalingsmethoden zijn ontleend aan NEN-EN-ISO 6946.

### C.4.2 Kapruimten

Met 'kapruimte' wordt een aangrenzend onverwarmde ruimte (AOR) onder een dakconstructie en boven de scheidingsconstructie met een onderliggende verwarmde ruimte bedoeld. Voor een dakconstructie die bestaat uit een plat, geïsoleerd plafond en een schuin dak mag de kapruimte worden beschouwd alsof het een thermisch homogene laag is, met een warmteweerstand zoals is aangegeven in tabel C.5..

**Tabel C.5 — Warmteweerstand ( $R_m$ ) van kapruimten**

<b>Kenmerken van het dak</b>		<b><math>R_m</math> (<math>\text{m}^2 \cdot \text{K}</math>)/<math>\text{W}</math></b>
1	Pannendak zonder dakvilt, dakbeschot en dergelijke	0,06
2	Leiendak of pannendak met dakvilt, dakbeschot en dergelijke onder de pannen	0,2
3	Als 2, maar met reflecterende folie of een andere laag met een emissiviteit $\epsilon < 0,1$ onder de pannen	0,3
4	Dak voorzien van dakbeschot en dakvilt	0,3
OPMERKING		De waarden in deze tabel omvatten zowel de warmteweerstand van de geventileerde ruimte als de warmteweerstand van de (schuine) dakconstructie. De in deze tabel gegeven warmteweerstanden zijn exclusief de overgangsweerstand buiten ( $R_{se}$ ).

De in tabel C.5 gegeven waarden hebben betrekking op natuurlijk geventileerde kapruimten van verwarmde gebouwen. Voor mechanisch geventileerde kapruimten moet de rekenprocedure overeenkomstig 8.4 worden gevuld.

### C.4.3 Overige ruimten

De warmteweerstand  $R_{iu;eq}$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , van een constructieonderdeel tussen een verwarmde ruimte en een geventileerde onverwarmde ruimte kan worden berekend door de geventileerde, onverwarmde ruimte inclusief de uitwendige scheidingsconstructie van de onverwarmde ruimte als additionele homogene laag te beschouwen:

$$R_{iu;eq} = \frac{\sum A_i}{\sum_{k=1}^m (A_{e;k} \times U_{e;k}) + 0,33 \times n \times V} \quad (\text{C.15})$$

waarin:

- $\sum A_i$  is de totale oppervlakte van alle elementen ( $i$ ) die de scheidingsconstructie vormen tussen de verwarmde en de onverwarmde ruimte, in  $\text{m}^2$ ;
- $A_{e;k}$  is de oppervlakte van het element ( $k$ ) dat deel uitmaakt van de scheidingsconstructie tussen de onverwarmde ruimte en de buitenlucht, in  $\text{m}^2$ ;
- $U_{e;k}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het element ( $k$ ) dat deel uitmaakt van de scheidingsconstructie tussen de onverwarmde ruimte en de buitenlucht, berekend volgens 8.2.2, in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;
- $n$  is het ventilatievoud van de onverwarmde ruimte, in  $\text{h}^{-1}$ ; voorfaitair mag voor  $n$  de waarde 0,3 worden gebruikt;

OPMERKING 1 Dit kan alleen bij onverwarmde ruimten.

$V$  is het volume van de onverwarmde ruimte, in  $\text{m}^3$ .

De scheidingsconstructie tussen de onverwarmde ruimte en de grond wordt bij de berekening van  $R_{iu;eq}$  niet meegenomen.

Wanneer gegevens met betrekking tot de warmtedoorgangscoëfficiënt van de constructieonderdelen van de onverwarmde ruimte niet bekend zijn, mag  $U_{e;k} = 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  worden gehanteerd. Is het ventilatievoud van de onverwarmde ruimte onbekend, dan mag  $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$  worden aangehouden.

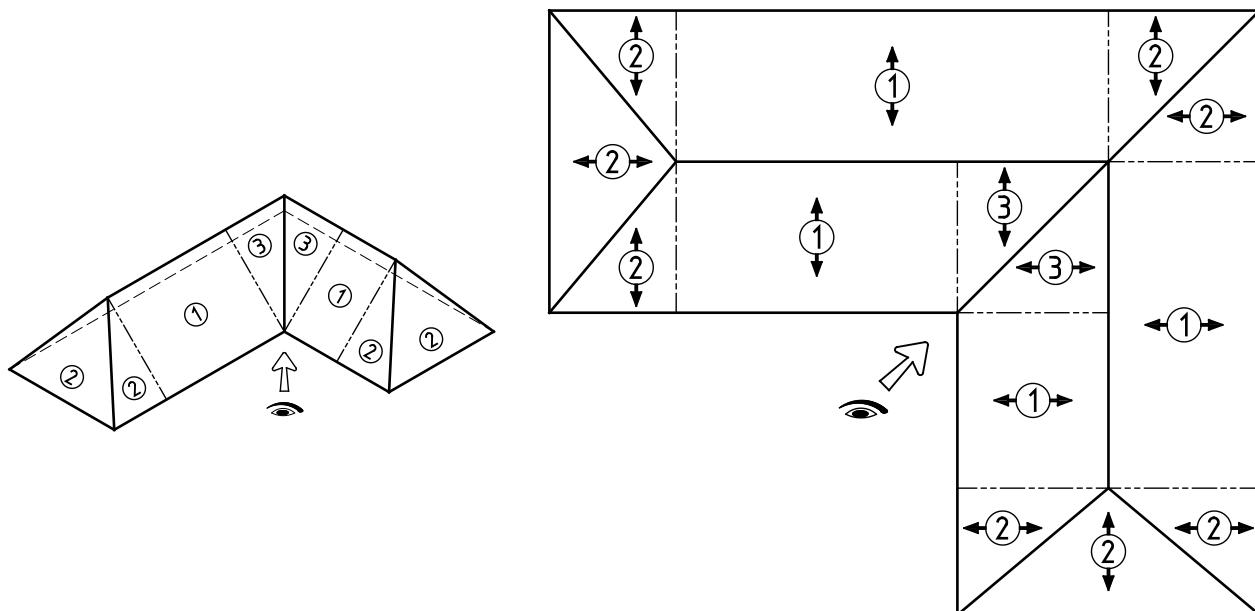
OPMERKING 2 Indien de scheidingsconstructie tussen de verwarmde en de onverwarmde ruimte uit meer dan één component bestaat, dan wordt  $R_{iu;eq}$  betrokken in de berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënt van elke component.

OPMERKING 3 Formule (C.15) is gebaseerd op de rekenprocedure voor de berekening van het warmteverlies door onverwarmde ruimten van NEN-EN-ISO 13789.

#### C.4.4 Dak met afschotisolatie

OPMERKING De hieronder gegeven bepalingsmethode is gebaseerd op bijlage E van NEN-EN-ISO 6946:2017.

De warmteweerstand van een dak met afschotisolatie is afhankelijk van het aantal en de aard van de verschillende typen constructieonderdelen. Figuur C.2 geeft een voorbeeld van het opsplitsen van een dak met afschotisolatie in de verschillende constructieonderdelen als omschreven in figuur C.3.

**Legenda**

- 1 rechthoekig grondvlak (type 1)
- 2 driehoekig grondvlak met afschot in de richting van brede basis (type 2)
- 3 driehoekig grondvlak met afschot in de richting van punt in basis (type 3)

**Figuur C.2 — Voorbeeld van oprplitsen van dak met afschot**

De wamtedoorgangscoëfficiënt  $U_T$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , van het dak met afschotisolatie waarvan de hellingshoek niet groter is dan 5 % wordt bepaald volgens

$$U_T = \frac{\sum_i (A_i \times U_{T,i})}{\sum_i A_i} \quad (\text{C.16})$$

waarin:

$A_i$  is de oppervlakte van het constructieonderdeel  $i$ , in  $\text{m}^2$ ;

$U_{T,i}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van het constructieonderdeel  $i$ , in  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , bepaald, voor de in figuur C.3 onderscheiden typen, volgens:

Type 1:

$$U_T = \frac{1}{R_2} \times \ln \left( 1 + \frac{R_2}{R_0} \right) \quad (\text{C.17})$$

Type 2:

$$U_T = \frac{2}{R_2} \times \left[ \left( 1 + \frac{R_0}{R_2} \right) \times \ln \left( 1 + \frac{R_2}{R_0} \right) - 1 \right] \quad (\text{C.18})$$

Type 3:

$$U_T = \frac{2}{R_2} \times \left[ 1 - \frac{R_0}{R_2} \times \ln \left( 1 + \frac{R_2}{R_0} \right) \right] \quad (\text{C.19})$$

Type 4:

$$U_T = 2 \times \left[ \frac{R_0 \times R_1 \times \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) - R_0 \times R_2 \times \ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right) + R_1 \times R_2 \times \ln\left(\frac{R_0 + R_2}{R_0 + R_1}\right)}{R_1 \times R_2 \times (R_2 - R_1)} \right] \quad (\text{C.20})$$

waarin:

$R_0$  is de warmteweerstand van de basisconstructie, inclusief de warmteovergangsweerstanden aan beide zijden van het constructieonderdeel, maar zonder het taps toelopende gedeelte van de isolatie, bepaald als  $R_T$  volgens C.1.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_1$  is de warmteweerstand ter plaatse van de tussenliggende dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel in  $(m^2 \cdot K)/W$ , met

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{\text{calc;t}}} \quad (\text{C.21})$$

$R_2$  is de warmteweerstand ter plaatse van de grootste dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel in  $(m^2 \cdot K)/W$ , met

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{\text{calc;t}}} \quad (\text{C.22})$$

$d_1$  is de tussenliggende dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel, in m;

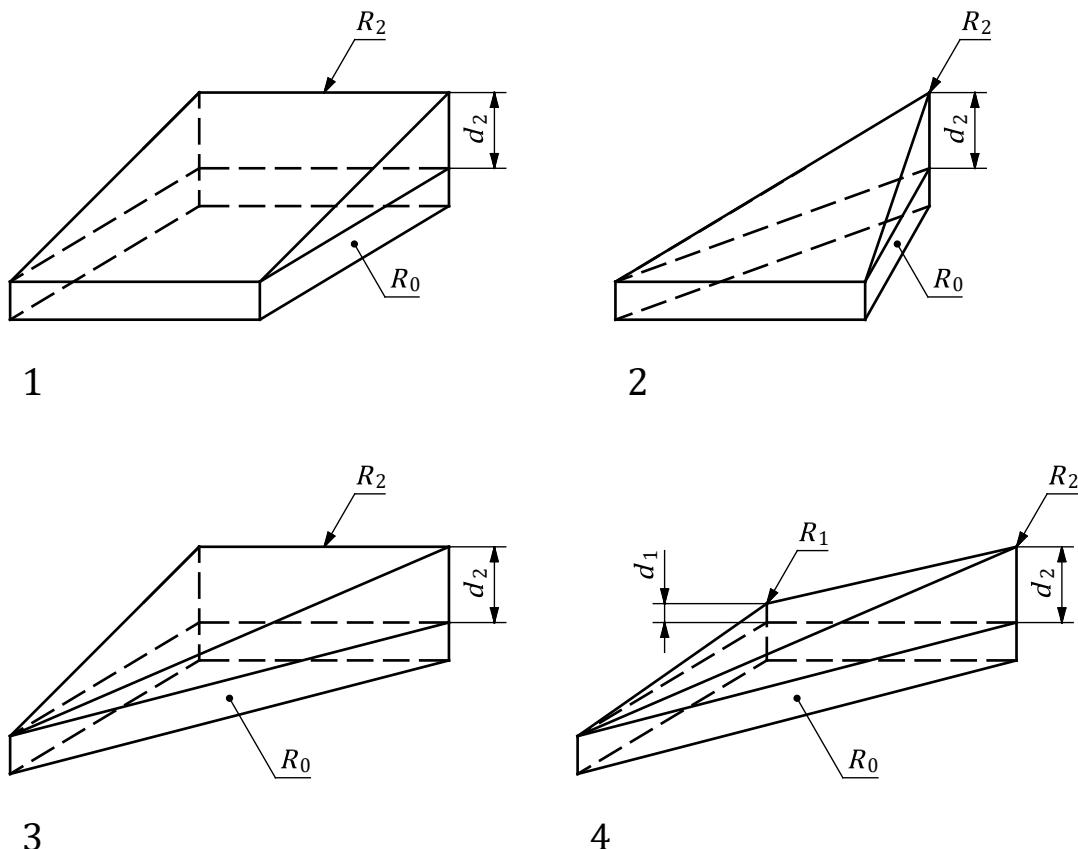
$d_2$  is de grootste dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel, in m;

$\lambda_{\text{calc;t}}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de ingaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom, bepaald volgens C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ .

De warmteweerstand van een dak met afschotisolatie waarvan de hellingshoek groter is dan 5 % moet met een numerieke rekenmethode worden bepaald.

**Legenda**

- 1 rechthoekig grondvlak (type 1)
- 2 driehoekig grondvlak, hoogste punt in de top (type 2)
- 3 driehoekig grondvlak, hoogste punt aan basis (type 3)
- 4 driehoekig grondvlak, verschillende dikte op hoekpunten (type 4)
- $R_0$  warmteweerstand van de basis van het constructieonderdeel, inclusief de warmteovergangsweerstanden aan beide zijden van het constructieonderdeel, maar zonder het taps toelopende isolatiegedeelte
- $R_1$  warmteweerstand ter plaatse van de tussenliggende dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel
- $R_2$  warmteweerstand ter plaatse van de grootste dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel
- $d_1$  tussenliggende dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel
- $d_2$  grootste dikte van het taps toelopend deel van het constructieonderdeel

**Figuur C.3 — Verschillende typen taps toelopende onderdelen van een dak met afschotisolatie**

## Bijlage D

(normatief)

### Bepaling van maandelijkse warmtetransmissiecoëfficiënten, $H_{g;mi}$

#### D.1 Bepaling van de maandelijkse thermische koppelingscoëfficiënten

De maandgemiddelde, stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond in maand  $mi$ ,  $H_{g;mi}$ , in W/K, wordt berekend met:

$$H_{g;an;mi} = \frac{\Phi_{mi}}{\theta_{i;mi} - \theta_{e;avg;an}} \quad (\text{D.1})$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan C.7 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

OPMERKING 2 In formule (D.1) wordt het jaarlijks gemiddelde temperatuurverschil gebruikt omdat het verschil tussen interne en externe temperatuur per maand gelijk kan zijn aan nul.  $H_{g;an,m}$  wordt gebruikt met het verschil tussen de interne temperatuur in maand  $m$  en de jaarlijks gemiddelde externe temperatuur.

waarin:

- $\theta_{i;mi}$  is de maandgemiddelde binnentemperatuur in maand  $mi$ , in °C; hiervoor wordt de setpointtemperatuur voor verwarming,  $\theta_{int;set;H;stc;zi}$ , voor de desbetreffende gebruiksfunctie gehanteerd, bepaald volgens 7.9.4.1;
- $\theta_{e;avg;an}$  is de jaargemiddelde buitentemperatuur, bepaald volgens 17.2, in °C;
- $\Phi_{mi}$  is de gemiddelde warmtestroom via de grond in maand  $mi$ , bepaald volgens D.2.1, in W.

Seizoensgebonden waarden aangepast aan het gemiddelde temperatuurverschil van het verwarmingseizoen worden gegeven door de onderstaande formule:

$$H_{H;g;\text{adj}} = \frac{\sum_{mi;H} H_{g;an;mi}}{6} \times \frac{\sum_{mi;H} (\theta_{int;set;H;stc} - \theta_{e;avg;mi})}{6 \cdot (\theta_{int;set;H;stc} - \theta_{e;an})} \quad (\text{D.2})$$

waar  $mi;H$  staat voor de som van de periode oktober tot en met maart.

Seizoensgebonden waarden aangepast aan het gemiddelde temperatuurverschil van het koelseizoen worden gegeven door de onderstaande formule:

$$H_{C;g;\text{adj}} = \frac{\sum_{mi;C} H_{g;an;mi}}{6} \times \frac{\sum_{mi;C} (\theta_{int;set;C;stc} - \theta_{e;avg;mi})}{6 \cdot (\theta_{int;set;C;stc} - \theta_{e;an})} \quad (\text{D.3})$$

waar  $mi;C$  staat voor de som van de periode april tot en met september.

OPMERKING 3  $H_{H;g;\text{adj}}$  en  $H_{C;g;\text{adj}}$  worden gebruikt voor de tijdconstanteberekening van het gebouw of de rekenzone.

## D.2 Maandelijkse warmtestroom via de grond

### D.2.1 Bepalingsmethode voor de maandelijkse warmtestroom via de grond

De getalswaarde van de maandelijkse warmtestroom via de grond,  $\Phi_{mi}$ , in W, wordt bepaald met:

$$\Phi_{mi} = H_g \times (\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_e) - H_{pi} \times \hat{\theta}_i \times \cos\left(2\pi \times \frac{(mi - \tau + \alpha)}{12}\right) + H_{pe} \times \hat{\theta}_e \times \cos\left(2\pi \times \frac{(mi - \tau - \beta)}{12}\right) \quad (D.4)$$

OPMERKING 1 De formule is ontleend aan C.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$H_g$  is de stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond, bepaald volgens 8.3, in W/K;

$H_{pi}$  is de periodieke warmteverliescoëfficiënt door variatie van de binnenluchttemperatuur, bepaald volgens D.2.2, in W/K;

$H_{pe}$  is de periodieke warmteverliescoëfficiënt door variatie van de buitenluchttemperatuur, bepaald volgens D.2.2, in W/K;

$\bar{\theta}_i$  is de getalswaarde van de jaargemiddelde binnenluchttemperatuur, in °C; voor de binnenluchttemperatuur van verwarmde ruimten,  $\bar{\theta}_i$  worden temperaturen gehanteerd:

- woningen  $\bar{\theta}_i = 20$  °C;

- utiliteitsgebouwen: overeenkomstig  $\theta_{int;set;H}$  voor de desbetreffende gebruiksfunctie uit tabel 7.11;

$\bar{\theta}_e$  is de getalswaarde van de jaargemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C, op basis van NEN 5060 geldt  $\bar{\theta}_e = 10,67$  °C;

$\hat{\theta}_i$  is de amplitude van de jaarvariatie in de maandgemiddelde binnenluchttemperatuur, in K, waarvoor geldt  $\hat{\theta}_i = 2$  K;

$\hat{\theta}_e$  is de amplitude van de jaarvariatie in de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in K, op basis van NEN 5060 geldt  $\hat{\theta}_e = 7,9$  K;

$mi$  is het nummer van de kalendermaand;

$\tau$  is het nummer van de kalendermaand met de laagste maandgemiddelde buitenluchttemperatuur; op basis van NEN 5060 geldt  $\tau = 1$ ;

$\alpha$  is de getalswaarde van de verschuiving van de tijd, in maanden, van de variatie in warmtetransport ten opzichte van de variatie van de buitenluchttemperatuur, ontleend aan tabel D.1;

$\beta$  is de getalswaarde van de tijdvertraging, in maanden, van de warmtetransportvariatie ten opzichte van de binnenluchttemperatuurvariatie, ontleend aan tabel D.1.

OPMERKING 2 In  $H_{pi}$  en  $H_{pe}$  is het effect van lineaire warmteverliezen aan de vloerranden verwerkt.

**Tabel D.1 —Faseverschuiving warmtetransport naar de grond (in maanden)**

Type vloer	$\alpha$	$\beta$
Vloer direct op ondergrond, randen verticaal geïsoleerd of horizontaal buiten geïsoleerd met $R_c \geq 2,0 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/W$	0	2
Vloer boven kruipruimte	0	0
Alle overige gevallen	0	1
OPMERKING 1 Zowel geïsoleerde als ongeïsoleerde vloeren direct op de grond zonder randisolatie (verticale randisolatie, of horizontale isolatie van de rand groter dan de rest van de isolatie van de vloer) vallen onder 'Alle overige gevallen'.		
OPMERKING 2 Deze tabel is ontleend aan tabel H.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.		

## D.2.2 Periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt door variatie van de binnentemperatuur

### D.2.2.1 Algemeen

De periodieke warmtetransmissiecoëfficiënten zijn gerelateerd aan de periodieke penetratiediepte. De periodieke penetratiediepte  $\delta$  is gedefinieerd als de diepte waar de temperatuuramplitude met een factor  $0,37 (= e^{-1})$  is gedaald.

Voor de berekening van periodieke warmtetransmissiecoëfficiënten  $H_{pi}$  en  $H_{pe}$  moet worden gerekend met een periodieke penetratiediepte  $\delta = 3 \text{ m}$ .

### D.2.2.2 Vloer op of boven het maaiveld, direct op de ondergrond

De periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt door variatie van de binnentemperatuur,  $H_{pi}$  in  $\text{W/K}$  voor vloeren direct op de ondergrond volgt uit:

$$H_{pi} = A_i \times \frac{\lambda_{gr}}{d_{f,equi}} \times \sqrt{\frac{2}{(1 + \delta / d_{f,equi})^2 + 1}} \quad (\text{D.5})$$

OPMERKING 1 De formule (D.5) is overeenkomstig H.4.1 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$A_i$  is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer van rekenzone  $i$ , in  $\text{m}^2$ ;

$d_{f,equi}$  is de totale equivalente dikte van de vloer bepaald volgens 8.3.2.3, in  $\text{m}$ ;

$\delta$  is de periodieke penetratiediepte, overeenkomstig D.2.2.1, in  $\text{m}$ ;

$\lambda_{gr}$  warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in  $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$ .

Maak voor de bepaling van de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt door variatie van de buittentemperatuur  $H_{pe}$ , in  $\text{W/K}$  voor een vloer op of boven het maaiveld direct op de ondergrond onderscheid in de volgende situaties:

- a) vloer zonder isolatie of geheel met isolatie

$$H_{pe} = 0,37 \times P \times \lambda_{gr} \times \ln \left( \frac{\delta}{d_{f,eqi}} + 1 \right) \quad (D.6)$$

OPMERKING 2 De formule (D.6) is overeenkomstig H.4.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

b) vloer met randisolatie

— vloer waarbij isolatie aan de randzone dikker is dan in het midden:

$$H_{pe} = 0,37 \times P \times \lambda \times \left[ \left( 1 - e^{-(d_{f,eqi}/\delta)} \right) \ln \left( \frac{\delta}{d_{f,eqi} + d'} + 1 \right) + e^{-(2 \times d_{f,eqi}/\delta)} \times \ln \left( \frac{\delta}{d_{f,eqi}} + 1 \right) \right] \quad (D.7)$$

— vloer met verticale isolatie ter plaatse van vloerrand (of fundering):

$$H_{pe} = 0,37 \times P \times \lambda_{gr} \times \left[ \left( 1 - e^{-(d_{f,eqi}/\delta)} \right) \ln \left( \frac{\delta}{d_{f,eqi} + d'} + 1 \right) + e^{-(d_{f,eqi}/\delta)} \times \ln \left( \frac{\delta}{d_{f,eqi}} + 1 \right) \right] \quad (D.8)$$

OPMERKING 3 De formules (D.7) en (D.8) zijn overeenkomstig H.5.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$P$  is de perimeter, zijnde de som van de lengten ( $\ell$ ) van de randen van de opgaande wanddelen ( $j$ ) die grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m, waarbij  $P = \sum_j \ell_j$ , (zie 8.3.2.2);

$\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in  $W/(m \cdot K)$ ;

$d_{f,eqi}$  is de totale equivalente dikte van de vloer bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

$\delta$  is de periodieke penetratiediepte, ontleend aan D.2.2.1, in m;

$d'$  is de dikte van de randisolatie, in m;

waarbij:

$$d' = \lambda_{gr} \times \left( R_n - \frac{d_n}{\lambda_{gr}} \right) \quad (D.9)$$

met:

$R_n$  is de warmteweerstand van de randisolatielaag, bepaald als  $R_{calc}$  overeenkomstig C.2, in  $(m^2 \cdot K)/W$ ;

$d_n$  is de dikte van de randisolatielaag, in m.

Ingeval de vloer beschikt over zowel extra isolatie van de randzone van het vloerveld (horizontaal) als over een verticale isolatie ter plaatse van de vloerrand (of fundering), dan behoort bij  $H_{pe}$  te worden uitgegaan van de kleinste van de onder b) bepaalde waarden.

### D.2.2.3 Vloer van verwarmde kelder

De periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de binnen- of buitentemperatuurvariaties over het jaar bestaat uit twee componenten: één gerelateerd aan de vloer van de kelder en één gerelateerd aan de aan de grond grenzende delen van de kelderwanden.

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de binnentemperatuurvariaties over het jaar,  $H_{pi}$  in W/K, voor een vloer van een verwarmde kelder met formule (D.10).

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de buitentemperatuurvariaties over het jaar,  $H_{pe}$  in W/K, voor een vloer van een verwarmde kelder met formule (D.11).

$$H_{pi} = A_{bf} \times \frac{\lambda_{gr}}{d_{bf;equi}} \times \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \delta / d_{bf;equi}\right)^2 + 1}} + z \times P \times \frac{\lambda_{gr}}{d_{bw;equi}} \times \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \delta / d_{bw;equi}\right)^2 + 1}} \quad (\text{D.10})$$

OPMERKING 1 De formule (D.10) is overeenkomstig H.7.1 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

$$H_{pe} = 0,37 \times P \times \lambda_{gr} \times \left[ 2 \times \left(1 - e^{-z/\delta}\right) \times \ln\left(\frac{\delta}{d_{bw;equi}} + 1\right) + e^{-z/\delta} \times \ln\left(\frac{\delta}{d_{bf;equi}} + 1\right) \right] \quad (\text{D.11})$$

OPMERKING 2 De formule (D.11) is overeenkomstig H.7.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

- $A_{bf}$  is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer van de kelder (bf), in m<sup>2</sup>;
- $\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K);
- $d_{bf;equi}$  is de totale equivalente dikte van de keldervloer (bf), bepaald volgens 8.3.2.3, in m;
- $\delta$  is de periodieke penetratiediepte, ontleend aan D.2.2.1, in m;
- $z$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de keldervloer, in m;

waarbij:

$$z = \frac{\sum_j (\ell_j \times z_j)}{\sum_j \ell_j} \quad (\text{D.12})$$

$d_{bw;equi}$  is de equivalente dikte van de kelderwand (bw) bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

- $P$  is de perimeter, zijnde de som van de lengten ( $\ell$ ) van de randen van kruipruimte- of keldervloer voor zover de opgaande wanden ( $j$ ) boven het maaiveld grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m,  
waarbij  $P = \sum_j \ell_j$ , (zie 8.3.2.2).

#### D.2.2.4 Vloer boven kruipruimte

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de binnentemperatuurvariaties over het jaar,  $H_{pi}$  in W/K, voor een vloer boven een kruipruimte volgt uit:

$$H_{pi} = A \times \left[ \frac{1}{U_f} + \frac{1}{\lambda_{gr} / \delta + U_x} \right]^{-1} \quad (\text{D.13})$$

OPMERKING 1 Formule (D.13) is overeenkomstig H.6.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de buitentemperatuurvariaties over het jaar,  $H_{pe}$  in W/K, voor een vloer boven een kruipruimte met:

$$H_{pe} = U_f \times \frac{0,37 \times P \times \lambda_{gr} \times \ln(\delta / d_{bf,equi} + 1) + U_x \times A_f}{\lambda_{gr} / \delta + U_x + U_f} \quad (\text{D.14})$$

OPMERKING 2 Formule (D.14) is overeenkomstig H.6.3 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$A_f$  is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer (f), in m<sup>2</sup>;

$d_{bf,equi}$  is de totale equivalente dikte van de kruipruimtevloer bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

$P$  is de perimeter, zijnde de som van de lengten ( $\ell_j$ ) van de randen van de kruipruimte- of keldervloer voor zover de opgaande wanden ( $j$ ) boven het maaiveld grenzen aan de buitenlucht, of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m;

$U_f$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloerconstructie boven de kruipruimte, bepaald volgens 8.3.3.1, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K);

$\delta$  is de periodieke penetratiediepte, ontleend aan D.2.2.1, in m;

$U_x$  is de equivalente transmissiecoëfficiënt tussen de kruipruimte en de buitenlucht, waarin de warmtestroom van de boven het maaiveld gelegen (delen van) wanden en de ventilatie zijn verrekend, bepaald volgens 8.3.5.4, in W/(m<sup>2</sup>·K).

#### D.2.2.5 Vloer boven onverwarmde kelder

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de binnentemperatuurvariaties over het jaar,  $H_{pi}$  in W/K, voor een vloer boven een onverwarmde kelder met:

$$H_{pi} = \left[ \frac{1}{A_f \times U_f} + \frac{1}{(A_f + z \times P) \times \frac{\lambda_{gr}}{\delta_D} \cdot 15 + h \times P \times U_{x,T} + 0,33 \times n \times V} \right]^{-1} \quad (\text{D.15})$$

OPMERKING 1 Formule (D.15) is ontleend aan H.8.1 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de buitentemperatuurvariaties over het jaar,  $H_{pe}$  in W/K, voor een vloer boven een onverwarmde kelder met:

$$H_{pe} = A_f \times U_f \times \frac{0,37 \times P \times \lambda_{gr} \times (2 - e^{-(z/\delta)}) \times \ln(\delta/d_{bf,equi} + 1) + h \times P \times U_{x,T} + 0,33 \times n \times V}{(A_f + z \times P) \times \lambda_{gr} / \delta + h \times P \times U_{x,T} + 0,33 \times n \times V + A_f \times U_f} \quad (D.16)$$

OPMERKING 2 Formule (D.16) is ontleend aan H.8.2 van NEN-EN-ISO 13370:2017.

waarin:

$A_f$  is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer boven de onverwarmde kelder (bf), in m<sup>2</sup>;

$d_{bf,equi}$  is de totale equivalente dikte van de vloer (bf), bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

$h$  is de hoogte van de bovenkant van de beganegrondvloer boven het maaiveld, in m;

$$\text{waarbij } h = \frac{\sum_j (\ell_j \times h_j)}{\sum_j \ell_j} \quad (D.17)$$

$P$  is de perimeter, zijnde de som van de lengten ( $\ell$ ) van de randen van kruipruimte- of keldervloer voor zover de opgaande wanden ( $j$ ) boven het maaiveld grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m,

$$\text{waarbij } P = \sum_j \ell_j \text{ (zie 8.3.2.2);}$$

$U_f$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de vloerconstructie boven de onverwarmde kelder (f), bepaald volgens 8.3.3.1, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$U_{x,T}$  is de warmtedoorgangscoëfficiënt van de wand van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder (bw), voor zover gelegen boven het maaiveld, bepaald volgens 8.3.2.1, in W/(m<sup>2</sup>·K);

$z$  is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer, in m;

$$\text{waarbij } z = \frac{\sum_j (\ell_j \times z_j)}{\sum_j \ell_j} \quad (D.18)$$

$\delta$  is de periodieke penetratiediepte, ontleend aan D.2.2.1, in m;

$\lambda_{gr}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K);

$n$  is het ventilatievoud, in ventilatiewisselingen per h van de onverwarmde kelder; forfaitair mag voor  $n$  de waarde 0,3 worden gebruikt;

OPMERKING 3 Dit kan alleen bij onverwarmde ruimten.

$V$  is het volume van de onverwarmde kelder(s), in m<sup>3</sup>.

## Bijlage E (normatief)

### Bepaling van de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt respectievelijk warmteweerstand van bouwmaterialen

#### E.1 Algemeen

Voor de berekening van de warmtetransmissie worden warmtegeleidingscoëfficiënten en/of warmteweerstanden van isolatiematerialen en -producten omgerekend naar waarden representatief voor de temperatuur- en vochtcondities en convectie van de desbetreffende praktijktoepassing.

De te hanteren rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_{\text{calc}}$ , en de warmteweerstand,  $R_{\text{calc}}$ , worden berekend vanuit de gedeclareerde waarden ( $\lambda_D$  en/of  $R_D$ ) dan wel forfaitaire waarden ( $\lambda_{\text{for}}$  en/of  $R_{\text{for}}$ ) overeenkomstig E.2.

Is de warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$ , in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , bekend, dan kan hieruit voor een product met de nominale dikte,  $d_N$ , in m, van dat product de warmteweerstand,  $R$ , in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , worden berekend met:

$$R = \frac{d_N}{\lambda} \quad (\text{E.1})$$

Omgekeerd kan bij een bekende warmteweerstand en nominale dikte van een product de warmtegeleidingscoëfficiënt worden berekend:

$$\lambda = \frac{d_N}{R} \quad (\text{E.2})$$

**OPMERKING** Voor de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt  $U_C$  en warmteweerstand  $R_C$ , volgens hoofdstuk 8, moeten de rekenwaarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_{\text{calc}}$ , en/of de warmteweerstand  $R_{\text{calc}}$ , van een constructieonderdeel – voor zover van toepassing – worden gecorrigeerd voor puntvormige thermische bruggen, zoals bevestigingsmiddelen van spouwisolatie en dakbedekkingsconstructies. In 8.2.2.2 worden hiervoor toeslagfactoren ( $\Delta U$ ) gegeven.

#### E.2 Rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt en/of warmteweerstand

##### E.2.1 Rekenwaarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt en/of warmteweerstand

###### E.2.1.1 Bepaling rekenwaarde warmtegeleidingscoëfficiënt, $\lambda_{\text{calc}}$ , en warmteweerstand, $R_{\text{calc}}$

**OPMERKING 1** Deze hieronder gegeven bepalingsmethode voor de rekenwaarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_{\text{calc}}$ , resp. warmteweerstand,  $R_{\text{calc}}$ , is van toepassing op homogene, vlakke bouwmaterialen exclusief ramen en kozijnen.

De rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_{\text{calc}}$ , in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , respectievelijk van de warmteweerstand,  $R_{\text{calc}}$ , in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , wordt bepaald volgens:

a) voor isolatiematerialen en voor reflecterende folies

$$\lambda_{\text{calc}} = \lambda_D \times F_T \times F_M \times F_A \times F_{\text{conv}} \quad (\text{E.3})$$

$$R_{\text{calc}} = \frac{R_D}{(F_T \times F_M \times F_A \times F_{\text{conv}})} \quad (\text{E.4})$$

waarin:

$\lambda_D$  is de waarde van de gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt, bepaald volgens E.2.2, in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;

OPMERKING 2 In afwijking hiervan kan  $\lambda_{\text{for}}$  voor isolatiematerialen, waar nodig gecorrigeerd overeenkomstig formules (E.3) of (E.4), worden ontleend aan tabel E.10, of tabel E.11.

$R_D$  is de waarde van de gedeclareerde warmteweerstand, bepaald volgens E.2.2, in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ ;

OPMERKING 3 In afwijking hiervan kan  $R_{\text{for}}$  voor reflecterende folies worden ontleend aan tabel E.13.

$F_T$  is een conversiefactor voor de invloed van de temperatuur bepaald volgens E.2.1.2;

$F_M$  is een conversiefactor voor vochtinvloeden bepaald volgens E.2.1.3;

$F_A$  is een conversiefactor voor veroudering met de waarde 1 voor fabrieksmatig vervaardigde isolatiematerialen. Ontleen voor de niet-fabrieksmatig vervaardigde isolatiematerialen de waarde aan E.2.1.4;

$F_{\text{conv}}$  is een correctiefactor voor de invloed van convectie bepaald volgens E.2.1.5.

OPMERKING 4 De formules (E.3) en (E.4) zijn betrokken op 7.1 van NEN-EN-ISO 6946:2017; op basis van die norm is in formules (E.3) en (E.4) de factor  $F_{\text{conv}}$  opgenomen.

b) voor metselwerk

De rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt voor metselwerk wordt bepaald door een aan de oppervlakte gerelateerde weging van de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van de voeg en die van metselstenen en -blokken:

$$\lambda_{\text{calc}} = \frac{(A_{\text{voeg}} \times \lambda_{\text{calc};\text{voeg}} + A_{\text{steen}} \times \lambda_{\text{calc};\text{steen}})}{(A_{\text{voeg}} + A_{\text{steen}})} \quad (\text{E.5})$$

waarin:

$A_{\text{voeg}}$  is de oppervlakte van voegen binnen het metselwerk, in  $\text{m}^2$ ;

$\lambda_{\text{calc};\text{voeg}}$  is de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van de voegen, bepaald volgens formule (E.3);

$A_{\text{steen}}$  is de oppervlakte van metselstenen of -blokken binnen het metselwerk, in  $\text{m}^2$ ;

$\lambda_{\text{calc};\text{steen}}$  is de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van metselstenen of -blokken, bepaald volgens formule (E.3).

Voor metselwerk met voegen met een voegdikte  $d_{\text{voeg}} \leq 3 \text{ mm}$  (zogenoemde lijmvoegen) mag het effect van de voegen worden verwaarloosd, zodat  $\lambda_{\text{calc}} = \lambda_{\text{calc};\text{steen}}$ .

OPMERKING 5 In afwijking hiervan kan de  $\lambda_{\text{calc}}$  voor metselwerk ook worden ontleend aan tabellen E.14 t/m E.17.

c) voor overige materialen

$$\lambda_{\text{calc}} = \lambda_D \times F_{\text{MA}} \quad (\text{E.6})$$

waarin:

$\lambda_D$  is de waarde van de gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt, bepaald volgens E.2.2.2.4, in W/(m·K);

OPMERKING 6 In afwijking hiervan kan  $\lambda_{\text{for}}$  voor overige materialen toegepast in ramen en kozijnen worden ontleend aan bijlage F.

$F_{\text{MA}}$  is een conversiefactor voor de invloed van vocht en veroudering, ontleend aan tabel E.1.

**Tabel E.1 — Conversiefactor voor de invloed van vocht en veroudering voor overige materialen**

Materiaal	$\rho_{\text{mat}}$ kg/m <sup>3</sup>	$F_{\text{MA}}$ –
Anorganische materialen zoals grindbeton, beton met lichte toeslag, los gestorte minerale materialen, met uitzondering van glas en metselstenen en -blokken	2 500	1,25
	2 300	1,25
	2 100	1,25
	1 900	1,25
	1 600	1,30
	1 300	1,30
	1 000	1,35
	700	1,40
	400	1,40
	2 500	1,00
Organische materialen, al dan niet met bindmiddel (met uitzondering van kunststoffen)	1 000	1,20
	700	1,20
	500	1,20
	$\leq 400$	1,25
Kunststoffen	1 500	1,00

### E.2.1.2 Conversiefactor voor de temperatuur, $F_T$

Overeenkomstig 7.2 van NEN-EN-ISO 10456 wordt de temperatuurconversiefactor,  $F_T$ , voor de omrekening van de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , en warmteweerstanden,  $R_D$ , van een bepaalde temperatuurconditie  $T_1$  naar een andere temperatuurconditie,  $T_2$ , bepaald volgens:

$$F_T = e^{f_T \times (T_2 - T_1)} \quad (\text{E.7})$$

waarin:

$f_T$  is de temperatuurconversiecoëfficiënt, ontleend aan bijlage A van NEN-EN-ISO 10456, in K<sup>-1</sup>;

$T_2 - T_1$  is het temperatuurverschil tussen beide condities, in °C.

Een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda_D$  of warmteweerstand,  $R_D$ , wordt gegeven voor  $T_1 = 10^\circ\text{C}$ . In reguliere toepassingen in de Nederlandse bouwpraktijk zal de jaargemiddelde temperatuur in het isolatiemateriaal  $T_2$  hoger zijn dan  $5^\circ\text{C}$  en lager dan  $20^\circ\text{C}$ . Bij  $5^\circ\text{C} < T_2 < 20^\circ\text{C}$  volgt  $0,95 < F_T < 1,05$ . Om pragmatische redenen wordt daarom voor reguliere toepassingen in de Nederlandse bouwpraktijk gehanteerd,  $F_T = 1,00$ .

Indien de over het jaar gemiddelde temperatuur in het (isolatie)materiaal,  $T_2$ , kleiner is dan  $5^\circ\text{C}$  of groter dan  $20^\circ\text{C}$ , zoals bij koelhuizen en droogkamers, dan moet de conversiefactor worden berekend volgens formule (E.7).

### **E.2.1.3 Conversiefactor voor de vochtinvloeden, $F_M$**

#### **E.2.1.3.1 Principe**

Overeenkomstig 7.2 van NEN-EN-ISO 10456 wordt de vochtgehalteconversiefactor,  $F_M$ , voor de omrekening van de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , en warmteweerstanden,  $R_D$ , van een bepaald vochtgehalte  $\Psi_1$ , of  $u_1$ , naar een ander vochtgehalte,  $\Psi_2$ , of  $u_2$ , bepaald volgens:

$$F_M = e^{f_\psi \times (\Psi_2 - \Psi_1)} \quad (\text{E.8})$$

of met:

$$F_M = e^{f_u \times (u_2 - u_1)} \quad (\text{E.9})$$

waarin:

$f_\psi$  is de coëfficiënt voor vochtconversie voor het materiaal, ontleend aan tabel 4 van NEN-EN-ISO 10456, in  $\text{m}^3/\text{m}^3$ ;

$f_u$  is de vochtgehalteconversiecoëfficiënt voor het materiaal, ontleend aan tabel 4 van NEN-EN-ISO 10456, in  $\text{kg}/\text{kg}$ ;

$\Psi_2 - \Psi_1$  is het verschil in vochtgehalte in,  $\text{m}^3/\text{m}^3$ ;

$u_2 - u_1$  is het verschil in vochtgehalte, in  $\text{kg}/\text{kg}$ .

De warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda_D$  en warmteweerstand,  $R_D$ , worden gegeven voor droog materiaal ( $\Psi_1 = 0 \text{ m}^3/\text{m}^3$  of  $u_1 = 0 \text{ kg}/\text{kg}$ ).

#### **E.2.1.3.2 Isolatiematerialen**

Met uitzondering van toepassing van isolatiematerialen bij condities waar een hoog vochtgehalte van het materiaal niet kan worden uitgesloten zoals bij een omgekeerddak-constructie en perimeterisolatie zal in de Nederlandse bouwpraktijk de gemiddelde vochtigheid van het (isolatie)materiaal langdurig niet meer dan 10 % afwijken van het evenwichtsvuchtgehalte behorende bij een relatieve vochtigheid van 50 %. Om pragmatische redenen mag daarom voor reguliere toepassingen in de Nederlandse bouwpraktijk worden gehanteerd  $F_M = 1,00$ .

Voor een omgekeerddak-constructie en perimeterisolatie wordt de conversiefactor ontleend aan tabel E.2, dan wel berekend overeenkomstig E.2.1.3.1 op basis van de rekenwaarden uit tabel 4 van NEN-EN-ISO 10456.

**OPMERKING** Uitgangspunt voor de in tabel E.2 gegeven tabelwaarden is een beperkte wateropname door onderdompeling ( $W_{ip} \leq 3,0 \text{ kg/m}^2$ , bepaald volgens NEN-EN 12087) en een voldoende dimensionele stabiliteit ( $\Delta\epsilon_l \leq 1\%$  en  $\Delta\epsilon_b \leq 1\%$  bepaald volgens NEN-EN 1603).

**Tabel E.2 — Conversiefactoren voor vochtinvloeden bij toepassing in omgekeerd dak of perimeterisolatie**

Toepassing	$F_M$ [-]
<b>Perimeter</b>	
Algemeen	1,25
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS) uitgevoerd met volledige verlijming	1,00
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS) uitgevoerd met puntsgewijze verlijming	1,02
<b>Omgekeerd dak</b>	
Algemeen	1,25
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS) uitgevoerd met grind, tegels op tegeldragers of mortellaag	Afschot $\leq 1\%$ 1,04 Afschot $> 1\%$ 1,02
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS) uitgevoerd als tuindak	1,07

#### E.2.1.3.3 Reflecterende folies

De correctiefactor voor vochtinvloeden van reflecterende folies is  $F_M = 1,00$ .

#### E.2.1.3.4 Metselwerk

De correctiefactoren voor vochtinvloeden van metselstenen en -blokken en mortel worden ontleend aan tabel E.3 respectievelijk tabel E.4.

**Tabel E.3 — Conversiefactoren voor vochtinvloeden van metselstenen en -blokken**

Materiaal	$\Psi_2 - \Psi_1$		$f_\Psi^a$ -	$F_M$	
	Droog binnenmilieu	Overige toepassingen		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
Baksteen	0,007	0,070	10	1,07	2,01
Cellenbeton	0,020	0,040 <sup>b</sup>	4	1,08	1,17 <sup>b</sup>
Kalkzandsteen	0,013	0,070	10	1,14	2,01
Betonsteen	0,030	0,070	4	1,13	1,32

<sup>a</sup> Ontleend aan bijlage A van NEN-EN 1745:2020.  
<sup>b</sup> Aangenomen dat de buitenzijde is beschermd met een vochtdichte (verf)laag.

**Tabel E.4 — Conversiefactoren voor vochtinvloeden van mortel**

Materiaal	$\Psi_2 - \Psi_1$		$f_{\Psi}^a$ —	$F_M$		
	—			—		
	Droog binnenmilieu	Overige toepassingen		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen	
Mortel	0,040	0,150	4	1,17	1,82	

<sup>a</sup> Ontleend aan tabel 4 van NEN-EN-ISO 10456:2008.

#### E.2.1.4 Conversiefactor voor de veroudering, $F_A$

##### E.2.1.4.1 Isolatiematerialen

Als gevolg van veroudering kan de thermische prestatie van bepaalde materialen afnemen. Of veroudering een rol speelt, is afhankelijk van de aard en samenstelling van het materiaal.

Afname van de thermische prestatie door veroudering ontstaat onder meer door verlies in dikte, inhomogeniteit als gevolg van zetting van in situ vervaardigde isolatielagen en – bij met blaasmiddelen vervaardigde isolatieproducten – door verlies van celgas uit het materiaal en de gasdoorlatendheid van eventuele afdeklagen ('facings') en/of verlies in emissiviteit van reflecterende lagen. NEN-EN-ISO 10456 geeft geen algemene regels voor het bepalen van een conversiefactor voor veroudering.

**OPMERKING** Het aspect van vermindering van de thermische prestatie van (isolatie)materialen door veroudering wordt – voor zover van toepassing – betrokken op de helft van de beoogde levensduur van het gebouw. Voor de beoogde levensduur van een gebouw wordt doorgaans 50 jaar gehanteerd.

Voor niet-fabrieksmatig, in-situ vervaardigde isolatielagen wordt de conversiefactor voor veroudering,  $F_A$ , opgesplitst in een aan de in-situ toepassing van het product gerelateerd deel,  $F_{A;iso}$ , en een aan de constructie waarin het product wordt toegepast, gerelateerd deel,  $F_{A;appl}$ , waarvoor geldt:

$$F_A = F_{A;iso} \times F_{A;appl} \quad (\text{E.10})$$

en waarbij de factoren  $F_{A;iso}$  en  $F_{A;appl}$  worden ontleend aan tabel E.5.

**Tabel E.5 — Conversiefactoren voor de veroudering van niet-fabrieksmatig  
in situ vervaardigde isolatielagen**

<b>Product</b>	$F_{A;\text{iso}}^{\text{a}}$ -	$F_{A;\text{appl}}$			
		<b>Situatie</b>	<b>A</b>		
Glas-/steenwolvlokken (MW)	1,00	1,00	1,15		
Geëxpandeerd polystyreen (EPS-parels)	1,05				
Polyurethaan-/polyisocyanuraathardschuim (PU)	1,10 <sup>b</sup>				
Ureumformaldehydeschuim (UF)	1,25				
Overig	1,30 <sup>c</sup>				
<b>Situatie</b>	<b>Omschrijving toepassing</b>				
<b>A</b>	Constructie speciaal ontworpen om thermisch nageïsoleerd te worden met in-situ-isolatieproducten; Na te isoleren constructie is overzichtelijk, beheersbaar, schoon en vrij van obstakels, speciebaarden e.d. zoals aangetroffen in nieuwbouw en met nieuwbouw vergelijkbare situaties.				
<b>B<sup>d</sup></b>	Na te isoleren constructie is onoverzichtelijk, onbeheersbaar, heeft gebreken en/of mogelijke vervuiling aan de onderzijde van de vloer, bevat mogelijk obstakels, leidingen en/of speciebaarden e.d. zoals vaak aangetroffen in bestaande gebouwen.				

<sup>a</sup> Waarden zijn van toepassing op een gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , of warmteweerstand,  $R_D$ , bepaald overeenkomstig de in E.2.2.2.1 genoemde (ontwerp)productnormen, of, wanneer er voor het desbetreffende product geen (ontwerp)productnorm aanwezig is, overeenkomstig E.2.2.2.4.  
<sup>b</sup> Wanneer voor de desbetreffende toepassing een gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , of warmteweerstand,  $R_D$ , is bepaald met een op de praktijktoepassing gerichte beproefingsmethode (bijvoorbeeld met een gekalibreerde en afgeschermd warmtekast overeenkomstig NEN-EN-ISO 8990 aan een proefstuk, voldoende groot en representatief gelet te verwachten onregelmatigheden in de vulling) en met inachtneming van 'veroudering' als bedoeld in de gerelateerde productnormen, geldt  $F_{A;\text{iso}} = 1,05$ .  
<sup>c</sup> Voor een product dat aantoonbaar (ter beoordeling van een geaccrediteerde en/of gecertificeerde instantie) een bij toepassing vergelijkbaar gedrag heeft als de in het bovenstaande genoemde producten (MW, EPS, PU, UF) mag de  $F_{A;\text{iso}}$ -waarde van het vergelijkbare product worden gebruikt. Voor overige producten met een in de praktijk over een periode van ten minste twee jaar bewezen toepassing, kan de  $F_{A;\text{iso}}$ -waarde aan statistisch voldoende praktijkmetingen bij afzonderlijke projecten worden ontleend, waarbij  $F_{A;\text{iso}} \geq 1,05$ .  
<sup>d</sup> Als er een situatie in bestaande gebouwen is die vergelijkbaar is met nieuwbouw en dat is aantoonbaar (ter beoordeling van een geaccrediteerde en/of gecertificeerd instantie), dan mag gebruik worden gemaakt van de waarde voor  $F_{A;\text{appl}}$  behorend bij 'Situatie A'. Bij het aantonen moet blijken dat de na te isoleren constructie overzichtelijk, beheersbaar, schoon en vrij van obstakels, speciebaarden e.d. is.

#### E.2.1.4.2 Reflecterende folies

De correctiefactoren voor veroudering van reflecterende folies is  $F_A = 1,00$ .

**OPMERKING** De correctie voor veroudering van reflecterende folies door de afname van de emissiviteit van de reflecterende lagen door stofinvloed en/of corrosie is verwerkt in de emissiviteit, zie ook C.3.5.

### E.2.1.4.3 Metselwerk

De correctiefactoren voor veroudering van metselwerk is  $F_A = 1,00$ .

### E.2.1.5 Correctiefactor voor convectie, $F_{\text{conv}}$

De mate van vrije convectie in een isolatiemateriaal met een open structuur hangt af van de luchtdoorlatendheid, de dikte en het temperatuurverschil van het isolatiemateriaal. De drijvende kracht voor vrije convectie wordt beschreven met het dimensiooze, ‘gemodificeerde’ rayleighgetal,  $Ra_m$ , gedefinieerd als:

$$Ra_m = 3 \times 10^6 \times \left( \frac{(d \times k \times \Delta T)}{\lambda} \right) \quad (\text{E.11})$$

OPMERKING 1 Zie 7.5 van NEN-EN-ISO 10456 voor de formele definitie van het gemodificeerde rayleighgetal.

waarin:

$\Delta T$  is het temperatuurverschil over de isolatie, in K;

$d$  is de dikte van de isolatie, in m;

$k$  is de luchtdoorlatendheid van de isolatie, in  $\text{m}^2$ ;

OPMERKING 2 De luchtdoorlatendheid  $k$  kan worden bepaald uit het quotiënt van de dynamische viscositeit van lucht  $\eta$ , in  $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$ , en de luchtstromingsweerstand  $r$ , in  $(\text{Pa}\cdot\text{s})/\text{m}^2$ , bepaald overeenkomstig NEN-ISO 9053.

$\lambda$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de isolatie zonder vrije convectie, in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

Als het gemodificeerde rayleighgetal,  $Ra_m$ , niet groter is dan de kritische rayleighwaarde,  $Ra_{m;\text{kritisch}}$ , in tabel E.6, bedraagt de correctiefactor voor de invloed van vrije convectie:  $F_{\text{conv}} = 1,00$ .

Er bestaan op dit moment geen algemeen geaccepteerde procedures om het effect van vrije convectie in isolatiematerialen te bepalen. Indien  $Ra_m$  de grenswaarde in tabel E.6 overschrijdt, zijn gedetailleerde analyses of metingen nodig om het effect van vrije convectie te kwantificeren.

**Tabel E.6 — Kritische waarden voor het  
gemodificeerde rayleighgetal**

Richting van de warmtestroom	$Ra_{m;\text{kritisch}}$
Horizontaal	2,5
Omhoog, bovenoppervlak open	15
Omhoog, bovenoppervlak beschermd (niet-luchtdoorlatend)	30
OPMERKING Voor tussenliggende hoeken kan het gemodificeerde rayleighgetal door lineaire interpolatie op basis van $\cos \theta$ worden bepaald, waarbij voor een horizontale warmtestroom geldt: $\theta = 0^\circ$ .	

## E.2.2 Waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt en/of warmteweerstand

### E.2.2.1 Algemeen

OPMERKING 1 Isolatiematerialen zijn materialen waarvan de warmtegeleidingscoëfficiënt onder genormeerde condities kleiner is dan of gelijk is aan  $0,100 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Voor andere bouwmaterialen is de warmteweerstand niet de primaire eigenschap van het product, alhoewel ook deze een goede bijdrage aan de warmteweerstand van een scheidingsconstructie kunnen leveren.

OPMERKING 2 De waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van isolatiematerialen,  $\lambda_D$ , is onderwerp van regeling van de CE-markering onder de Richtlijn bouwproducten.

### E.2.2.2 Gedeclareerde waarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt en de warmteweerstand

#### E.2.2.2.1 Isolatiematerialen

Voor de navolgende isolatieproducten wordt de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , en/of de warmteweerstand,  $R_D$ , in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , bepaald overeenkomstig 4.2.1 resp. 5.3.2 van de desbetreffende isolatieproductnormen.

**Tabel E.7 — Overzicht van geharmoniseerde productnormen voor isolatiematerialen**

<b>Fabrieksmatig vervaardigde isolatielagen</b>	
NEN-EN 13167	<i>Cellulaire glasproducten (CG)</i>
NEN-EN 13166	<i>Fenolformaldehyde- of resolproducten (PF)</i>
NEN-EN 13170	<i>Geëxpandeerde kurkproducten (ICB)</i>
NEN-EN 13169	<i>Geëxpandeerde perlietproducten (EPB)</i>
NEN-EN 13163	<i>Geëxpandeerde polystyreenproducten (EPS)</i>
NEN-EN 13164	<i>Geëxtrudeerde polystyreenproducten (XPS)</i>
NEN-EN 13171	<i>Houtvezelproducten (WF)</i>
NEN-EN 13168	<i>Houtwolproducten (WW)</i>
NEN-EN 13162	<i>Minerale wolproducten (MW)</i>
NEN-EN 16069	<i>Polyethyleenschuimproducten (PEF)</i>
NEN-EN 13165	<i>Polyurethaanhardschuim (PUR) en polyisocyanuraathardschuim (PIR) producten (PU)</i>
NEN-EN 14306	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen- en industriële installaties – Fabrieksmatig vervaardigde producten van calciumsilicaat (CS) – Specificatie</i>

Voor de in-situvervaardiging van isolatielagen in diverse materialen zijn geharmoniseerde normen voor productspecificaties (deel 1) en niet-geharmoniseerde normen voor installatie (deel 2) opgesteld of als normontwerp gepubliceerd. In tabellen E.8 en E.9 wordt een overzicht gegeven van de desbetreffende normen. Voor de isolatieproducten voor de in-situvervaardiging van isolatielagen waarvoor normen zijn vastgesteld wordt de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , in  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , en/of de warmteweerstand,  $R_D$ , in  $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , bepaald overeenkomstig 4.2.1 resp. 5.3.2 van de desbetreffende normen.

OPMERKING 1 Een productnorm is geharmoniseerd wanneer deze is geaccepteerd door het Standing Committee for Construction (EU).

OPMERKING 2 De normtitels in tabellen E.8 en E.9 zijn verkort weergegeven.

**Tabel E.8 — Overzicht van geharmoniseerde productnormen voor niet-fabrieksmatige in-situvervaardiging van isolatielagen**

<b>Niet-fabrieksmatig, in situ vervaardigde isolatielagen</b>	
NEN-EN 14315-1	<i>Gespoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 1: Specificatie voor het gespoten hardschuimsysteem vóór installatie</i>
NEN-EN 14316-1	<i>Geëxpandeerd perliet (EP) – Deel 1: Specificatie voor gelijmde en los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14317-1	<i>Geëxfolieerd vermiculiet (EV) – Deel 1: Specificatie voor gelijmde en los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14318-1	<i>Gegoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 1: Specificatie voor het gegoten hardschuimsysteem vóór installatie</i>
NEN-EN 14063-1 NEN-EN 14063-1/C1	<i>Geëxpandeerd lichtgewicht kleiproducten (LWA) – Deel 1: Specificatie voor los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14064-1	<i>Minerale wolproducten – Deel 1: Specificatie voor los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 15100-1	<i>Ureumformaldehydeschuim (UF) – Deel 1: Specificatie voor het schuimsysteem vóór de installatie (in voorbereiding)</i>
NEN-EN 15101	<i>Thermische isolatieproducten voor gebouwen - In-situ gevormde los gestorte celluloseproducten (LFCI) - Deel 1: Specificatie voor de producten voor installatie</i>
NEN-EN 16809-1	<i>Thermische isolatieproducten voor gebouwen – In-situ gevormde los gestorte producten van polystyreen (EPS) parels en gebonden polystyreen parels – Deel 1: Specificatie voor gebonden en los gestorte producten voor installatie</i>

**Tabel E.9 — Overzicht van niet-geharmoniseerde productnormen voor geïnstalleerde niet-fabrieksmatige in situ vervaardigde isolatielagen**

<b>Niet-geharmoniseerde productnormen voor geïnstalleerde niet-fabrieksmatig, in situ vervaardigde isolatielagen</b>	
NEN-EN 14063-2	<i>Geëxpandeerd lichtgewicht kleiproducten – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14064-2	<i>Los gestorte minerale wol- (MW) producten – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14315-2	<i>Gespoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14316-2	<i>Geëxpandeerd perliet (EP) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14317-2	<i>Geëxfolieerd vermiculiet (EV) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14318-2	<i>Gegoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde isolatieproducten</i>
NEN-EN 15101-2	<i>Los gestorte celluloseproducten (LFCI) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 16809-2	<i>Thermische isolatieproducten voor gebouwen – In-situ gevormde los gestorte producten van polystyreen (EPS) parels en gebonden polystyreen parels – Deel 2: Specificatie voor gebonden en los gestorte producten na installatie</i>

### E.2.2.2.2 Reflecterende folies

Voor in isolatieproducten opgenomen reflecterende folies wordt de warmteweerstand,  $R_D$ , in  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ , bepaald overeenkomstig het minimale aantal meetwaarden en de gegeven methode volgens NEN-EN 16012.

De gedeclareerde warmteweerstand  $R_D$  moet representatief zijn voor minimaal 90 % van de productie, met een betrouwbaarheid van 90 % ( $R_{90/90}$  als bedoeld in bijlage J).

De waarde van de warmteweerstand  $R_D$  volgt uit de waarde van de warmteweerstand,  $R_{90/90}$ , door afronding naar beneden tot de dichtstbijzijnde 0,05  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ .

### E.2.2.2.3 Metselstenen, metselblokken en mortel

Voor metselstenen, -blokken en mortel wordt  $\lambda_D$ , in  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , bepaald als de 90 %-waarde volgens 4.2.2 van NEN-EN 1745:2020.

OPMERKING In NEN-EN 1745 wordt de bedoelde  $\lambda_D$  aangeduid als  $\lambda_{10,\text{dry,mat}}$ .

De warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , mag ook worden bepaald volgens 4.2.1 van NEN-EN 1745:2020, met dien verstande dat van de tabelwaarden in bijlage A van NEN-EN 1745:2020 de waarden uit de kolommen met  $P = 90\%$  worden gehanteerd.

#### E.2.2.2.4 Overige materialen

Voor andere dan de in E.2.2.2.1 t/m E.2.2.2.3 bedoelde producten wordt de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , in W/(m·K), en/of de warmteweerstand,  $R_D$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), rekening houdend met de afrondingsregels en het minimale aantal meetwaarden volgens NEN-EN 10456, berekend overeenkomstig:

- 1) voor proefstukken met een warmteweerstand  $R \leq 0,5$  W/(m<sup>2</sup>·K):
  - hoofdstukken 4 t/m 8 van NEN-EN 12664:2001;
- 2) voor proefstukken met een warmteweerstand  $R > 0,5$  W/(m<sup>2</sup>·K):
  - hoofdstukken 4 en 5 van NEN-EN 12939:2000 voor dikke producten;
  - hoofdstukken 4 t/m 8 van NEN-EN 12667:2001 voor overige producten.

Metingen worden (voor zover relevant) uitgevoerd bij:

- 1) een gemiddelde referentietemperatuur van 10 °C;
- 2) een gemiddelde relatieve vochtigheid van 50 %.

De gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda_D$  en/of de warmteweerstand  $R_D$  moeten representatief zijn voor minimaal 90 % van de productie, met een betrouwbaarheid van 90 % ( $\lambda_{90/90}$ , resp.  $R_{90/90}$ , als bedoeld in bijlage J).

De waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , volgt uit de waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_{90/90}$ , door afronding naar boven naar de dichtstbijzijnde 0,001 (m<sup>2</sup>·K)/W. De waarde van de warmteweerstand  $R_D$  volgt uit de waarde van de warmteweerstand,  $R_{90/90}$ , door afronding naar beneden tot de dichtstbijzijnde 0,05 W/(m<sup>2</sup>·K).

#### E.2.2.3 Forfataire waarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt en de warmteweerstand

##### E.2.2.3.1 Isolatiematerialen

**OPMERKING 1** De navolgende tabelwaarden hebben betrekking op producten met een beperkte wateropname door onderdompeling ( $W_{ip} \leq 3,0$  kg/m<sup>2</sup>, bepaald volgens NEN-EN 12087) en een voldoende dimensionele stabiliteit ( $\Delta\varepsilon_l \leq 1$  % en  $\Delta\varepsilon_b \leq 1$  % bepaald volgens NEN-EN 1603).

**OPMERKING 2** De in tabel E.10 voor nieuwe producten opgenomen waarden zijn betrokken op de laagste en hoogste waarde als vermeld in de familie van Europese technische specificaties (EOTA) of vrijwillige kwaliteitsverklaringen (KOMO-, CTG-, of CEN Keymark-certificaat), ongeacht de toepassing en andere factoren die van invloed zijn op de  $\lambda_{for}$ -waarde. De architect/ontwerper moet, gelet de door hem beoogde toepassing, in het bestek de voor die specifieke toepassing geldende  $\lambda$ -waarde gebruiken. De in tabel E.10 gegeven  $\lambda_{for}$ -waarden zijn bedoeld voor toepassing bij het bepalen van energielabels; het betreft gemiddeld representatieve waarden en niet bovenwaarden.

**Tabel E.10 — Representatieve en forfataire waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van isolatiematerialen**

Isolatiemateriaal <sup>b</sup>	Nieuwbouw <sup>a</sup>	Bestaande bouw <sup>b</sup>
	$\lambda_D$ W/(m·K)	$\lambda_{for}$ W/(m·K)
<b>Minerale wol (MW)</b>		
— glaswol (MWG) (platen en dekens)	0,030 – 0,044	0,040
— steenwol (MWR) (platen en dekens)	0,031 – 0,045	0,040
— glas-/steenwolvlokken: (in situ, los gestort)	0,034 – 0,045	0,045
Geëxpandeerd polystyreen (EPS) (plaat)	0,031 – 0,045	0,040
<b>Geëxpandeerd polystyreen (EPS) (in situ, los gestort)</b>		
— witte parels (los gestort en gebonden)	0,040 – 0,050	0,045
— grijze parels <sup>c</sup> (los gestort en gebonden)	0,035 – 0,045	0,035
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)	0,028 – 0,040	0,040
Polyurethaan (PUR)/polyisocyanuraat (PIR) hardschuim (platen)	0,023 – 0,029	0,030
<b>Polyurethaan (PUR)/polyisocyanuraat (PIR) hardschuim (in situ, gespoten en gegoten)</b>		
— hardschuim (geslotencelaandeel ≤ 80 % <sup>d</sup> )	0,040	0,045
— hardschuim (geslotencelaandeel > 80 % <sup>e</sup> )	0,030	0,035
Fenolformaldehyde of resol (PF)	0,021 – 0,025	0,030
Cellulair glas (CG)	0,038 – 0,050	0,045
Houtwol (WW)	–	0,100
Geëxpandeerd perliet (EPB)	0,052 – 0,055	0,050
Geëxpanderde kurk (ICB)	–	0,050
Houtvezels (WF)	0,035 – 0,055	0,050
Ureumformaldehydeschuim (UF)	–	0,060
Cellulose (LFCI) (in situ, los gestort)	–	0,050

<sup>a</sup> Ter informatie; spreiding op basis van  $\lambda_D$ -waarden voor producten bij verschillende toepassingen.

<sup>b</sup> Ongeacht merk en type en exclusief de in E.2.1 gegeven correctiefactoren.

<sup>c</sup> Met grijze parels worden EPS-parels bedoeld waarbij tijdens het polymeriseren in de celwand koolstof/grafiet is toegevoegd.

<sup>d</sup> Geslotencelaandeel ≤ 80 %; klasse CCC1 en CCC2 als bedoeld in tabel 1 van NEN-EN 14315-1:2013 (gespoten PU-schuim) of tabel 1 van NEN-EN 14318-1:2013 (gegoten PU-schuim).

<sup>e</sup> Geslotencelaandeel > 80 %; klasse CCC3 en CCC4 als bedoeld in tabel 1 van NEN-EN 14315-1:2013 (gespoten PU-schuim) of tabel 1 van NEN-EN 14318-1:2013 (gegoten PU-schuim).

**Tabel E.11— Forfaitaire waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van isolatiematerialen zonder geharmoniseerde productnormen**

Isolatiemateriaal	$\lambda_{\text{for}}^{\text{a}}$ W/(m·K)
Vlaswol	0,050
Schapenwol	0,050
Katoen	0,050
Kokos	0,055
Stro	0,060
Hennep	0,100
Turf	0,100
<sup>a</sup> Exclusief de in E.2.1 gegeven correctiefactoren.	

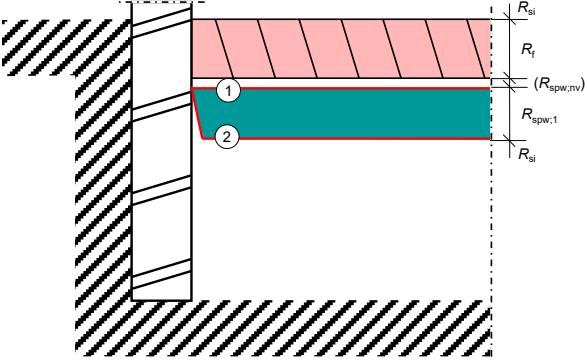
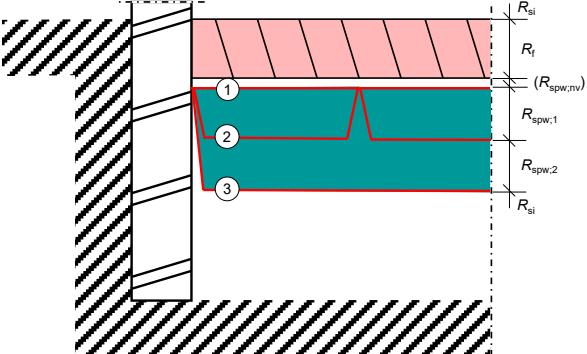
**Tabel E.12 — Forfaitaire waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van overige materialen, niet zijnde metselwerk**

Materiaal	$\lambda_{\text{for}}$ W/(m·K)
Cementgebonden geëxpandeerd perliet <sup>a</sup>	0,150
Cementgebonden geëxpandeerd polystyreen <sup>a</sup>	0,150
Kleikorrels <sup>a</sup>	0,300
Schelpen	0,200
Riet	0,200
<sup>a</sup> Zie ook tabel E.8; omdat $\lambda_{D,\text{for}} > 0,100 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ worden deze producten in hoofdstuk 8 niet aangemerkt als isolatiemateriaal.	

De rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt voor andere materialen dan isolatiematerialen en metselstenen en -blokken mag ook worden ontleend aan 8.3 van NEN-EN-ISO 10456.

### E.2.2.3.2 Reflecterende folies

**Tabel E.13 — Rekenwaarden voor de warmteweerstand van reflecterende folies (foliesystemen)**

Isolatiemateriaal	$R_{\text{for}}$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )/W
Reflecterende folielaag (-lagen) <sup>a</sup>	$d/0,03$ <sup>b,c</sup>
Reflecterende folie als cachering	0,00 <sup>c</sup>
Horizontale foliesystemen met tussenliggende luchtlagen	
— twee reflecterende folies met tussenliggende luchtlagen	
	twee folies (1,2) met een tussenliggende luchtlag 1,80 <sup>d</sup>
— drie reflecterende folies met tussenliggende luchtlagen	
	drie folies (1, 2, 3) met twee tussenliggende luchtlagen 2,90 <sup>d</sup>
<sup>a</sup> Bedoeld worden reflecterende folies bestaande uit maximaal 10 mm dikke 'bubbeltjesfolie' of meerdere door reflecterende lagen gescheiden luchtkussen-, schuim- of (kunst)vezellagen van maximaal 10 mm dikte per afzonderlijke laag, met aan beide buitenzijden een reflecterende laag.	
<sup>b</sup> Hierin is $d$ de minimale dikte van de isolerende laag zoals die bij het beoogd gebruik is gewaarborgd, in m, voor zover het materiaal bestaat uit meer dan één reflecterende folie en één of meer afzonderlijke tussenlagen van een ander materiaal.	
<sup>c</sup> De vergroting van de warmteovergangsweerstand en van de extra warmteweerstand van aansluitende spouwen worden bepaald overeenkomstig NEN-EN-ISO 6946, of ontleend aan tabel C.2, resp. tabel C.3 of C.4.	
<sup>d</sup> Berekend overeenkomstig bijlage B van NEN-EN-ISO 6946:2017 en betrokken op $\varepsilon_1 = 0,10$ en $\varepsilon_2 = 0,10$ en een luchtlag 1-2 van $d = 0,10$ m en – in geval van twee luchtlagen – een luchtlag 2-3 van $d = 0,05$ m. De vergroting van de overgangsweerstand (hoogte kruipruimte, $z > 0,30$ m) en van de extra warmteweerstand van de kruipruimtespouw (hoogte kruipruimte, $z \leq 0,30$ m) worden bepaald overeenkomstig NEN-EN-ISO 6946, dan wel ontleend aan tabel C.2, resp. C.3 of C.4.	

### E.2.2.3.3 Metselwerk

**OPMERKING** De in tabellen E.14 t/m E.17 opgenomen  $\lambda$ -waarden gelden voor de in Nederland meest toegepaste metselstenen en -blokken met inbegrip van de in het metselwerk opgenomen voegen.

De warmtegeleidingscoëfficiënt volgens tabellen E.14 t/m E.17 moet nog worden afgerond volgens de in NEN-EN-ISO 10456 geldende regels:

- Als  $\lambda \leq 0,08$ : rond naar boven af op een veelvoud van 0,001 W/(m·K).
- Als  $0,08 < \lambda \leq 0,20$ : rond naar boven af op een veelvoud van 0,005 W/(m·K).
- Als  $0,20 < \lambda \leq 2,00$ : rond naar boven af op een veelvoud van 0,01 W/(m·K).
- Als  $2,00 < \lambda$ : rond naar boven af op een veelvoud van 0,1 W/(m·K).

**Tabel E.14 — Rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt voor baksteen**

$\rho_{\text{mat}}$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_D$ (P=90 %) W/(m·K)	$\lambda_{\text{calc}}$ W/( m·K)			
		Lijmwerk, voegen < 3 mm		Metselwerk	
		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen	Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
600	0,150	0,160	0,300	0,190	0,320
700	0,180	0,190	0,360	0,220	0,380
800	0,210	0,220	0,420	0,260	0,440
900	0,240	0,260	0,480	0,300	0,500
1 000	0,270	0,290	0,540	0,340	0,570
1 100	0,300	0,320	0,600	0,380	0,630
1 200	0,330	0,350	0,660	0,420	0,700
1 300	0,360	0,390	0,720	0,460	0,760
1 400	0,400	0,430	0,800	0,510	0,850
1 500	0,430	0,460	0,860	0,540	0,910
1 600	0,470	0,500	0,940	0,600	0,990
1 700	0,510	0,550	1,030	0,650	1,080
1 800	0,550	0,590	1,110	0,700	1,160
1 900	0,600	0,640	1,210	0,760	1,270
2 000	0,640	0,680	1,290	0,810	1,350
2 100	0,690	0,740	1,390	0,870	1,460
2 200	0,740	0,790	1,490	0,940	1,560
2 300	0,790	0,850	1,590	1,000	1,670
2 400	0,840	0,900	1,690	1,070	1,780

**Tabel E.15 — Rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt voor beton(steen)**

$\rho_{\text{mat}}$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_D$ (P=90 %) W/(m·K)	$\lambda_{\text{calc}}$ W/(m·K)	
		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
1 600	0,880	1,033	1,164
1 700	0,930	1,091	1,231
1 800	1,010	1,185	1,336
1 900	1,090	1,279	1,442
2 000	1,190	1,396	1,575
2 100	1,300	1,526	1,720
2 200	1,420	1,666	1,879
2 300	1,560	1,831	2,064
2 400	1,720	2,018	2,276

**Tabel E.16 — Rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt voor kalkzandsteen**

$\rho_{\text{mat}}$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_D$ (P=90 %) W/(m·K)	$\lambda_{\text{calc}}$ W/(m·K)	
		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
1 750	0,76	0,870	1,530
1850	0,87	1,000	1,750
2200	1,37	1,570	2,760

**Tabel E.17 — Rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt voor cellenbeton**

$\rho_{\text{mat}}$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_D$ (P=90 %) W/(m·K)	$\lambda_{\text{calc}}$ W/(m·K)	
		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
400	0,110	0,119	0,129
500	0,130	0,141	0,153
600	0,160	0,173	0,188
700	0,180	0,195	0,211
800	0,210	0,227	0,246

## Bijlage F (normatief)

### **Equivalent warmtegeleidingscoëfficiënt van luchtruimten exclusief die van ramen en kozijnen**

#### **F.1 Algemeen**

Deze bijlage is van toepassing op luchtlagen begrensd door ondoorschijnende materialen met:

- a) een emissiviteit van elk oppervlak:  $\varepsilon \geq 0,80$ ;
- b) een gemiddelde temperatuur van ongeveer  $\theta = 10^{\circ}\text{C}$ ;
- c) een temperatuurverschil tussen de inwendige oppervlakken tot 5 K voor luchtruimten in constructieonderdelen met een relatief lage warmtedoorgangscoëfficiënt;
- d) een temperatuurverschil tussen de inwendige oppervlakken van  $\Delta T = 8\text{ K}$  tot  $\Delta T = 12\text{ K}$  voor luchtruimten in constructies met een relatief hoge warmtedoorgangscoëfficiënt.

In het geval van inwendige oppervlakken met een lagere emissiviteit is de warmteweerstand hoger dan de in tabel F.1 gegeven waarden en de warmtegeleidingscoëfficiënt lager dan de in tabellen F.2 en F.3 gegeven waarden. Zie bijlage D van NEN-EN-ISO 6946:2017.

#### **F.2 Warmteweerstand van luchtlagen en -holten in constructieonderdelen met een relatief lage warmtedoorgangscoëfficiënt**

De warmteweerstanden van niet-geventileerde luchtlagen en buisvormige holten in constructieonderdelen met een gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt lager dan 1,0  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  worden in tabel F.1 gegeven.

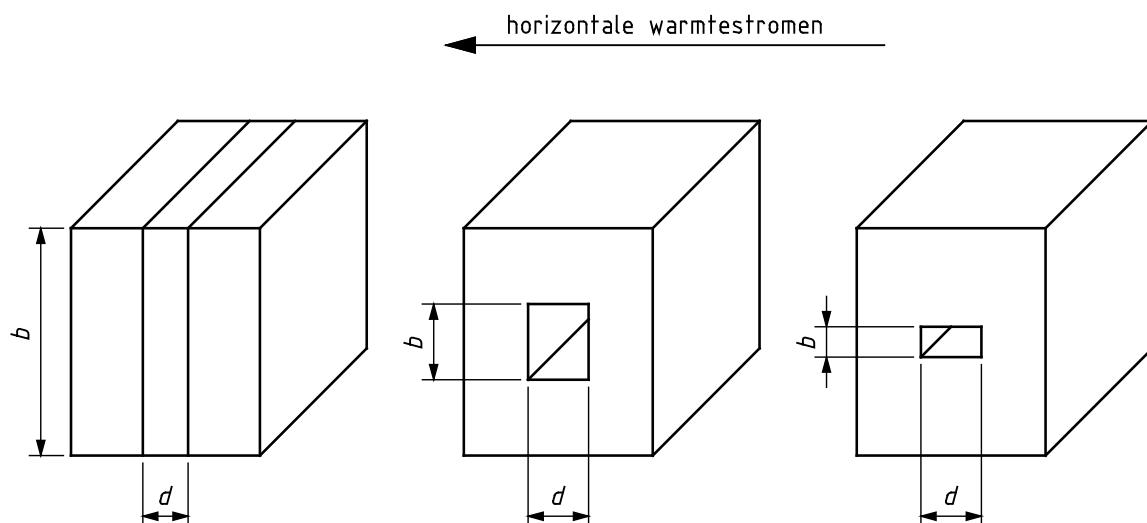
De dimensies van  $d$  en  $b$  met betrekking tot de warmtestroomrichting worden in figuur F.1 gegeven.

De warmteweerstand van een niet-geventileerde luchtlag met een verticaal gerichte warmtestroom wordt bepaald in C.3.2. Verder wordt verwezen naar 6.9.1 van NEN-EN-ISO 6946:2017.

De equivalent warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda_{\text{equi}}$ ) moet worden berekend met de vergelijking:  $\lambda_{\text{equi}} = d_{\text{sp}}/R_{\text{sp}}$ , waarin  $d_{\text{sp}}$  en  $R_{\text{sp}}$  respectievelijk de dikte (in m) en de warmteweerstand (in  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ) van de luchtlag voorstellen. Dezelfde vergelijking moet worden gehanteerd voor het berekenen van de equivalent warmtegeleidingscoëfficiënt van het totaal van een dakbedekking van pannen inclusief de luchtlag tussen pannen en de daaronder gelegen afdichting, waarbij dan voor  $R_{\text{sp}}$  een waarde van 0,06  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  moet worden aangehouden.

De ontwerpwaarde voor de warmteweerstand van een zwak geventileerde luchtlag is de helft van de corresponderende waarde in tabel F.1. De ontwerpwaarde voor de warmteweerstand van een sterk geventileerde luchtlag wordt bepaald in C.3.3. Verder wordt verwezen naar 6.9.3 van NEN-EN-ISO 6946:2017.

**OPMERKING 1** De definities van niet-geventileerde, zwak geventileerde en sterk geventileerde luchtlagen worden gegeven in C.3 en 6.9.3 van NEN-EN-ISO 6946:2017.



**Figuur F.1 — Sectie van de luchtlag met de warmtestroomrichting**

**Tabel F.1 — Warmteweerstand ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ) van niet-geventileerde luchtlagen en buisvormige holten in constructieonderdelen met  $U < 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$**

<b>d mm</b>	<b>d / b</b>							
	10	5	3	2	1	0,5	0,3	$\leq 0,1$
2	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
5	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
7	0,17	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
10	0,21	0,21	0,20	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15
15	0,26	0,25	0,24	0,24	0,22	0,20	0,19	0,17
25	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
25 tot 500	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18

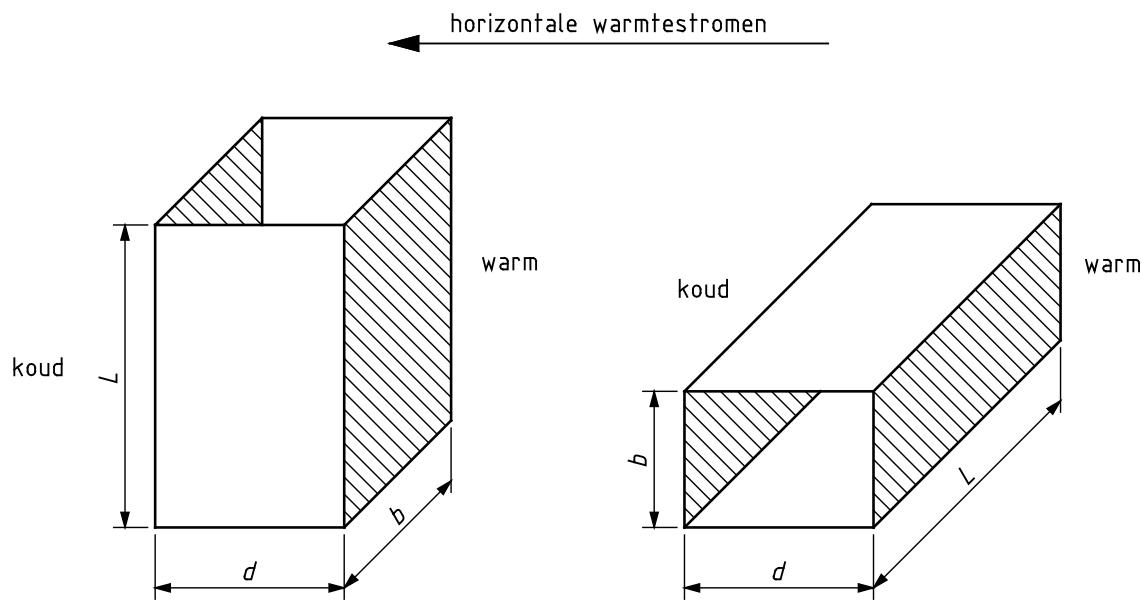
**OPMERKING 2** De waarden zijn gebaseerd op een horizontale warmtestroomrichting. Voor een breedte  $d \geq 500 \text{ mm}$  worden luchtruimten als vertrekken beschouwd.

### **F.3 Warmtegeleidingscoëfficiënt van buisvormige holten in constructieonderdelen met een relatief hoge warmtedoorgangscoëfficiënt**

De warmtegeleidingscoëfficiënten van niet-geventileerde buisvormige holten met een gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt van meer dan  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  worden gegeven in de tabellen F.2 en F.3.

De dimensies van  $d$  en  $b$  met betrekking tot de warmtestroomrichting worden weergegeven in figuur F.2.

In geval van een verticale warmtestroom waarbij de afmetingen ( $d$ ) in de richting van de warmtestroom groter zijn dan 10 mm moeten de waarden in de tabellen F.2 en F.3 worden vermenigvuldigd met 1,2 bij een omhoog gerichte warmtestroom en met 0,8 bij een omlaag gerichte warmtestroom.



OPMERKING 1 Rechts: zie tabel F.2, links: zie tabel F.3.

**Figuur F.2 — Sectie van een buisvormige luchtholte met de warmtestroomrichting**

**Tabel F.2 — De equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt ( $W/(m \cdot K)$ ) in niet-geventileerde horizontale buisvormige holten in constructieonderdelen met  $U > 1,0 W/(m^2 \cdot K)$**

$b$ mm	$d$ mm							
	5	10	20	30	40	50	60	80
5	0,042	0,055	0,085	0,124	0,163	0,202	0,224	0,320
10	0,044	0,066	0,100	0,126	0,151	0,174	0,197	0,243
20	0,046	0,075	0,133	0,181	0,217	0,248	0,277	0,331
30	0,047	0,078	0,138	0,192	0,242	0,290	0,336	0,427
40	0,047	0,079	0,142	0,197	0,249	0,298	0,346	0,437
50	0,047	0,079	0,144	0,202	0,255	0,305	0,354	0,447
60	0,047	0,078	0,146	0,205	0,260	0,312	0,361	0,455
80	0,048	0,076	0,147	0,210	0,267	0,321	0,372	0,470

**Tabel F.3 — De equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt ( $W/(m \cdot K)$ ) in niet-geventileerde verticale buisvormige holten in constructieonderdelen met  $U > 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$**

<i>b</i> mm	<i>d</i> mm							
	5	10	20	30	40	50	60	80
5	0,042	0,055	0,085	0,124	0,163	0,202	0,224	0,320
10	0,044	0,059	0,090	0,130	0,169	0,208	0,247	0,326
20	0,046	0,063	0,098	0,139	0,180	0,219	0,259	0,337
30	0,047	0,066	0,104	0,147	0,189	0,229	0,269	0,348
40	0,047	0,067	0,107	0,153	0,196	0,238	0,278	0,358
50	0,047	0,068	0,110	0,157	0,202	0,245	0,286	0,368
60	0,047	0,068	0,112	0,161	0,207	0,251	0,293	0,376
80	0,048	0,069	0,114	0,166	0,214	0,260	0,305	0,391

**OPMERKING 2** De in tabellen F.2 en F.3 gegeven waarden van de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt zijn numeriek berekend voor holten met een rechthoekige doorsnede, een emissiviteit van de inwendige oppervlakken van 0,95 en thermische onderbrekingen in de anders sterk geleidende verbindingsselementen. Afwijkende waarden kunnen van toepassing zijn bij andere geometrische verhoudingen. Met lagere emissiviteit zullen lagere waarden worden verkregen.

## Bijlage G

(normatief)

### Warmtedoorgangscoëfficiënt van beglazing, $U_{gl}$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), zonder meerekening van randeffecten

Tabel G.1 — Warmtedoorgangscoëfficiënt van beglazing,  $U_{gl}$ , in W/(m<sup>2</sup>·K), zonder meerekening van randeffecten

Soort				$U_{gl}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)				
Enkel glas				5,8				
Meervoudige beglazing				Soort spouwvulling (gasconcentratie > 90 %)				
Type	Coating glaslaag	Emissiviteit $\epsilon_n$ <sup>a</sup>	Laagdiktes mm <sup>b</sup>	Lucht	Argon	Krypton	SF <sub>6</sub>	Xenon
Dubbel glas	Geen (normaal glas)	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3	2,6
			4-8-4	3,1	2,9	2,7	3,1	2,6
			4-12-4	2,8	2,7	2,6	3,1	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
	Een ruit met warmte- reflecterende coating	$\leq 0,20$	4-6-4	2,7	2,3	1,9	2,3	1,6
			4-8-4	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6
			4-12-4	2,0	1,8	1,6	2,4	1,6
			4-16-4	1,8	1,6	1,6	2,5	1,6
			4-20-4	1,8	1,7	1,6	2,5	1,7
		$\leq 0,15$	4-6-4	2,6	2,3	1,8	2,2	1,5
			4-8-4	2,3	2,0	1,6	2,3	1,4
			4-12-4	1,9	1,6	1,5	2,3	1,5
			4-16-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
			4-20-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
		$\leq 0,10$	4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1	1,4
			4-8-4	2,2	1,9	1,4	2,2	1,3
			4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3	2,3	1,4
			4-20-4	1,6	1,4	1,4	2,3	1,4

		$\leq 0,05$	4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0	1,2		
			4-8-4	2,1	1,7	1,3	2,1	1,1		
			4-12-4	1,7	1,3	1,1	2,1	1,2		
			4-16-4	1,4	1,2	1,2	2,2	1,2		
			4-20-4	1,5	1,2	1,2	2,2	1,2		
		<b>Soort</b>			$U_{gl}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)					
		<b>Meervoudige beglazing</b>			<b>Soort spouwvulling (gasconcentratie &gt; 90 %)</b>					
Type	Coating glaslaag	Emissiviteit $\epsilon_n$ <sup>a</sup>	Laagdiktes mm <sup>b</sup>	Lucht	Argon	Krypton	SF <sub>6</sub>	Xenon		
Drie-voudige beglazing	Geen (normaal glas)	$\leq 0,89$	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8	1,9	1,7		
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7	1,9	1,6		
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6	2	1,6		
	Twee ruiten met warmte- reflecterende coating	$\leq 0,20$	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1	1,3	0,9		
			4-8-4-8-4	1,5	1,3	1,0	1,3	0,8		
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8	1,3	0,8		
		$\leq 0,15$	4-6-4-6-4	1,7	1,4	1,1	1,2	0,9		
			4-8-4-8-4	1,5	1,2	0,9	1,2	0,8		
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,7	1,3	0,7		
		$\leq 0,10$	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0	1,1	0,8		
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8	1,1	0,7		
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6	1,2	0,6		
		$\leq 0,05$	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9	1,1	0,7		
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7	1,1	0,5		
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5	1,1	0,5		
OPMERKING 1 Deze tabel is gebaseerd op tabel C.2 van NEN-EN-ISO 10077-1:2006.										
OPMERKING 2 De gegeven warmtedoorgangscoëfficiënten zijn berekend met NEN-EN 673 op basis van de gegeven emissiviteit en gasconcentraties groter dan 90 %. Emissiviteit en gasconcentratie van beglazing kan in de tijd veranderen. Procedures voor de berekening van het effect van veroudering op de thermische prestatie van beglazing worden beschreven in NEN-EN 1279-1 en NEN-EN 1279-3.										
<sup>a</sup> $\epsilon_n$ is de emissiviteit voor normaalstraling volgens A.1 van NEN-EN 673. <sup>b</sup> De cursief weergegeven waarde is de spouwbreedte.										

## Bijlage H

(normatief)

### Warmtegeleidingscoëfficiënten ( $\lambda$ -waarden) van geselecteerde materialen, toegepast in ramen en kozijnen

Tabel H.1 — Warmtegeleidingscoëfficiënten ( $\lambda$ -waarden) van geselecteerde materialen, toegepast in ramen en kozijnen

Materialgroep	Materiaal	$\rho_{\text{mat}}$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{\text{for}}$ W/(m·K)
Kozijn	Roodkoper	8 900	380
	Aluminium	2 800	160
	Koper	8 400	120
	Staal	7 800	50
	Corrosievast staal	7 900	17
	PVC	1 390	0,17
	Hardhout	700	0,18
	Naaldhout	500	0,13
	Glasvezel (PE-resin)	-	0,30
Glas	Natronkalk	2 500	1,0
	Acryl, plexiglas	105	0,20
	Polymethylmethacrylaat (PMMA)	1 180	0,18
	Polycarbonaat	1 200	0,20
Thermische onderbreking	Polyamide (nylon)	1 150	0,25
	Polyamide 66 met 25 % glasvezel	980	0,30
	Polyetheen, HD	920	0,52
	Polyetheen, LD	910	0,33
	Polypropeen	910	0,22
	Polypropeen met 25 % glasvezel	1 200	0,25
	Polyurethaan (PU)	1 390	0,25
	Polyvinylchloride (PVC) (hard)	-	0,17
Tochtstrips	Neopreen (PCP)	1 240	0,23
	Ethyleenpolypropyleendieenmonomeer (EPDM)	1 150	0,25
	Siliconen	1 200	0,35
	Polyvinylchloride (PVC) (flexibel)	1 200	0,14
	Mohair (polyester)	-	0,14
	Schuimrubber	80	0,06
Kitten en randafdichtings- materialen	Polyurthaanhardschuim (PUR)	-	0,30
	Butyl	1 200	0,24
	Polysulfide	1 700	0,40
	Siliconen	1 200	0,35
	Polyisobuteen	930	0,20
	Polyesterhars	1 400	0,19
	Silicagel	720	0,13
	Siliconenschuim (LD)	750	0,12
	Siliconenschuim (MD)	820	0,17

## Bijlage I

(normatief)

### Forfataire waarden voor de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van bouwkundige details en transmissie

#### I.1 Forfataire waarden voor de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van bouwkundige details

In tabellen I.1.1 en I.1.2 zijn de forfataire waarde van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt ( $\psi$ ) van een groot aantal aansluitdetails opgenomen. Deze waarden zijn afgeleid van de *ISSO-Referentiedetails* [8] met een toeslag. Deze forfataire waarden zijn toepasbaar voor alle regulier voorkomende gevelopbouwen. Voor alle waarden geldt dat de warmteverstand ( $R_c$ ) voor niet-doorschijnende gevels, daken en vloeren en de doorgangscoefficiënt ( $U_w$ ) van ramen en deuren voldoen aan de minimale eisen van het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving (niveau nieuwbouw).

Voor de knooppunten zijn aanvullende voorwaarden gesteld aan de detailleringen. Als aan die voorwaarden wordt voldaan, moeten de waarden uit kolom A in tabel I.1 en tabel I.2 worden gehanteerd. Als niet aan de aanvullende voorwaarden wordt voldaan, dan moeten de  $\psi$ -waarden uit kolom B in tabel I.1 en tabel I.2 worden gehanteerd.

De in de tabellen genoemde forfataire waarden kunnen gehanteerd worden ongeacht de gevelopbouw. Dat betekent dat rekening is gehouden met de maatgevende (ongunstigste) gevelopbouw.

Hoewel de waarden primair zijn afgeleid voor woningbouw, zijn deze ook van toepassing voor overeenkomstige constructies van andere gebruiksfuncties.

In het geval dat er van een detailpositie in tabel I.1 of I.2 geen  $\psi$ -waarde is opgenomen, mag de volgende  $\psi$ -waarde worden gehanteerd:  $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ .

**Tabel I.1 – Forfataire waarden voor de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van laagbouw (grondgebonden gebouwen)**

Detail-positie nr.	Omschrijving aansluiting	Aanvullende voorwaarden	$\psi$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	
			A	B
1	Fundering, niet-dragende gevel	Systeemvloer, afstand isolatie wand tot de funderingsbalk maximaal 60 mm en $R_{c,gevel} \geq 4,7 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	0,27	0,41
2	Fundering, deur	Systeemvloer, isolatie kopse zijde funderingsbalk $R_{c,vloer} \geq 3,7 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ , buitengrensvlak deur ligt niet buiten binnengrensvlak isolatie gevel en binnengrensvlak deur ligt niet buiten buitengrensvlak isolatie gevel	0,45	0,68
3	Fundering, dragende gevel	Systeemvloer oplegging 50 % geïsoleerd, dragende gevel steenachtig maximaal 150 mm dik. Afstand isolatie wand tot de funderingsbalk maximaal 60 mm en $R_{c,gevel} \geq 4,7 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	0,60	0,90
4	Fundering, woningscheidende wand	Geen	0,00	0,00
5	Gevel, onderdorpel kozijn	Het hart van het kozijn ligt niet buiten het buitengrensvlak van de isolatie van de aangrenzende constructies en het hart van het kozijn ligt niet binnen het binnengrensvlak van de isolatie	0,15	0,25

Detail-positie nr.	Omschrijving aansluiting	Aanvullende voorwaarden	$\psi$ W/(m <sup>1</sup> ·K)	
			A	B
6	Gevel, zijstijl kozijn	Het hart van het kozijn ligt niet buiten het buitengrensvlak van de isolatie van de aangrenzende constructies en het hart van het kozijn ligt niet binnen het binnengrensvlak van de isolatie	0,09	0,19
7	Gevel, bovendorpel kozijn	Het hart van het kozijn ligt niet buiten het buitengrensvlak van de isolatie van de aangrenzende constructies en het hart van het kozijn ligt niet binnen het binnengrensvlak van de isolatie	0,10	0,20
8	Gevel, woningscheidende wand	Isolatie nergens minder dan 65 % van de isolatie van de spouwbladen en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,10	0,20
9	Niet-dragende gevel, dragende gevel	Isolatie nergens minder dan 65 % van de isolatie van de spouwbladen en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,14	0,24
10	Gevel, verdiepingsvloer	Isolatie nergens minder dan 65 % van de isolatie van de spouwbladen en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,09	0,19
11	Gevel, bovendorpel met rooster	Isolatie conform isolatie van de spouwbladen en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,15	0,25
12	Niet-dragende gevel, dragende gevel	Isolatie conform isolatie van de spouwbladen en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,00	0,00
13	Dakvoet, gevel, hellend dak	Isolatie nergens minder dan 65 % van de isolatie van het dak en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,16	0,26
14	Hellend dak, woningscheidende wand	Isolatie nergens minder dan 65 % van de isolatie van het dak en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,03	0,13
15	Gevel, hellend dak	Isolatie nergens minder dan 65 % van de isolatie van het dak en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,13	0,23
16	Nok hellend dak	Isolatie conform isolatie van het dak en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,05	0,15
17	Hellend dak, kozijn dakkapel	Isolatie nergens minder dan 65 % van de isolatie van het dak en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,60	0,90
18	Hellend dak, plat dak dakkapel	Isolatie nergens minder dan 65 % van de isolatie van het dak en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,50	0,75
19	Hellend dak, zijwang dakkapel	Isolatie conform isolatie van het dak en zijwang en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,13	0,23
20	Hellend dak, onderzijde dakraam	Binnenzijde van het grensvlak van het dakraam ligt niet buiten het buitengrensvlak van de isolatielijn van het dak	0,12	0,22
21	Hellend dak, zijaansluiting dakraam	Binnenzijde van het grensvlak van het dakraam ligt niet buiten het buitengrensvlak van de isolatielijn van het dak	0,14	0,24
22	Hellend dak, bovenzijde dakraam	Binnenzijde van het grensvlak van het dakraam ligt niet buiten het buitengrensvlak van de isolatielijn van het dak	0,12	0,22
23	Zakgoot	Isolatie nergens minder dan 65 % van de isolatie van het dak en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,24	0,36
24	Hellend dak, opgaand werk gevel	Isolatie conform isolatie van dak en gevel en waarbij de isolatie op zijn hoogst wordt onderbroken door houten hulpconstructies	0,13	0,23
24	Hellend dak, opgaand werk gevel	Isolatie conform isolatie van dak en gevel en waarbij de isolatie wordt onderbroken door rvs metselwerkdragers	0,41	0,62

OPMERKING 1 De detailpositie is aangeduid in figuur I.1.

OPMERKING 2 In bovenstaande tabel zijn voor enkele detailposities meerdere omschrijvingen van een constructieopbouw gegeven met de bijbehorende forfataire waarde voor de lineaire warmtedoorgangscōefficiēnt ( $\Psi$ ). Afhankelijk van de in het gebouw aanwezige constructie behoort de overeenkomstige waarde te worden toegepast.

De  $\Psi$ -waarden in tabel I.1 geven de lineaire warmtedoorgangscōefficiēnt van het gehele detail weer. Als het detail twee rekenzones (of gebouwen) van elkaar scheidt, dan moet het warmteverlies over beide rekenzones worden verdeeld. Dat is bijvoorbeeld het geval bij detailpositie nr. 8 en 14.

**Tabel I.2 — Forfataire waarden voor de lineaire warmtedoorgangscōefficiēnt van gestapelde gebouwen**

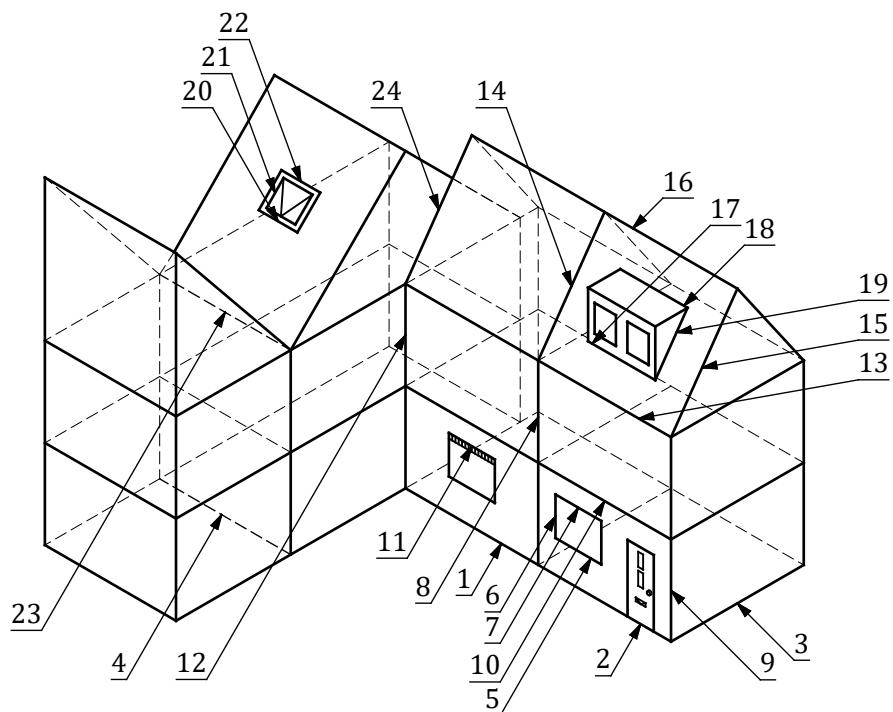
Detail-positie nr.	Omschrijving aansluiting	Aanvullende voorwaarden	$\Psi$ W/(m <sup>1</sup> ·K)	
			A	B
50	Fundering, dragende gevel	Systeemvloer, afstand isolatie wand tot de funderingsbalk maximaal 60 mm en $R_{c,gevel} \geq 4,7 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$	0,61	0,92
51	Niet-dragende gevel, doorlopende vloer boven onverwarmde ruimte	Koudebrugonderbreking aanwezig $R_c \geq 1,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ onder buitenspouwblad, vloerisolatie tegen onderzijde vloer boven onverwarmde ruimte, dakisolatie $R_c \geq 2,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ tot 1 m uit de gevel	0,64	0,96
52	Kozijn, doorlopende vloer boven onverwarmde ruimte	Koudebrugonderbreking aanwezig onder kozijn $R_c \geq 2,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ , vloerisolatie tegen onderzijde vloer boven onverwarmde ruimte, dakisolatie $R_c \geq 2,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ tot 1 m uit de gevel	0,64	0,96
53	Inwendige hoek gevels loggia	Isolatie gevels wordt niet onderbroken bij hoekaansluiting	0,00	0,00
54	Gevel, onderdorpel kozijn	Het hart van het kozijn ligt niet buiten het buitengrensvlak van de isolatie van de aangrenzende constructies en het hart van het kozijn ligt niet binnen het binnengrensvlak van de isolatie	0,15	0,25
55	Gevel, zijstijl kozijn	Het hart van het kozijn ligt niet buiten het buitengrensvlak van de isolatie van de aangrenzende constructies en het hart van het kozijn ligt niet binnen het binnengrensvlak van de isolatie	0,09	0,19
56	Gevel, bovendorpel kozijn	Het hart van het kozijn ligt niet buiten het buitengrensvlak van de isolatie van de aangrenzende constructies en het hart van het kozijn ligt niet binnen het binnengrensvlak van de isolatie	0,10	0,20
57	Inwendige hoek gevels loggia met gevel	Isolatie gevels wordt niet onderbroken bij hoekaansluiting	0,00	0,00
58	Verdiepingvloer, galerij, gevel of balkon, gevel	Aanstortnokken maximaal 300 mm h.o.h. 1 000 mm, isolatie tussen nokken $R_c \geq 3,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ of koudebrugonderbreking met geïsoleerde rvs staven isolatie tussen nokken $R_c \geq 2,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$	0,70	1,05
58	Verdiepingvloer, galerij, gevel of balkon, gevel	Isolatie tussen vloerrand $R_c \geq 2,8 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ , geen doorbreking isolatie bij vloerrand	0,13	0,23
59	Verdiepingvloer, galerij, kozijn of balkon, kozijn	Aanstortnokken maximaal 300 mm h.o.h. 1 000 mm, isolatie tussen nokken $R_c \geq 3,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ of koudebrugonderbreking met geïsoleerde rvs staven isolatie tussen nokken $R_c \geq 2,0 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$	0,70	1,05
59	Verdiepingvloer, galerij, kozijn of balkon, kozijn	Isolatie tussen vloerrand $R_c \geq 2,8 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ geen doorbreking isolatie bij vloerrand	0,35	0,53
60	Dakvloer, opgaande gevel	Koudebrugonderbreking aanwezig $R_c \geq 1,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ onder buitenspouwblad, dakisolatie aansluitend op koudebrugonderbreking, gevelisolatie sluitend op dakvloer	0,16	0,26
61	Dakvloer, kozijn opgaand werk	Koudebrugonderbreking aanwezig $R_c \geq 1,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ onder kozijn dakisolatie aansluitend op koudebrugonderbreking, gevelisolatie sluitend op dakvloer	0,16	0,26
62	Gevel, dakvloer, borstwering	Koudebrugonderbreking dakrand $R_c \geq 2,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ , isolatie gevel en dak sluitend tegen koudebrugonderbreking	0,39	0,59

Detail-positie nr.	Omschrijving aansluiting	Aanvullende voorwaarden	$\Psi$ W/(m <sup>1</sup> ·K)	
			A	B
63	Overkragende vloer, gevel	Metselwerkonderbreking staal of rvs h.o.h. $\geq 300$ mm, vloerisolatie sluitend tegen gevelisolatie	0,31	0,47
64	Doorlopende overkragende vloer, gevel	Vloerisolatie sluitend op gevelisolatie	0,00	0,00
65	Gevel, vloer boven onverwarmde ruimte	Gevelisolatie tot $\geq 300$ mm onder vloerpeil, vloerisolatie tegen onderzijde van de vloer, koudebrugonderbreking tussen gevel onverwarmde ruimte en vloer $R_c \geq 0,5$ m <sup>2</sup> ·K/W	0,36	0,54
66	Overkragende vloer, gevel	Metselwerkonderbreking staal of rvs h.o.h. $> 300$ mm, vloerisolatie sluitend tegen gevelisolatie	0,33	0,50
67	Vloer boven onverwarmde ruimte, gevel	Gevelisolatie tot $\geq 300$ mm onder vloerpeil, vloerisolatie tegen onderzijde van de vloer	0,78	1,17
68	Dakrand, gevel, dakvloer	Koudebrugonderbreking dakrand $R_c \geq 2,5$ m <sup>2</sup> ·K/W, isolatie gevel en dak sluitend tegen koudebrugonderbreking	0,16	0,26
69	Gevel, verdiepingsvloer	Metselwerkonderbreking staal of rvs h.o.h. $\geq 300$ mm	0,33	0,50
70	Dakrand, gevel, dakvloer	Koudebrugonderbreking dakrand $R_c \geq 2,5$ m <sup>2</sup> ·K/W, isolatie gevel en dak sluitend tegen koudebrugonderbreking	0,19	0,29
71	Dakvloer, opgaande gevel	Koudebrugonderbreking aanwezig $R_c \geq 1,5$ m <sup>2</sup> ·K/W onder buitenspouwblad, dakisolatie aansluitend op koudebrugonderbreking, gevelisolatie sluitend op dakvloer	0,19	0,29
72	Uitkragende dakvloer, gevel	Doorlopende dakisolatie, isolatie tegen onderzijde dakvloer $R_c \geq 2,5$ m <sup>2</sup> ·K/W, breed $\geq 1\,000$ mm sluitend op kopgevel	0,44	0,66
73	Vloer boven onverwarmde ruimte, galerij, gevel of balkon, gevel	Aanstortnokken maximaal 300 mm h.o.h. 1 000 mm, isolatie tussen nokken $R_c \geq 3,0$ m <sup>2</sup> ·K/W of koudebrugonderbreking met geïsoleerde rvs staven isolatie tussen nokken $R_c \geq 2,0$ m <sup>2</sup> ·K/W, koudebrugonderbreking tussen gevel onverwarmde ruimte en vloer $R_c \geq 0,5$ m <sup>2</sup> ·K/W	0,84	1,26
73	Vloer boven onverwarmde ruimte, galerij, gevel of balkon, gevel	Isolatie tussen vloerrand $R_c \geq 2,8$ m <sup>2</sup> ·K/W geen doorbreking isolatie bij vloerrand, koudebrugonderbreking tussen gevel onverwarmde ruimte en vloer $R_c \geq 0,5$ m <sup>2</sup> ·K/W	0,27	0,41
74	Vloer boven onverwarmde ruimte, galerij, kozijn of balkon, gevel	Aanstortnokken maximaal 300 mm h.o.h. 1 000 mm, isolatie tussen nokken $R_c \geq 3,0$ m <sup>2</sup> ·K/W of koudebrugonderbreking met geïsoleerde rvs staven isolatie tussen nokken $R_c \geq 2,0$ m <sup>2</sup> ·K/W, koudebrugonderbreking tussen gevel onverwarmde ruimte en vloer $R_c \geq 0,5$ m <sup>2</sup> ·K/W	0,84	1,26
74	Vloer boven onverwarmde ruimte, galerij, kozijn of balkon, gevel	Isolatie tussen vloerrand $R_c \geq 2,8$ m <sup>2</sup> ·K/W geen doorbreking isolatie bij vloerrand, koudebrugonderbreking tussen gevel onverwarmde ruimte en vloer $R_c \geq 0,5$ m <sup>2</sup> ·K/W	0,38	0,57

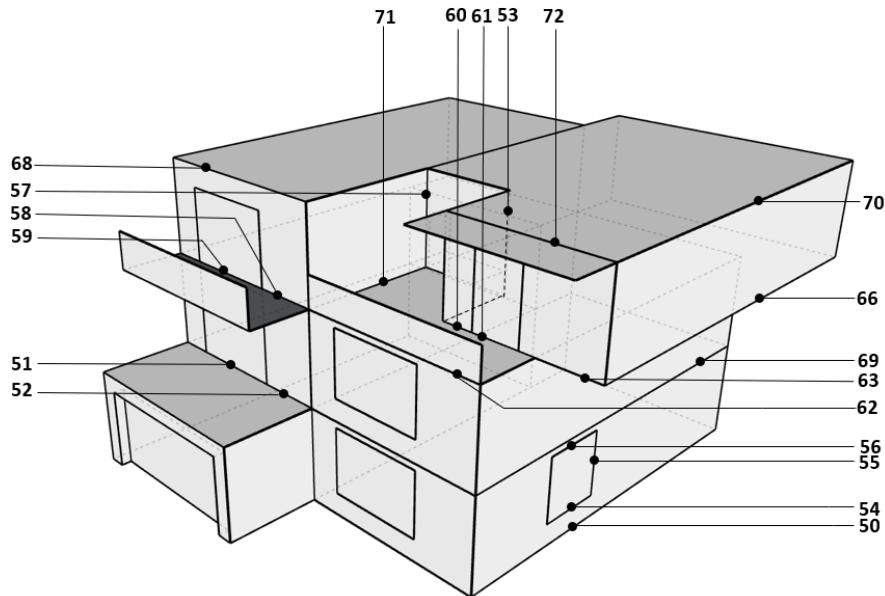
OPMERKING 3 De detailpositie is aangeduid in figuur I.2 en I.3.

OPMERKING 4 In bovenstaande tabel zijn voor enkele detailposities meerdere omschrijvingen van een constructieopbouw gegeven met de bijbehorende forfaitaire waarde voor de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt ( $\Psi$ ). Afhankelijk van de in het gebouw aanwezige constructie behoort de overeenkomstige waarde te worden toegepast.

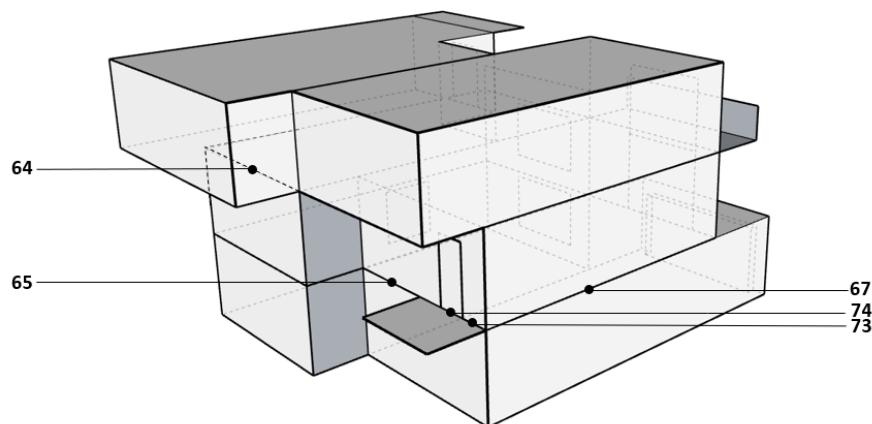
De  $\Psi$ -waarden in tabel I.2 geven de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van het gehele detail weer. Als het detail twee rekenzones (of gebouwen) van elkaar scheidt, dan moet het warmteverlies over beide rekenzones worden verdeeld. Dat is bijvoorbeeld het geval bij detailpositie nr. 69.



**Figuur I.1 — Aanduiding detailposities uit tabel I.1**



**Figuur I.2 — Aanduiding detailposities uit tabel I.2**



**Figuur I.3 — Aanduiding detailposities uit tabel I.2 (vervolg)**

## I.2 Forfataire waarden transmissie

### I.2.1 Forfataire $R_c$ -waarden dichte delen

#### I.2.1.1 Algemeen

Bepaal de  $U$ -waarden van dichte delen in  $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$  op basis van forfataire  $R_c$ -waarden volgens het schema van figuur I.4 met:

$$U_c = \frac{1}{R_c + R_{si} + R_{se}} \quad (\text{I.1})$$

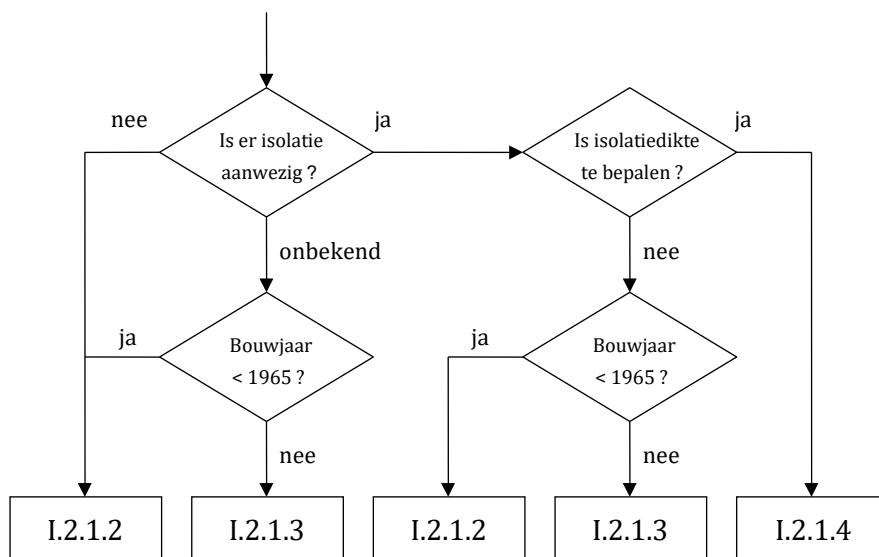
waarin:

$R_c$  is de warmteweerstand van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald volgens figuur I.4, waarin toeslagfactoren conform 8.2.2.2 en Bijlage C forfaitair zijn verwerkt, in  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ;

$R_{si}$  is de warmteovergangsweerstand aan de binnenzijde, bepaald volgens C.2, in  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ;

$R_{se}$  is de warmteovergangsweerstand aan de buitenzijde, bepaald volgens C.2, in  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ .

De berekende  $U$ -waarde wordt rekenkundig afgerond op 2 decimalen.



**Figuur I.4 — Beslisboom voor de bepaling van forfataire  $R_c$ -waarden van dichte delen**

**OPMERKING** De forfataire  $R_c$ -waarden voor dichte delen die in onderstaande paragrafen worden gegeven, zijn grotendeels gebaseerd op de eisen in de betreffende bouwperiode. In verband met aanpassingen in de Europese normen is in NTA 8800 de toeslagfactor voor bouwkwaliteit komen te vervallen. Dit leidt ertoe dat een bepaalde  $R_c$ -waarde volgens NTA 8800 met minder isolatiedikte (een hogere  $U_f$ -waarde) kan worden bereikt. In het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving wordt de eis aan de  $R_c$ -waarde voor dichte delen daarom aangepast met de invoering van NTA 8800. Methodisch gezien zouden de forfataire  $R_c$ -waarden voor dichte delen die in onderstaande paragrafen worden gegeven, ook moeten worden aangepast. Echter, door de projectgroep is besloten deze forfataire  $R_c$ -waarden niet te wijzigen omdat dan de aansluiting met de eisen uit de bouwregelgeving uit het verleden zichtbaar blijft. De consequentie hiervan is dat de forfataire  $R_c$ -waarden voor dichte delen conservatief zijn.

### I.2.1.2 Forfataire $R_c$ -waarden van gesloten uitwendige scheidingsconstructies van een gebouw(deel) met een bouwjaar van voor 1965 en met een niet te bepalen isolatiedikte of zonder isolatie

Indien het bouwjaar van het gebouw(deel) van voor 1965 is en het is onbekend of er isolatie in de constructie aanwezig is of de isolatiedikte is niet te bepalen of de constructie is niet van isolatie voorzien, mogen voor uitwendige scheidingsconstructies niet zijnde ramen, deuren, panelen of daaraan gelijk te stellen constructieonderdelen, de  $R_c$ -waarden aan tabel I.4 worden ontleend.

**Tabel I.4 — Forfataire  $R_c$ -waarden van gesloten uitwendige scheidingsconstructies met een bouwjaar van voor 1965 en met een niet te bepalen isolatiedikte of zonder isolatie**

Soort uitwendige scheidingsconstructie	Aanwezigheid spouw	$R_c$ $m^2 \cdot K/W$	
		Isolatie onbekend of afwezig	(Na)geïsoleerd
Uitwendige scheidingsconstructies met een hellingshoek ten opzichte van de verticaal van ten hoogste 15°, geen raam of deur of kozijn met vast paneel zijnde en niet opgenomen in een kozijn.  OPMERKING 1 Hiermee worden dichte gevels bedoeld.	Spouw	0,35	0,85
	Geen spouw/ onbekend	0,19	0,69
Vloer boven kruipruimte of direct op ondergrond; zoldervloeren.	Spouw	0,33	0,83
	Geen spouw/ onbekend	0,15	0,65
Uitwendige scheidingsconstructies, grenzend aan de buitenlucht, met een hellingshoek ten opzichte van de verticaal van ten minste 15°.  OPMERKING 2 Hiermee worden daken bedoeld.	Spouw	0,35	0,85
	Geen spouw/ onbekend	0,22	0,72

### I.2.1.3 Forfataire $R_c$ -waarden van gesloten uitwendige scheidingsconstructies van een gebouw(deel) met een bouwjaar vanaf 1965

Indien het bouwjaar van het gebouw(deel) is gelegen na 1964 en de benodigde gegevens voor de bepaling van de  $R_c$ -waarde ontbreken, mogen, afhankelijk van de bouwjaarklasse, voor de uitwendige scheidingsconstructies, niet zijnde ramen, deuren, panelen of daaraan gelijk te stellen constructieonderdelen, de  $R_c$ -waarden worden ontleend aan tabel I.5 voor alle gebruiksfuncties met uitzondering van woonwagens en drijvende bouwwerken, aan tabel I.6 voor woonwagens en aan tabel I.7 voor drijvende bouwwerken.

**Tabel I.5 — Forfataire  $R_c$ -waarden van gesloten uitwendige scheidingsconstructies met een bouwjaar vanaf 1965**

Soort uitwendige scheidingsconstructie	Bouwjaarklasse	$R_c$ m <sup>2</sup> ·K/W
Uitwendige scheidingsconstructies met een hellingshoek ten opzichte van de verticaal van ten hoogste 15°.  OPMERKING 1 Hiermee worden steenachtige gevels bedoeld.	Van 1965 tot 1975	0,43
	Van 1975 tot 1983	1,3
	Van 1983 tot 1988	1,3
	Van 1988 tot 1992	2
	Van 1992 tot 2014	2,5
	Van 2014 tot 2015	3,5
	Van 2015 tot 2021	4,5
	Vanaf 2021	4,7
Vloer boven kruipruimte of direct op ondergrond; zoldervloeren.	Van 1965 tot 1975	0,17
	Van 1975 tot 1983	0,52
	Van 1983 tot 1988	1,3
	Van 1988 tot 1992	1,3
	Van 1992 tot 2014	2,5
	Van 2014 tot 2021	3,5
	Vanaf 2021	3,7
Uitwendige scheidingsconstructies, grenzend aan de buitenlucht, met een hellingshoek ten opzichte van de verticaal van ten minste 15°.  OPMERKING 2 Hiermee worden daken bedoeld.	Van 1965 tot 1975	0,86
	Van 1975 tot 1983	1,3
	Van 1983 tot 1988	1,3
	Van 1988 tot 1992	2,0
	Van 1992 tot 2014	2,5
	Van 2014 tot 2015	3,5
	Van 2015 tot 2021	6,0
	Vanaf 2021	6,3

**Tabel I.6 — Forfaitaire  $R_c$ -waarden van gesloten uitwendige scheidingsconstructies van woonwagens met een bouwjaar vanaf 1965**

Soort uitwendige scheidingsconstructie	Bouwjaarklasse	$R_c$ m <sup>2</sup> ·K/W
Uitwendige scheidingsconstructies met een hellingshoek ten opzichte van de verticaal van ten hoogste 15°.  OPMERKING 1 Hiermee worden steenachtige gevels bedoeld.	Van 1965 tot 1975	0,19 (gevel)
	1975 tot 1983	0,04 (paneel)
	1983 tot 1992	1,3
	1992 tot 2014	2,0
	2014 tot 2021	2,5
	Vanaf 2021	2,6
Vloeren	Van 1965 tot 1975	0,17
	1975 tot 1983	
	1983 tot 1992	1,3
	1992 tot 2014	2,0
	2014 tot 2021	2,5
	Vanaf 2021	2,6
Uitwendige scheidingsconstructies, grenzend aan de buitenlucht, met een hellingshoek ten opzichte van de verticaal van ten minste 15°.  OPMERKING 2 Hiermee worden daken bedoeld.	Van 1965 tot 1975	0,22
	1975 tot 1983	
	1983 tot 1992	1,3
	1992 tot 2014	2,0
	2014 tot 2021	2,5
	Vanaf 2021	2,6

**Tabel I.7 — Forfataire  $R_c$ -waarden van gesloten uitwendige scheidingsconstructies van drijvende bouwwerken met een bouwjaar vanaf 1965**

<b>Soort uitwendige scheidingsconstructie</b>	<b>Bouwjaarklasse</b>	<b><math>R_c</math> m<sup>2</sup>·K/W</b>
Uitwendige scheidingsconstructies met een hellingshoek ten opzichte van de verticaal van ten hoogste 15°.  OPMERKING 1 Hiermee worden steenachtige gevels bedoeld.	Van 1965 tot 1975	0,43
	1975 tot 1983	0,43
	1983 tot 1988	1,3
	1988 tot 1992	2,0
	1992 tot 2014	2,5
	2014 tot 2015	3,5
	2015 tot 2018	4,5
	2018 tot 2021	3,5
	Vanaf 2021	3,7
	2018 tot 2021, op een op 1 januari 2018 nieuwe ligplaats	4,5
Uitwendige scheidingsconstructie van het drijflichaam van een drijvend bouwwerk.	Vanaf 2021, op een op 1 januari 2018 nieuwe ligplaatslocatie	4,7
	Van 1965 tot 1975	0,17
	1975 tot 1983	0,17
	1983 tot 1988	0,17
	1988 tot 1992	0,17
	1992 tot 2014	2,5
	2014 tot 2015	2,5
	2015 tot 2018	3,5
	2018 tot 2021	2,5
	Vanaf 2021	2,6
2018 tot 2021, op een op 1 januari 2018 nieuwe ligplaatslocatie	3,5	
	Vanaf 2021, op een op 1 januari 2018 nieuwe ligplaatslocatie	3,7

<b>Soort uitwendige scheidingsconstructie</b>	<b>Bouwjaarklasse</b>	<b>R<sub>c</sub></b> m <sup>2</sup> ·K/W
Uitwendige scheidingsconstructies, grenzend aan de buitenlucht, met een hellingshoek ten opzichte van de verticaal van ten minste 15°.	Van 1965 tot 1975	0,35
OPMERKING 2 Hiermee worden daken bedoeld.	1975 tot 1983	0,35
	1983 tot 1988	1,3
	1988 tot 1992	2,0
	1992 tot 2014	2,5
	2014 tot 2015	3,5
	2015 tot 2018	6,0
	2018 tot 2021	4,5
	Vanaf 2021	4,7
	2018 tot 2021, op een op 1 januari 2018 nieuwe ligplaatslocatie	6,0
	Vanaf 2021, op een op 1 januari 2018 nieuwe ligplaatslocatie	6,3

Indien uit oogpunt van kwaliteitsbeheersing het gebruik van deze waarden alleen is toegelaten bij het ontbreken van de benodigde gegevens voor de bepaling van de R<sub>c</sub>-waarde, behoort die voorwaarde vanwege het niet-eenduidige en niet-toetsbare karakter van 'het ontbreken van de benodigde gegevens' nader te worden vastgelegd in procedurevoorschriften (bijvoorbeeld in een beoordelingsrichtlijn, BRL).

#### I.2.1.4 Forfataire R<sub>c</sub>-waarden van gesloten uitwendige scheidingsconstructies bij bekende isolatiedikte

Indien de totale isolatiedikte van alle isolatiematerialen bekend is, moet de R<sub>c</sub>-waarde van uitwendige scheidingsconstructies, geen raam of deur zijnde of een in kozijnen opgenomen paneel, worden berekend met onderstaande formule, mits de dikte van het isolatiemateriaal rekenkundig is afgerond op een veelvoud van 10 mm. Deze afrondingsregel geldt niet indien de toegepaste dikte voor een specifiek product aan de hand van rekeningen wordt aangetoond:

$$R_c = \frac{d_{iso}}{\lambda_{equi;ntr}} + R_{ad} \quad (I.2)$$

waarin:

- d<sub>iso</sub> is de op een veelvoud van 10 mm afgeronde gekende totale isolatiedikte, in m. De afrondingsregel geldt niet indien de toegepaste dikte voor een specifiek product aan de hand van rekeningen wordt aangetoond;
- λ<sub>equi;ntr</sub> is de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt van de isolatie in de dichte scheidingsconstructie, waarin effecten van verankeringen, vocht, veroudering en doorbrekingen forfaitair zijn verwerkt, in W/m·K, waarvan de waarde bedraagt:

$\lambda_{\text{equi;ntr}} = 0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  tenzij de warmtegeleidingscoëfficiënt van de isolatie waarin effecten van verankeringen, vocht, veroudering en doorbrekingen forfaitair zijn verwerkt bekend is en hoger is dan  $0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . In dat geval moet die hogere warmtegeleidingscoëfficiënt worden gehanteerd;

- $R_{\text{ad}}$  is de warmteweerstand van de aanvullende constructies, waarin de effecten van verankeringen, vocht en veroudering forfaitair zijn verwerkt, in  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ , waarvan de waarde bedraagt:
- gevels waarin de isolatie is opgenomen:  $R_{\text{ad}} = 0,36 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ;
  - vloeren waarin de isolatie is opgenomen:  $R_{\text{ad}} = 0,15 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ;
  - daken waarin de isolatie is opgenomen:  $R_{\text{ad}} = 0,22 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .

Voeg voor constructies met ten hoogste 30 mm isolatie en waarin een luchtpouw aanwezig is, aan de in deze paragraaf aangegeven totale warmteweerstanden voor de overige constructielagen een warmteweerstand voor de luchtpouw toe van:

- luchtpouw in gevels:  $0,16 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- luchtpouw in daken:  $0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- luchtpouw in vloeren:  $0,18 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

OPMERKING 1 De waarden zijn gebaseerd op zwak geventileerde luchtpouwen uit tabel C.3.

Voeg aan constructies met een rieten bedekking een extra warmteweerstand, in  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ , toe ter grootte van:

$$R_{\text{m;riet}} = d / 0,2 \quad (\text{I.3})$$

waarin:

- d* is de dikte van het rietpakket, in m, welke dikte steeds naar beneden moet worden afgerond op veelvouden van 0,05 m. De dikte van het rietpakket heeft een waarde tussen 0,1 en 0,4 m.

OPMERKING 2 0,2 is de waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van riet in  $\text{W/m}\cdot\text{K}$ .

Indien in afwijking van het voorgaande de isolatie van een vloer bestaat uit thermokussens onder die vloer mag voor de bepaling van de warmtestroom naar beneden aan de standaard warmteweerstand van die vloer van  $R_{\text{ad}} = 0,15 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ , forfaitair een extra warmteweerstand worden toegevoegd ter grootte van  $1,8 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .

## I.2.2 Forfataire *U*-waarden van ramen

### I.2.2.1 Forfataire *U*-waarden van ramen en glasdeuren grenzend aan buitenlucht

Voor ramen en deuren met een glasaandeel van ten minste 65 %, opgenomen in de aan de buitenlucht grenzende uitwendige scheidingsconstructie, onafhankelijk van de dikte van de glasspouw, mogen de *U*-waarden aan tabel I.8 worden ontleend.

Voor ramen en deuren met een glasaandeel van minder dan 65 %, opgenomen in de aan de buitenlucht grenzende uitwendige scheidingsconstructie, onafhankelijk van de dikte van de glasspouw, geldt voor de lichtdoorlatende delen de rekenwaarde voor een raam volgens tabel I.8 en voor het overige deel de rekenwaarde voor een deur zonder lichtdoorlatende delen volgens tabel I.10.

**OPMERKING** Onder een glasdeur wordt verstaan een deur waarvan de oppervlakte van de lichtdoorlatende delen groter is dan of gelijk is aan 65 % van de totale oppervlakte van de deur inclusief kozijn.

**Tabel I.8 — Forfataire  $U$ -waarden voor ramen en glasdeuren bestaande bouw, aan buitenlucht grenzend**

<b>Type glas</b>	<b><math>U_w</math> W/m<sup>2</sup>·K</b>		
	<b>Hout/kunststof</b>	<b>Metaal, thermisch onderbroken</b>	<b>Metaal, niet thermisch onderbroken</b>
Drievoudig HR-glas	1,4	1,9	2,7
HR++	1,8	2,3	3,1
HR+	2,0	2,5	3,3
HR-glas (dubbel glas met coating)	2,3	2,8	3,6
Dubbel glas zonder coating	2,9	3,3	4,1
Voorzettaam	2,9	3,3	4,1
Enkel glas	5,1	5,4	6,2

### I.2.2.2 Forfataire $U$ -waarden van ramen en glasdeuren niet grenzend aan buitenlucht

Voor ramen en deuren met een glasaandeel van ten minste 65 %, opgenomen in een niet aan de buitenlucht grenzende scheidingsconstructie, onafhankelijk van de dikte van de glasspouw, mogen de  $U$ -waarden aan tabel I.9 worden ontleend.

Voor ramen en deuren met een glasaandeel van minder dan 65 %, opgenomen in een niet aan de buitenlucht grenzende uitwendige scheidingsconstructie, onafhankelijk van de dikte van de glasspouw, geldt voor de lichtdoorlatende delen de rekenwaarde voor een raam volgens tabel I.9 en voor het overige deel de rekenwaarde voor een deur zonder lichtdoorlatende delen volgens tabel I.10.

**Tabel I.9 — Forfataire  $U$ -waarden voor ramen en glasdeuren bestaande bouw; niet aan buitenlucht grenzend**

Type glas	$U_w$ W/m <sup>2</sup> ·K		
	Hout/kunststof	Metaal, thermisch onderbroken	Metaal, niet thermisch onderbroken
Drievoudig HR-glas	1,3	1,6	2,2
HR++	1,5	1,9	2,4
HR+	1,7	2,1	2,6
HR-glas (dubbel glas met coating)	1,9	2,2	2,7
Dubbel glas zonder coating	2,3	2,5	3,0
Voorzettaam	2,3	2,5	3,0
Enkel glas	3,5	3,6	4,0

**I.2.2.3 Forfataire  $U$ -waarden van deuren**

De  $U$ -waarden van deuren mogen aan tabel I.10 worden ontleend.

**Tabel I.10 — Forfataire  $U$ -waarden voor deuren bestaande bouw**

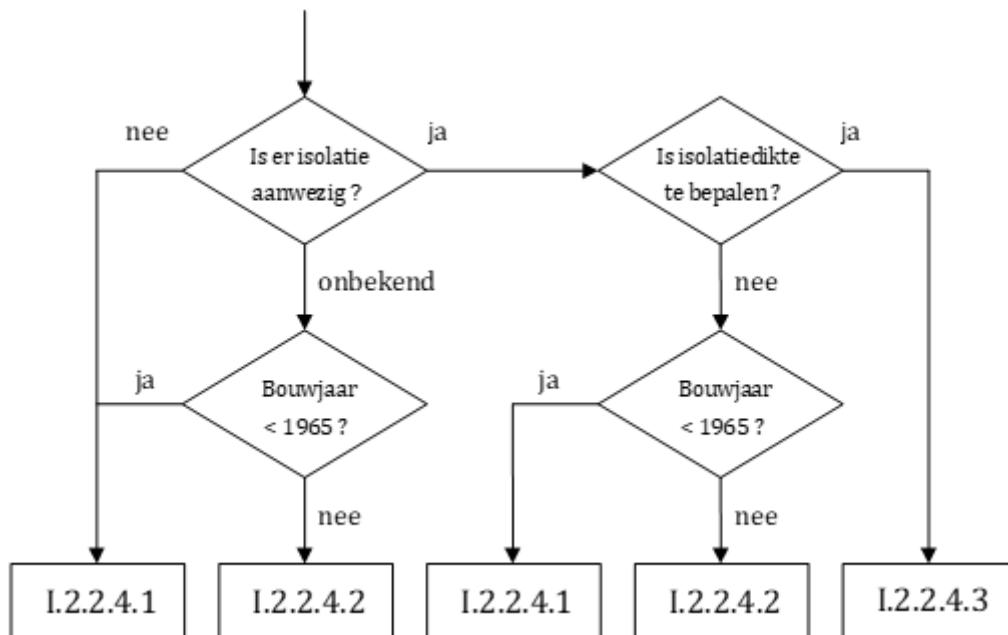
Type deur	$U$ W/m <sup>2</sup> ·K	
	Buitenlucht	Aangrenzende ruimte
Geïsoleerde deur	2,0	1,7
Ongeïsoleerde deur	3,4	2,7

Een geïsoleerde deur is een deur waarvan volgens de bepalingsmethode in 8.2.2.3 de  $U$ -waarde niet hoger is dan 2,2 W/m<sup>2</sup>·K.

**OPMERKING** De rekenwaarde in de tabel is enigszins gunstiger dan deze grenswaarde, om recht te doen aan een zekere bandbreedte in de werkelijke waarden. In een opnameprotocol kunnen op basis van deze rekenregel nadere procedures worden gesteld om de aannemelijkheid van de aanwezigheid van een geïsoleerde deur vast te stellen. Met de volgende omschrijving wordt geacht aan de grenswaarde te zijn voldaan: ‘Een thermisch isolerende deur is een deur van hout of kunststof, zonder lichtdoorlatende delen, die over ten minste 65 % van de totale oppervlakte een ononderbroken isolatielaag bevat met een  $R_m$ -waarde van ten minste 0,4 m<sup>2</sup>·K/W.’

#### I.2.2.4 Forfataire *U*-waarden van in kozijnen opgenomen panelen

Bepaal de forfataire *U*-waarden van in kozijnen opgenomen panelen volgens het schema in figuur I.5.



**Figuur I.5 — Beslisboom voor de bepaling van forfataire *U*-waarden van in kozijnen opgenomen panelen**

##### I.2.2.4.1 Forfataire *U*-waarde van in kozijnen opgenomen panelen van een gebouw(deel) met een bouwjaar van voor 1965 en met een niet te bepalen isolatiedikte of zonder isolatie

Indien het bouwjaar van het gebouw(deel) van voor 1965 is en het is onbekend of er isolatie in het paneel aanwezig is of de isolatiedikte is niet te bepalen of de constructie is niet van isolatie voorzien, mogen voor in kozijnen opgenomen panelen, de *U*-waarden aan tabel I.11 (panelen grenzend aan buiten) of tabel I.12 (panelen niet grenzend aan buitenlucht) worden ontleend.

**Tabel I.11 — Forfataire *U*-waarden van in kozijnen opgenomen panelen met een bouwjaar van voor 1965 en met een niet te bepalen isolatiedikte of zonder isolatie, aan buitenlucht grenzend**

Isolatie	Aanwezigheid spouw	Type kozijn		
		<i>U</i> -waarde [W/m <sup>2</sup> ·K]		
		Hout/kunststof	Metaal, thermisch onderbroken	Metaal, niet-thermisch onderbroken
Isolatie onbekend of afwezig	Geen spouw	3,7	4,1	4,9
	Met spouw	2,5	2,8	3,6
(Na)geïsoleerd	Geen spouw	1,5	1,9	2,7
	Met spouw	1,4	1,7	2,5

**Tabel I.12 — Forfataire *U*-waarden van in kozijnen opgenomen panelen met een bouwjaar van voor 1965 en met een niet te bepalen isolatiedikte of zonder isolatie, niet aan buitenlucht grenzend**

Isolatie	Aanwezigheid spouw	Type kozijn		
		<i>U</i> -waarde [W/m <sup>2</sup> ·K]		
		Hout/ kunststof	Metaal, thermisch onderbroken	Metaal, niet- thermisch onderbroken
Isolatie onbekend of afwezig	Geen spouw	2,8	3,0	3,4
	Met spouw	2,0	2,3	2,7
(Na)geïsoleerd	Geen spouw	1,3	1,6	2,2
	Met spouw	1,2	1,5	2,1

**OPMERKING** De rekenwaarde van de *U*-waarde van een (na)geïsoleerd paneel is gebaseerd op een paneel met een isolatiedikte van 20 mm.

#### I.2.2.4.2 Forfataire *U*-waarde van in kozijnen opgenomen panelen van een gebouw(deel) met een bouwjaar vanaf 1965

Indien het bouwjaar van het gebouw(deel) is gelegen na 1964 en de benodigde gegevens voor de bepaling van de *U*-waarde ontbreken, mogen, afhankelijk van de bouwjaarklasse, voor in kozijnen opgenomen panelen, de *U*-waarden worden ontleend aan tabel I.13 (panelen grenzend aan buiten) of tabel I.14 (panelen niet grenzend aan buitenlucht).

**Tabel I.13 — Forfataire *U*-waarden van in kozijnen opgenomen panelen van een gebouw(deel) met een bouwjaar vanaf 1965, aan buitenlucht grenzend**

Bouwjaarklasse	Type kozijn		
	<i>U</i> -waarde [W/m <sup>2</sup> ·K]		
	Hout/ kunststof	Metaal, thermisch onderbroken	Metaal, niet- thermisch onderbroken
Van 1965 tot 1992	3,7	4,1	4,9
Van 1992 tot 2013	3,7	4,1	4,2
Vanaf 2013	1,65	1,65	1,65

**Tabel I.14 — Forfataire *U*-waarden van in kozijnen opgenomen panelen van een gebouw(deel) met een bouwjaar vanaf 1965, niet aan buitenlucht grenzend**

Bouwjaarklasse	Type kozijn		
	<i>U</i> -waarde [W/m <sup>2</sup> ·K]		
	Hout/ kunststof	Metaal, thermisch onderbroken	Metaal, niet- thermisch onderbroken
Van 1965 tot 1992	2,8	3,0	3,4
Van 1992 tot 2013	2,8	3,0	3,0
Vanaf 2013	1,4	1,4	1,4

**I.2.2.4.3 Forfataire *U*-waarde van in kozijnen opgenomen panelen van gesloten uitwendige scheidingsconstructies bij bekende isolatiedikte**

Voor de bepaling van de  $R_c$ -waarde van in kozijnen opgenomen panelen in uitwendige scheidingsconstructies, met een gekende isolatiedikte voor alle isolatiematerialen, mits de dikte van het isolatiemateriaal rekenkundig is afgerond op een veelvoud van 10 mm, mag de  $R_c$ -waarde worden bepaald met:

$$R_c = \frac{d_{iso}}{\lambda_{equi;paneel}} + R_{ad} \quad (I.4)$$

waarin:

$d_{iso}$  is de op een veelvoud van 10 mm afgeronde gekende totale isolatiedikte in m;

$\lambda_{equi;paneel}$  is de equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt van de isolatie in het paneel, waarin effecten van verankeringen, vocht, veroudering en doorbrekingen forfatair zijn verwerkt, in W/m·K, waarvan de waarde bedraagt:

$\lambda_{equi;paneel} = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K};$

$R_{ad}$  is de warmteweerstand van de aanvullende constructies van het paneel, waarin de effecten van verankeringen, vocht en veroudering forfatair zijn verwerkt, in m<sup>2</sup>·K/W, waarvan de waarde bedraagt:  $R_{ad} = 0,07 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}.$

Voeg voor constructies met ten hoogste 30 mm isolatie en waarin een luchtpouw aanwezig is, aan de in deze paragraaf aangegeven totale warmteweerstanden voor de overige constructielagen een warmteweerstand voor de luchtpouw toe van:

— luchtpouw in gevallen: 0,16 m<sup>2</sup>·K/W

De forfataire *U*-waarde van panelen inclusief kozijnen wordt bepaald overeenkomstig 8.2.2.3. Voor de forfataire bepaling van de *U*-waarde van in kozijnen opgenomen panelen, inclusief de effecten van de aan de panelen toegerekende oppervlakte van de kozijnen moet worden uitgegaan van:

— een kozijnpercentage van 25 %;

- de forfataire  $U$ -waarde van de panelen volgens formule (I.1), waarbij de forfataire  $R_c$ -waarde van de panelen bepaald is volgens formule (I.4);
- een lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de paneelrand van 0 W/m·K en
- de forfataire  $U$ -waarde van kozijnen waarvoor geldt:
  - houten of kunststof kozijnen:  $U_{fr;for} = 2,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (I.5)
  - metalen kozijnen met thermische onderbreking:  $U_{fr;for} = 3,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (I.6)
  - metalen kozijnen zonder thermische onderbreking:  $U_{fr;for} = 7,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (I.7)

Het voorgaande leidt tot  $U$ -waarden zoals opgenomen in tabel I15 (panelen grenzend aan buiten) of tabel I.16 (panelen niet grenzend aan buitenlucht).

**Tabel I.15 — Forfataire  $U$ -waarden van in kozijnen opgenomen panelen van een gebouw(deel) bij bekende isolatiedikte, aan buitenlucht grenzend**

Isolatiedikte mm	Aanwezigheid spouw	Type kozijn		
		$U$ -waarde [ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ]		
		Hout/ kunststof	Metaal, thermisch onderbroken	Metaal, niet- thermisch onderbroken
10	Geen spouw	2,0	2,4	3,2
	Met spouw	1,7	2,0	2,8
20	Geen spouw	1,5	1,9	2,7
	Met spouw	1,4	1,7	2,5
30	Geen spouw	1,3	1,6	2,4
	Spouw	1,2	1,5	2,3
40		1,1	1,5	2,3
50		1,0	1,4	2,2
60		0,98	1,3	2,1
70		0,93	1,3	2,1
80		0,90	1,2	2,0
90		0,87	1,2	2,0
100		0,84	1,2	2,0
110		0,82	1,2	2,0
120		0,80	1,2	2,0
130		0,79	1,1	1,9
140		0,78	1,1	1,9
150		0,77	1,1	1,9

Isolatiedikte mm	Aanwezigheid spouw	Type kozijn		
		U-waarde [m <sup>2</sup> .K/W]		
		Hout/ kunststof	Metaal, thermisch onderbroken	Metaal, niet- thermisch onderbroken
160		0,76	1,1	1,9
170		0,75	1,1	1,9
180		0,74	1,1	1,9
190		0,73	1,1	1,9
200		0,73	1,1	1,9
210		0,72	1,1	1,9
220		0,71	1,1	1,9
230		0,71	1,1	1,9
240		0,71	1,1	1,9
250		0,70	1,1	1,9
260		0,70	1,0	1,8
270		0,69	1,0	1,8
280		0,69	1,0	1,8
290		0,69	1,0	1,8
300		0,69	1,0	1,8

**Tabel I.16 — Forfataire U-waarden van in kozijnen opgenomen panelen van een gebouw(deel) bij bekende isolatiedikte, niet aan buitenlucht grenzend**

Isolatiedikte mm	Aanwezigheid spouw	Type kozijn		
		U-waarde [m <sup>2</sup> .K/W]		
		Hout/ kunststof	Metaal, thermisch onderbroken	Metaal, niet- thermisch onderbroken
10	Geen spouw	1,7	2,0	2,5
	Met spouw	1,5	1,7	2,3
20	Geen spouw	1,3	1,6	2,2
	Met spouw	1,2	1,5	2,1
30	Geen spouw	1,2	1,4	2,0
	Spouw	1,1	1,4	1,9

Isolatiedikte mm	Aanwezigheid spouw	Type kozijn		
		<b>U-waarde [m<sup>2</sup>·K/W]</b>		
		Hout/ kunststof	Metaal, thermisch onderbroken	Metaal, niet- thermisch onderbroken
40		1,0	1,3	1,9
50		1,0	1,2	1,8
60		0,9	1,2	1,8
70		0,9	1,2	1,8
80		0,8	1,1	1,7
90		0,8	1,1	1,7
100		0,8	1,1	1,7
110		0,8	1,1	1,7
120		0,8	1,0	1,7
130		0,7	1,0	1,7
140		0,7	1,0	1,6
150		0,7	1,0	1,6
160		0,7	1,0	1,6
170		0,7	1,0	1,6
180		0,7	1,0	1,6
190		0,7	1,0	1,6
200		0,7	1,0	1,6
210		0,7	1,0	1,6
220		0,7	1,0	1,6
230		0,7	1,0	1,6
240		0,7	1,0	1,6
250		0,7	1,0	1,6
260		0,7	1,0	1,6
270		0,7	1,0	1,6
280		0,7	1,0	1,6
290		0,6	0,9	1,6
300		0,6	0,9	1,6

### I.2.3 Warmtedoorgangscoëfficiënt via de grond

Indien de opbouw van de vloerconstructie niet bekend is, mag de warmteovergangscoëfficiënt naar de grond,  $H_g$ , worden bepaald conform 8.3, waarbij het volgende geldt:

- Bepaal de warmteweerstand van de vloerconstructie op de grond of boven een kruipruimte of onverwarmde kelder,  $R_f$ , volgens J.1.
- De hoogte van wanddelen van de kruipruimte,  $z$ , de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte vloer, is in alle gevallen 0,5 m (de paragrafen 8.3.3.2, 8.3.4.1, 8.3.5.1 en 8.3.5.3).
- De waarde voor de warmteweerstand van kruipruimtevloeren,  $R_{bf}$ , in  $(m^2 \cdot K) / W$ , bedraagt:
  - Isolatie onbekend of afwezig:  
 $R_{bf} = 0,0;$
  - Isolatie aanwezig:  
 $R_{bf} = 0,5.$
- Bepaal de equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt voor ventilatie naar de buitenlucht,  $U_{x;v}$ , in  $W/(m \cdot K)$  (8.3.5.4.3) uitsluitend met formule (8.48) (kruipruimteventilatie).
- Bepaal de faseverschuiving voor warmtetransport naar de grond,  $\alpha$  respectievelijk  $\beta$ , in maanden, uitsluitend op basis van vloeren direct op ondergrond of vloeren boven kruipruimten (tabel D.1). Bij vloeren direct op ondergrond geldt de  $R_c$ -waarde van de gehele vloer als criterium voor het onderscheid tussen  $\beta=2$  en  $\beta=1$ .
- Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt door variatie van de buitentemperatuur  $H_{pe}$ , in  $W/K$ , bij vloeren direct op ondergrond uitsluitend met formule (D.6) (vloer met of zonder isolatie).
- Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt door variatie van de binnentemperatuur  $H_{pi}$  of buitentemperatuur  $H_{pe}$ , in  $W/K$ , bij overige vloeren uitsluitend met de formules (D.13) en (D.14) (vloer boven kruipruimte).

### I.2.4 Warmteverliescoëfficiënt via aangrenzend onverwarmde ruimten

Bij toepassing van de basisopname ISSO 82.1 en 75.1 wordt de warmteverliescoëfficiënt via aangrenzende onverwarmde ruimten,  $H_{U;adj}$ , bepaald volgens 8.4, waarbij de volgende rekenwaarde voor de warmteoverdrachtcoëfficiënt van de onverwarmde ruimte naar de buitenomgeving,  $H_{ue}$ , wordt gehanteerd:

$$H_{ue} = 5 \times A_{T;iu} \quad (I.8)$$

waarin:

- $H_{ue}$  is de warmteoverdrachtcoëfficiënt tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenlucht, in  $W/K$ ;
- $A_{T;iu}$  is de geprojecteerde oppervlakte van de scheidingsconstructie tussen de rekenzone en de aangrenzende onverwarmde ruimte, bepaald volgens K.1.2 in  $m^2$ .

OPMERKING 1 De rekenwaarde 5 is gebaseerd op de volgende forfaitaire waarden:

- de oppervlakte van de scheidingsconstructie tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenlucht,  $A_{T;ue}$ , in  $\text{m}^2$ , is  $1,44 \times A_{T;iu}$ , waarin  $A_{T;iu}$  is de oppervlakte tussen de rekenzone en de aangrenzende onverwarmde ruimte ( $\text{m}^2$ );
- de  $U$ -waarde van de scheidingsconstructie tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenlucht,  $U_{ue}$ , bedraagt  $3,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ;
- de luchtvolumestroom door infiltratie en ventilatie tussen de aangrenzende onverwarmde ruimte en de buitenlucht,  $q_{ve;ue}$ , bedraagt  $1,5 \times A_{T;iu}$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).

OPMERKING 2 Formule (I.8) leidt bij invulling in 8.4 tot:  $b = 1 / (1 + U/5)$ .

Ook mag bij woonfuncties, bij de bepaling van de dimensieloze reductiefactor  $b_U$  bij een zolder onder het dak van een woning, indien deze is aangewezen als aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR) en indien voorzien van een dichte inwendige scheidingsconstructie als zoldervloer, de warmteoverdrachtcoëfficiënt voor ventilatie,  $H_{ve;ue}$ , op de zolder op nul worden gesteld.

## Bijlage J

(normatief)

### Bepalingsmethode voor de gedeclareerde waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt en warmteweerstand

#### J.1 Algemeen

De producent is verantwoordelijk voor de bepaling van de gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , en/of warmteweerstand,  $R_D$ , overeenkomstig het gestelde in E.2.2.2. Hij moet de 'conformiteit' van zijn product met de gedeclareerde waarden aantonen. De gedeclareerde waarden moeten representatief zijn voor de thermische prestatie gedurende de technische levensduur van dat product bij de beoogde toepassingsomstandigheden. De gedeclareerde producteigenschappen moeten zijn afgeleid vanuit onder gestandaardiseerde condities bepaalde meetwaarden en zijn afgerond volgens de in E.2.2.2 gegeven afrondingsregels.

**OPMERKING** Het verschil tussen  $\lambda_D$  en  $\lambda_{90/90}$  resp. tussen  $R_D$  en  $R_{90/90}$  bestaat slechts uit de toepassing van de afrondingsregels.

Gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënten en/of warmteweerstanden moeten representatief zijn voor 90 % van de productie en een betrouwbaarheid hebben van 90 %, aangeduid met  $\lambda_{90/90}$  resp.  $R_{90/90}$ . In J.3 wordt de statistische procedure gegeven voor de bepaling van  $\lambda_{90/90}$  en  $R_{90/90}$  uit een serie meetwaarden die voldoen aan de onder J.2 vermelde voorwaarden.

#### J.2 Voorwaarden

Voor de bepaling van  $\lambda_{90/90}$  en  $R_{90/90}$  zijn minimaal tien meetwaarden vereist. De metingen moeten worden uitgevoerd gelijkmatig verdeeld over een periode van ten minste één jaar en hoogstens drie jaar, waarbij het product en de productieomstandigheden niet significant zijn gewijzigd.

In afwijking hiervan geldt voor nieuwe producten dat de metingen moeten zijn uitgevoerd verdeeld over een periode van ten minste tien dagen.

#### J.3 Statistische bepaling van $\lambda_{90/90}$ en $R_{90/90}$

##### J.3.1 Statistische bepaling wanneer de warmtegeleidingscoëfficiënt en warmteweerstand worden gedeclareerd

De warmtegeleidingscoëfficiënt,  $\lambda_D$ , en de warmteweerstand,  $R_D$ , worden berekend vanuit  $\lambda_{90/90}$  respectievelijk  $R_{90/90}$  met de formules (J.1), (J.2) en (J.3):

$$\lambda_{90/90} = \lambda_{\text{mean}} + k \times s_\lambda \quad (\text{J.1})$$

$$\sigma_\lambda = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_i - \lambda_{\text{mean}})^2}{(n-1)}} \quad (\text{J.2})$$

$$R_{90/90} = \frac{d_N}{\lambda_{90/90}} \quad (J.3)$$

waarin:

$\lambda_{90/90}$  is de statistisch bepaalde waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt die representatief is voor 90 % van de productie en een betrouwbaarheid heeft van 90 %;

$\lambda_{\text{mean}}$  is het rekenkundig gemiddelde van de meetwaarden;

$k$  is een factor te ontlenen aan tabel J.1;

$\sigma_\lambda$  is de standaardafwijking;

$n$  is het aantal meetwaarden;

$R_{90/90}$  is de statistisch bepaalde waarde van de warmteweerstand die representatief is voor 90 % van de productie en een betrouwbaarheid heeft van 90 %;

$d_N$  is de nominale dikte.

### J.3.2 Statistische bepaling wanneer alleen de warmteweerstand wordt gedeclareerd

De warmteweerstand,  $R_D$ , wordt berekend vanuit  $R_{90/90}$  met de formules (J.4) en (J.5).

$$R_{90/90} = R_{\text{mean}} - k \times s_R \quad (J.4)$$

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{\text{mean}})^2}{(n-1)}} \quad (J.5)$$

waarin:

$R_{90/90}$  is de statistisch bepaalde waarde van de warmteweerstand die representatief is voor 90 % van de productie en een betrouwbaarheid heeft van 90 %;

$R_{\text{mean}}$  is het rekenkundig gemiddelde van de meetwaarden;

$k$  is een factor te ontlenen aan tabel J.1;

$\sigma_R$  is de standaardafwijking;

$n$  is het aantal meetwaarden.

**Tabel J.1 — Waarden voor  $k$  bij een eenzijdige tolerantie-interval van 90 % met een betrouwbaarheidsniveau van 90 %**

Aantal meetwaarden <i>n</i>	<i>k</i>
10	2,07
11	2,01
12	1,97
13	1,93
14	1,90
15	1,87
16	1,84
17	1,82
18	1,80
19	1,78
20	1,77
22	1,74
24	1,71
25	1,70
30	1,66
35	1,62
40	1,60
45	1,58
50	1,56
100	1,47
300	1,39
500	1,36
2 000	1,32
<b>OPMERKING</b> De $k$ -waarde voor andere aantallen meetwaarden kan door lineaire interpolatie worden bepaald of worden ontleend aan NEN-ISO 16269-6 <i>Statistische interpretatie van gegevens – Deel 6: Bepaling van statistische tolerantie-intervallen</i> .	

## Bijlage K

(normatief)

### Bepaling oppervlakte van vlakvormige en lengte van lijnformige elementen

#### K.1 Schematiseringsregels voor het berekenen van de oppervlakte van vlakvormige elementen en lijnformige warmteverliezen ( $\psi$ )

##### K.1.1 Methode

De begrenzing van de verwarmde ruimte wordt volgens de principes van K.1.4 gemodelleerd tot een aaneengesloten systeem van vlakvormige en lijnformige elementen. Voorzieningen zoals afdichtingen, afdeklaten, stelblokjes en dergelijke worden niet als onderdeel van een vlak gebouwelement beschouwd en moeten dan ook bij de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt ( $U$ ) buiten beschouwing blijven. Hun invloed op de warmtetransmissie moet in de volgens hoofdstuk 8 te bepalen lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt worden verdisconteerd.

##### K.1.2 Geprojecteerde oppervlakte ( $A_T$ )

$A_T$  is de geprojecteerde oppervlakte van een vlak paneel zoals dat wordt gebruikt in de bepaling van de energieprestatie-indicator.

Beschouw als de geprojecteerde oppervlakte,  $A_T$ , in  $m^2$ , van een constructieonderdeel dat geen raam of deur (inclusief kozijn) en ook geen kozijn met vast paneel is, de op twee decimalen nauwkeurig bepaalde oppervlakte, in  $m^2$ , van een denkbeeldig plat vlak dat wordt begrensd door de (als adiabatisch te veronderstellen) afsnijvlakken van het (constructie)onderdeel volgens de principes van K.1.4.

Bepaal van een raam of deur of van een kozijn met vast paneel de oppervlakte van het denkbeeldige platte vlak dat wordt begrensd door de binnenwerkse kozijnranden volgens de principes van K.1.4.

##### K.1.3 Oppervlakte van een (constructie)onderdeel ( $A_{con}$ ) voor de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt ( $U$ )

$A_{con}$  is de geprojecteerde oppervlakte van een constructievak waarvoor geldt dat de doorgangscoëfficiënt ( $U$ ) overeenkomt met de gehanteerde  $U$  in de berekening van de energieprestatie-indicator. Voor ramen en deuren geldt  $A_{con} = A_{gl} + A_{fr}$ .

Beschouw als de geprojecteerde oppervlakte van een (constructie)onderdeel dat geen raam of deur (inclusief kozijn) en ook geen kozijn met vast paneel is, de op twee decimalen nauwkeurig bepaalde oppervlakte van een denkbeeldig plat vlak dat wordt begrensd door de (als adiabatisch te veronderstellen) afsnijvlakken van het onderdeel ter plaatse van de binnenwerkse randen van het onderdeel, volgens de principes zoals aangegeven in K.1.4.

Beschouw als de geprojecteerde oppervlakte van een vlakke scheidingsconstructie die - afgezien van eventuele afwerklagen (waaronder mogelijk buitenspouwbladen) - in de fabriek is vervaardigd, de op twee decimalen nauwkeurig bepaalde oppervlakte van een denkbeeldig plat vlak dat wordt begrensd door de (als adiabatisch te veronderstellen) randen van dat fabrieksmatig vervaardigde element, volgens de principes zoals aangegeven in K.1.4.

Als een element dat in de fabriek vervaardigd is, voorzien is van onderdelen bedoeld om aansluitende kozijnen aan te bevestigen, dan vallen die delen buiten de geprojecteerde oppervlakte  $A_{\text{con}}$ . Voor houten stijlen en regels is dit de breedte van de desbetreffende houten stijl of regel met een maximum van 40 mm indien deze breder is.

**OPMERKING** Wanneer een (constructie)onderdeel is opgebouwd als een stelsel van isolerende panelen gevat in een stijl- en/of regelwerk met een regelmatig patroon, dan omvat de geprojecteerde oppervlakte van dit onderdeel zowel de panelen als het stijl- en/of regelwerk.

Constructieonderdelen die buiten de geprojecteerd oppervlakte ( $A_T$ ) vallen, moeten buiten beschouwing gelaten worden bij de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt ( $U$ ). Een voorbeeld hiervan is het ongeïsoleerde deel van een geprefabriceerd hellend dak dat als overstek dient en aan weerszijden aan de buitenlucht grenst.

In afwijking hiervan mag de  $A_{\text{con}}$  worden vergroot zolang dat leidt tot een hogere waarde van de warmtedoorgangscoëfficiënt (verslechtering van de thermische kwaliteit). Voorzieningen zoals afdichtingen, afdekplatten, stelblokjes en dergelijke mogen niet als onderdeel van een vlak gebouwelement worden beschouwd en moeten hier dan ook bij de bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt,  $U$ , buiten beschouwing blijven. Hun invloed op de warmtetransmissie moet in de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt,  $\psi$ , worden verdisconteerd.

#### K.1.4 Lengte van de lijnvormige elementen (lineaire thermische bruggen) ( $\ell_k$ )

In deze bijlage zijn de principes opgenomen van de afsnijvlakken voor het bepalen van de geprojecteerde oppervlakte ( $A_T$ ), de oppervlakte van een (constructie)onderdeel ( $A_{\text{con}}$ ) en de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt ( $\psi$ ) van aansluitdetails. Hierbij is gebruikgemaakt van een groot aantal (gemodelleerde) ISSO-Referentiedetails waarbij de wijze van schematisering is aangegeven. Per detail is het overeenkomstige serienummer uit deze detailserie weergegeven (bijvoorbeeld: '101.0.1.01'). De selectie is zodanig breed en uitgebreid gekozen dat vergelijkbare afwijkende details op basis van deze principes geschematiseerd kunnen worden.

De lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt ( $\psi$ ) van een detail is gedefinieerd als de warmtestroom door het gehele detail verminderd met de warmtestroom door het oppervlak van de flankerende constructieonderdelen.

Het verschil tussen  $A_T$  en  $A_{\text{con}}$  blijkt uit de voorbeelden. De begrenzingen van de twee aansluitende vlakken  $A_T$  en  $A_{\text{con}}$  zijn aangegeven in de details van deze bijlage.

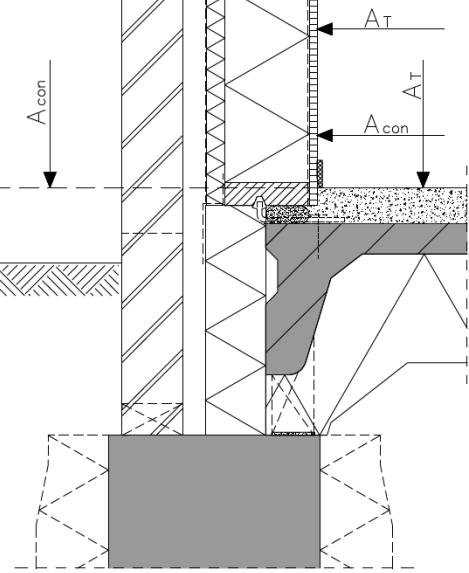
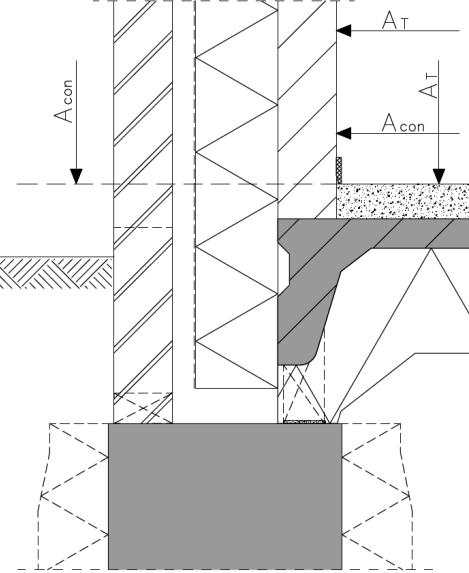
Voor ramen en deuren geldt dat de oppervlakte  $A_{\text{con}}$  moet voldoen aan de vereiste doorgangscoëfficiënt ( $U_w$ ) volgens de berekening van de energieprestatie-indicator. Voor de gevels, vloeren en daken geldt dat de oppervlakte  $A_{\text{con}}$  moet voldoen aan de vereiste warmteweerstand ( $R_c$ ) volgens de berekening van de energieprestatie-indicator.

De schematiseringsregels voor het bepalen van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt ( $\psi$ ) kunnen ook gebruikt worden voor het bepalen van de begrenzingen van prefab dak- en gevelelementen. Voor  $A_{\text{con}}$  kan dan gelezen worden  $R_c$  resp.  $U_w$ .

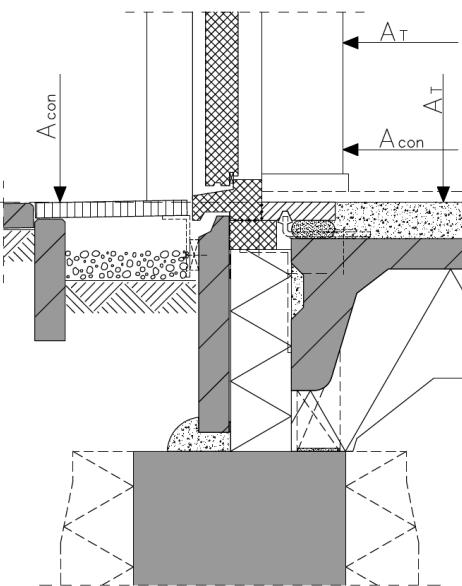
Voorwaarde is dat het prefab element, zoals dat wordt geprefabriceerd, als geheel voldoet aan de vereiste warmteweerstand voor het oppervlak dat binnen de begrenzing van  $A_T$  valt. Voor het deel van het prefab element dat buiten de begrenzing van  $A_T$  valt, geldt dat niet. Dat deel wordt toegerekend aan de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt ( $\psi$ ). Dat laatste kan alleen wanneer de details bekend zijn, omdat dan pas de  $A_T$  kan worden bepaald.

**OPMERKING** De voorbeelddetails in tabel K.1 zijn ook in NPR 2068 opgenomen. Er is dus sprake van een dubbeling tussen NPR 2068 en NTA 8800. In een toekomstige versie van NTA 8800 wordt er voor een nadere toelichting met voorbeelden van de schematiseringsregels verwezen naar NPR 2068.

**Tabel K.1 — Weergave schematiseringsregels voor het berekenen van de oppervlakte van vlakvormige elementen en lijnvormige warmteverliezen ( $\psi$ )**

	101.0.1.01 <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de bovenzijde van het vloerpeil. Merk op dat het deel van de oppervlakte van de prefab gevel onder het vloerpeil niet tot <math>A_{con}</math> wordt gerekend. Dit omdat dit buiten het begrenzingsvlak van <math>A_T</math> valt.</p> <p>Het vloervlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de binnenzijde van de gevel.</p>
	101.0.3.01 <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de bovenzijde van het vloerpeil.</p> <p>Het vloervlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de binnenzijde van de gevel.</p>

102.0.1.01

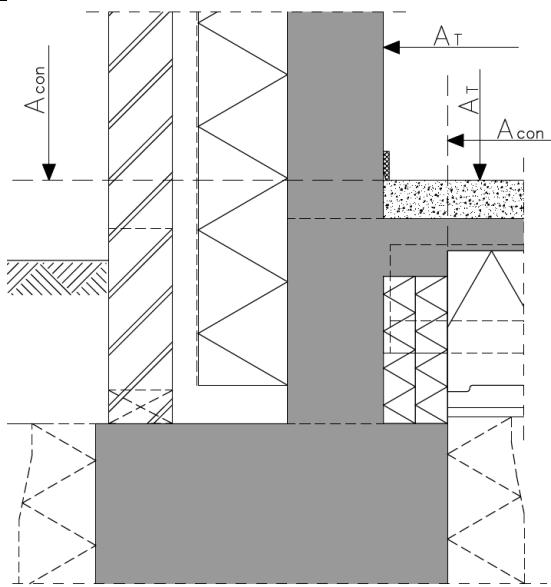


Het gevelvlak  $A_{\text{con}}$  wordt begrensd door het vloerpeil. Merk op dat het deel van het kozijn onder het vloerpeil niet tot  $A_{\text{con}}$  wordt gerekend. Dit omdat dit buiten het begrenzingsvlak van  $A_T$  valt.

Het vloervlak  $A_{\text{con}}$  wordt begrensd door de binnenzijde van de gevel, en niet door de binnenzijde van het kozijn. Bij de bepaling van  $A_T$  wordt geen rekening gehouden met de dagkanten van deursparingen.

De vloeroppervlakte van de dagkant van het kozijn maakt deel uit van  $\psi$ .

103.1.0.05

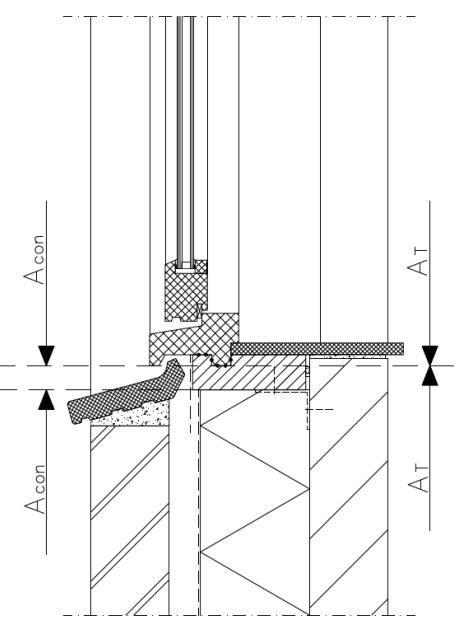
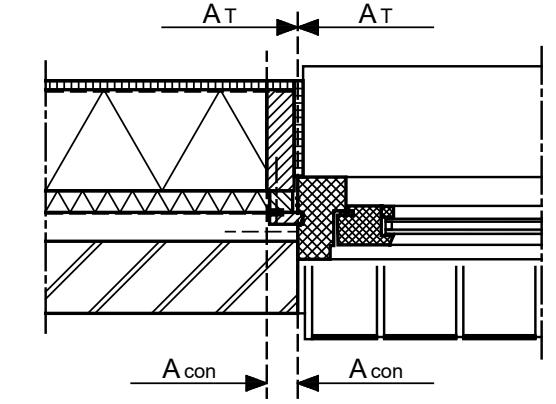
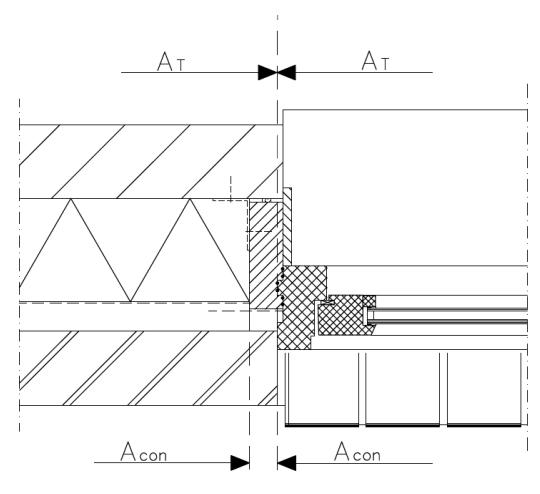


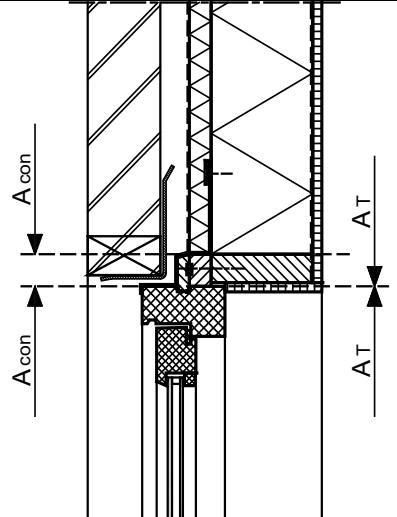
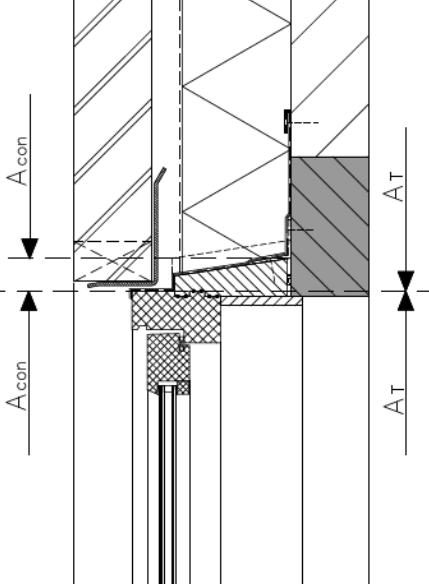
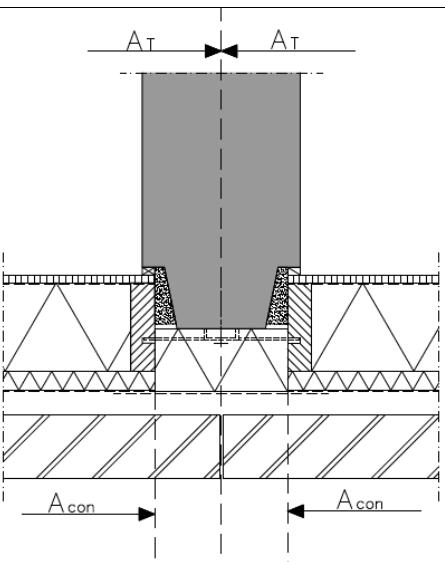
Het gevelvlak  $A_{\text{con}}$  wordt begrensd door het vloerpeil.

Het vloervlak  $A_{\text{con}}$  wordt begrensd door de binnenzijde van de oplegging van de systeemvloer. Er geldt hier een uitzondering. Vloeropleggingen van systeemvloeren worden niet meegerekend bij de bepaling van de warmteverstand van de vloer. Zie hiervoor de desbetreffende productbladen van de leveranciers.

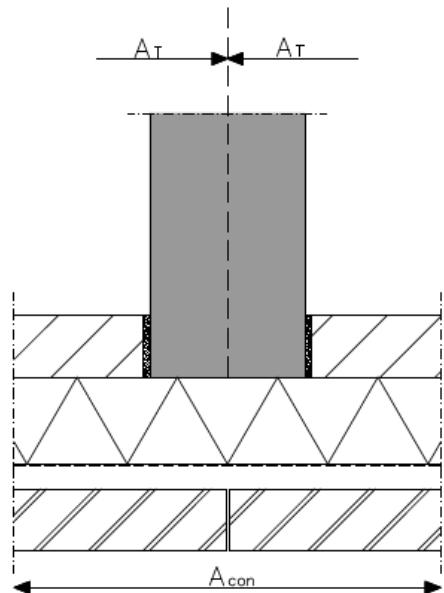
De vloeroppervlakte van de oplegging wordt toegerekend aan  $\psi$ .

	<p><b>103.2.0.05</b></p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door het vloerpeil.</p> <p>Het vloervlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de binnenzijde van de oplegging van de systeemvloer. Deze komt vrijwel overeen met de binnenoppervlakte van <math>A_T</math>. Het verschil wordt verwaarloosd.</p>
	<p><b>104.1.0.01</b></p> <p>Conform de bepalingsmethode voor het transmissieverlies door beganegrondvloeren gelden de aansluitdetails zonder aangrenzende buitenlucht: <math>\psi = 0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})</math>.</p>
	<p><b>201.0.1.01</b></p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de onderzijde van de houten ligger van het prefab element. De bevestiging van het kozijn doorbreekt de additionele isolatie van het buitenspouwblad. De invloed hiervan op het warmteverlies wordt verwaarloosd.</p> <p>Het kozijnvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de onderzijde van het kozijn.</p>

	<p>201.0.3.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de onderzijde van de spouwlat.</p> <p>Het kozijnvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de onderzijde van het kozijn.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p>202.0.1.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de binnenzijde van de houten staander van het prefab element. De bevestiging van het kozijn doorbreekt de additionele isolatie van het buitenspouwblad. De invloed hiervan op het warmteverlies wordt verwaarloosd.</p> <p>De aftimmering van de dagkanten van het kozijn maakt geen deel uit van <math>A_{con}</math>.</p> <p>Het kozijnvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de buitenzijde van het kozijn.</p>
	<p>202.0.3.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door het grensvlak met de spouwlat.</p> <p>Het kozijnvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de buitenzijde van het kozijn.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>

	<p>203.0.1.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de bovenzijde van de houten ligger van het prefab element. De bevestiging van het kozijn doorbreekt de additionele isolatie van het buitenspouwblad. De invloed hiervan op het warmteverlies wordt verwaarloosd.</p> <p>De aftimmering van de dagkanten van het kozijn maakt geen deel uit van <math>A_{con}</math>.</p> <p>Het kozijnvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de buitenzijde van het kozijn.</p>
	<p>203.0.3.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de bovenzijde van de spouwlat.</p> <p>Het kozijnvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de buitenzijde van het kozijn.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p>204.1.1.02</p> <p>Beide gevelvlakken <math>A_{con}</math> worden begrensd door de buitenzijde van de staander van het prefab element. In tegenstelling tot het hoekdetail (205.1.1.01) maakt hier de gehele staander deel uit van <math>A_{con}</math> omdat de staander binnen de begrenzingen van <math>A_T</math> valt.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>

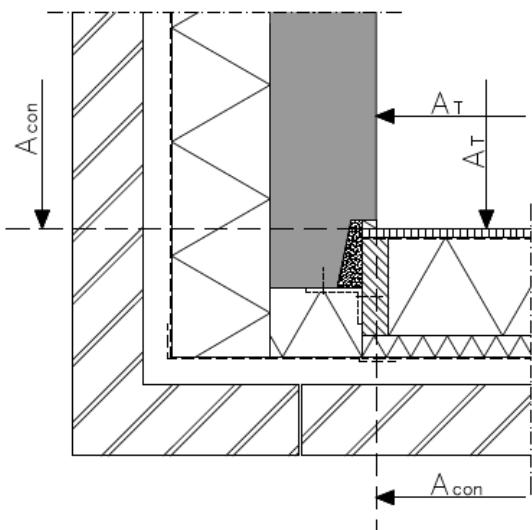
204.1.3.01



In dit detail is sprake van ononderbroken doorgaande thermische schil. Ter plaatse van de wandconstructie haaks op de gevel is sprake van een discontinue doorsnede door de wandconstructie en afdichtingen tussen het binnenspouwblad en de wand. Dit heeft echter een verwaarloosbare invloed op de thermische isolatie.

Er geldt  $\psi = 0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

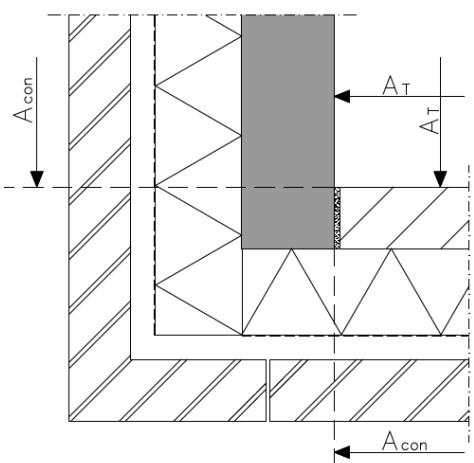
205.1.1.01



Het gevelvlak  $A_{con}$  wordt begrensd door het binnennoppervlak van de gevel.

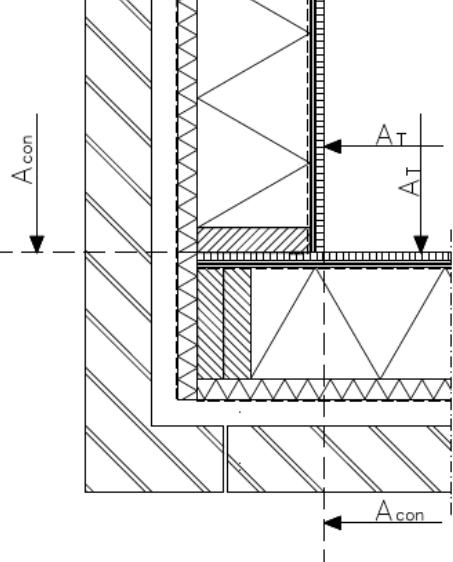
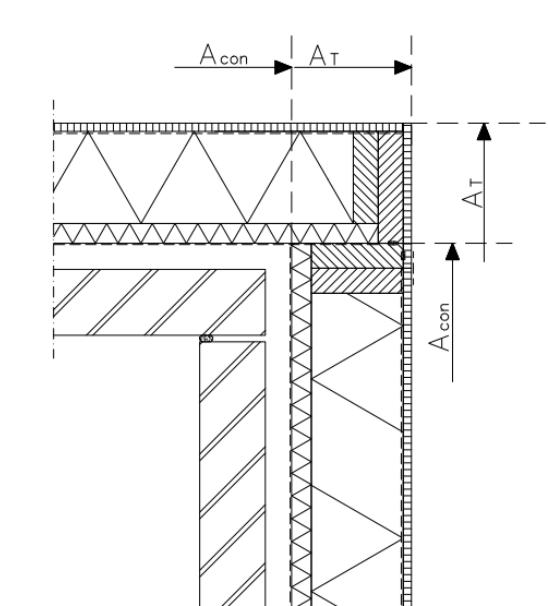
Merk op dat het deel van de staander van het prefab element dat buiten  $A_T$  valt, niet aan  $A_{con}$  wordt toegerekend.

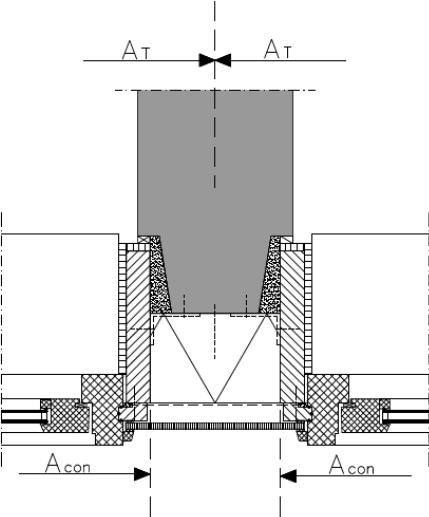
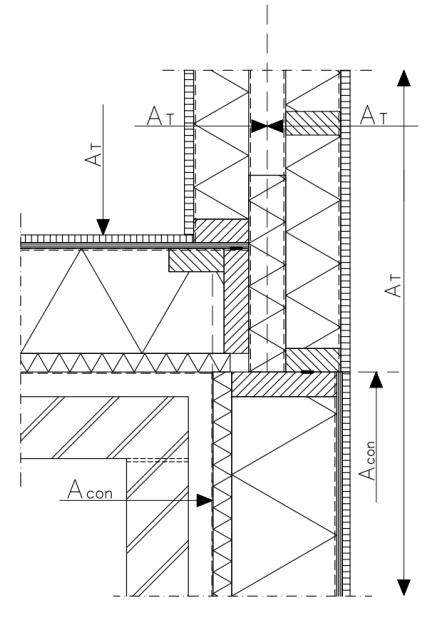
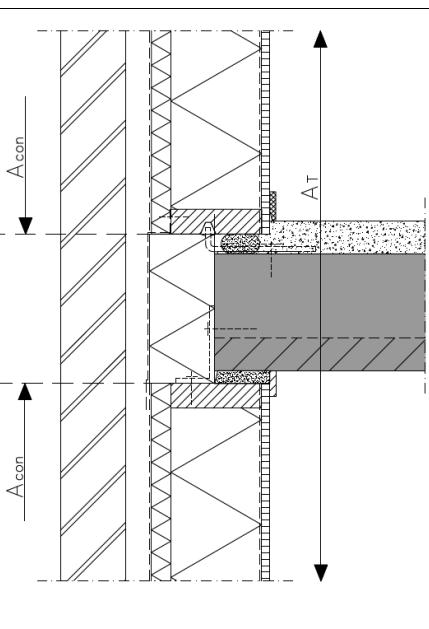
205.1.3.01



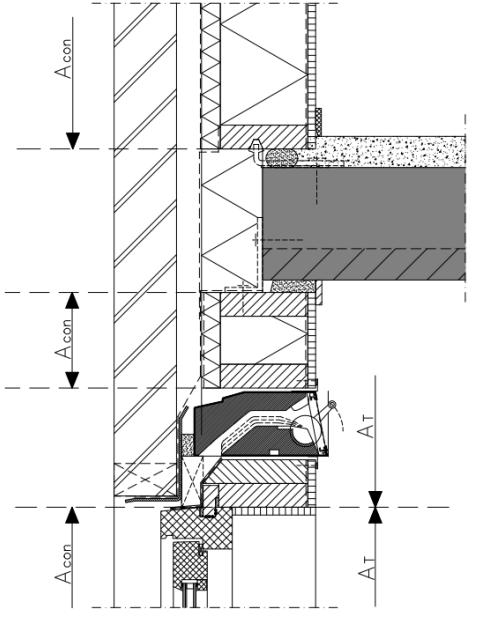
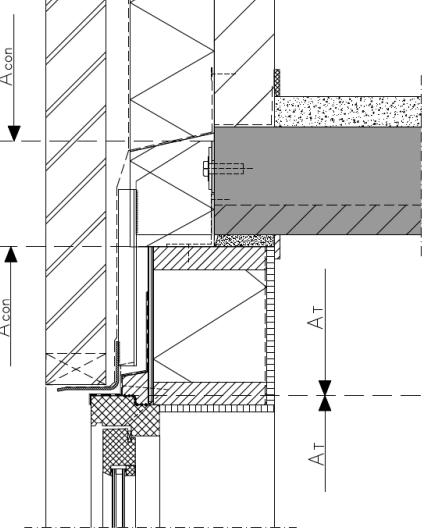
Het gevelvlak  $A_{con}$  van de spouwmuren wordt begrensd door de binnenzijde van de gevallen.

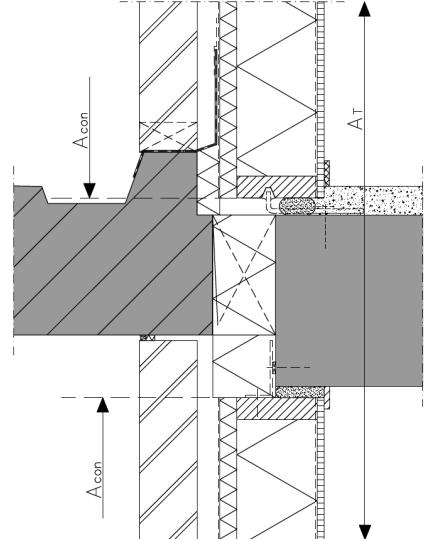
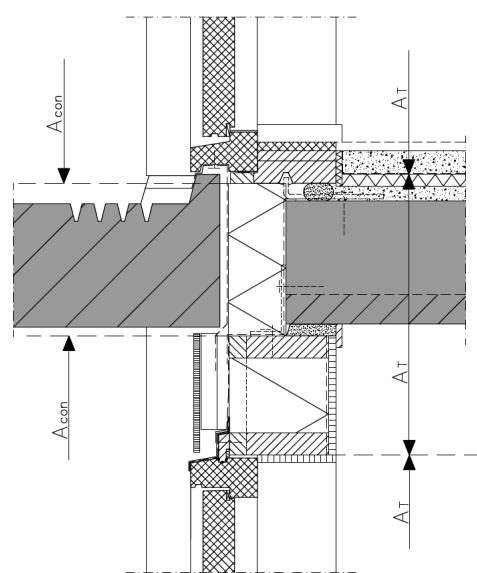
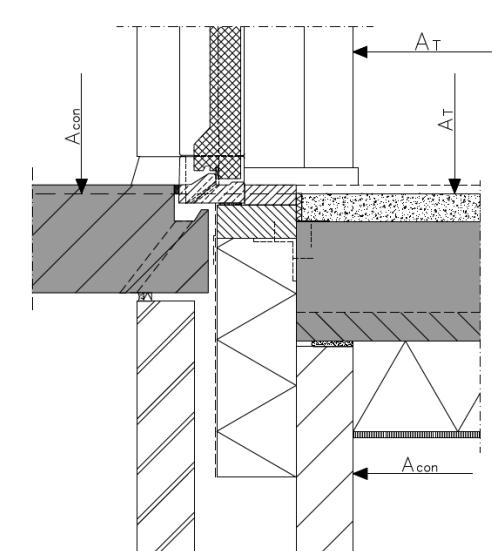
Ter plaatse van de onderlinge aansluiting van de prefab wanden is sprake van een kleine discontinuïteit door de flexibele voeg. Deze wordt verwaarloosd.

	<p>205.4.1.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> van de spouwmuren wordt begrensd door de binnenzijde van de gevels.</p> <p>Merk op dat een deel van het prefab element dat buiten <math>A_T</math> valt, niet wordt toegerekend aan <math>A_{con}</math> maar deel uitmaakt van <math>\psi</math>.</p>
	<p>206.0.1.01</p> <p>Het betreft een inwendige hoek.</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> van de spouwmuren wordt begrensd door de buitenzijde van de thermische isolatie van het aangrenzende gevelvlak.</p> <p>Merk op dat bij dit detail de hoekstijlen van een van de houtskeletbouwwanden geen deel uitmaakt van het gevelvlak <math>A_{con}</math>.</p> <p>De dubbele staanders van het prefab element dat aansluit op het aangrenzende element, maken deel uit van <math>A_{con}</math>.</p>

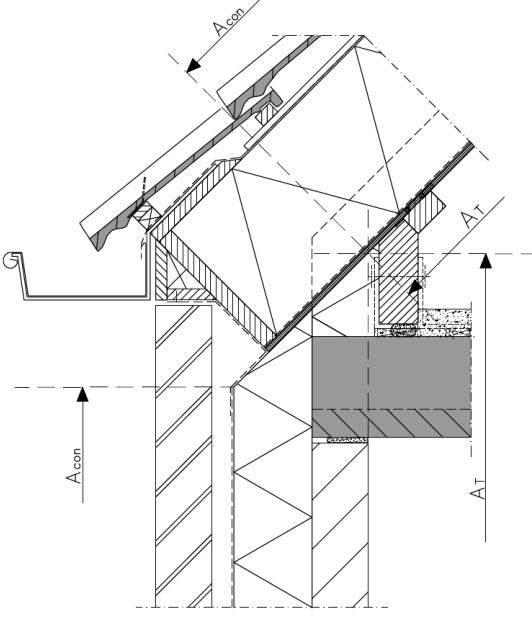
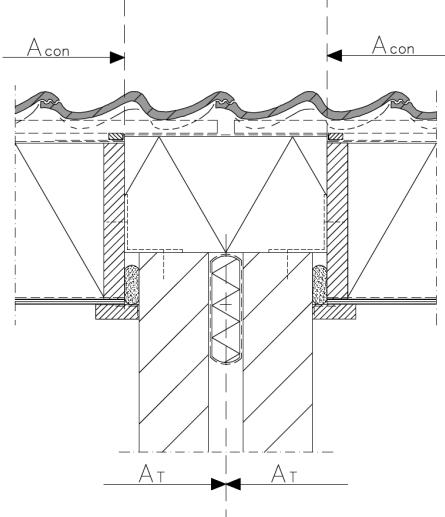
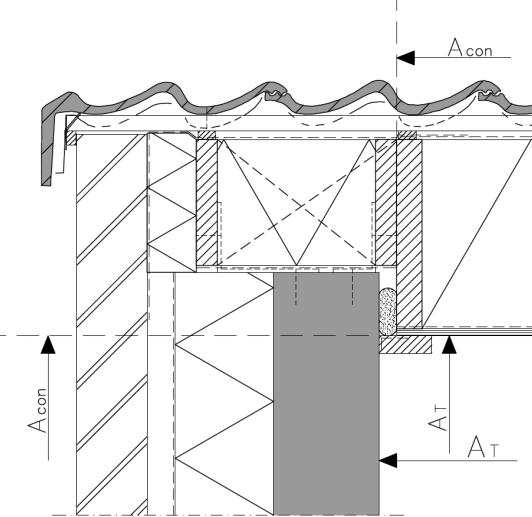
	<p><b>204.1.1.02</b></p> <p>Beide gevelvlakken <math>A_{\text{con}}</math> worden begrensd door de buitenzijde van de staander van het prefab element.</p> <p>Merk op dat feitelijk sprake is van meerdere aansluitvlakken waarvoor de <math>\psi</math> moet worden bepaald. In het detail zijn de begrenzingen van <math>A_{\text{con}}</math> aangegeven van de prefab elementen.</p> <p>De aansluiting van de kozijnen op de prefab elementen kunnen afgeleid worden van andere details.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{\text{con}}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p><b>216.4.1.01</b></p> <p>Het betreft een inwendige hoek met een woningscheidende bouwmuur.</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{\text{con}}</math> van de spouwmuren wordt begrensd door de buitenzijde van de thermische isolatie van de aangrenzende wand. Merk op dat de hoekstijl van één element geen deel uitmaakt van <math>A_{\text{con}}</math>.</p> <p>De staanders en thermische isolatie van de woningscheidende wand maakt geen deel uit van <math>A_{\text{con}}</math>. De invloed daarvan is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p><b>301.0.1.01</b></p> <p>Het gevelvlak <math>A_{\text{con}}</math> wordt begrensd door de onderzijde van het prefab element waarvan de warmteweerstand is bepaald.</p> <p>In tegenstelling tot de detailering bij de beganegrondvloer (101.0.0.01) maakt in deze situatie de gehele onderdorpel deel uit van <math>A_{\text{con}}</math> omdat de dorpel binnen de begrenzing valt van <math>A_T</math>.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{\text{con}}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>

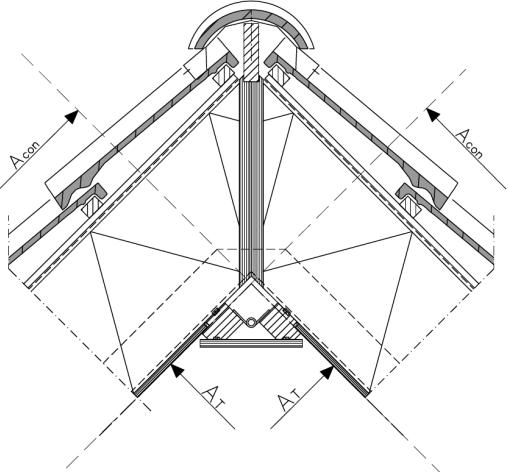
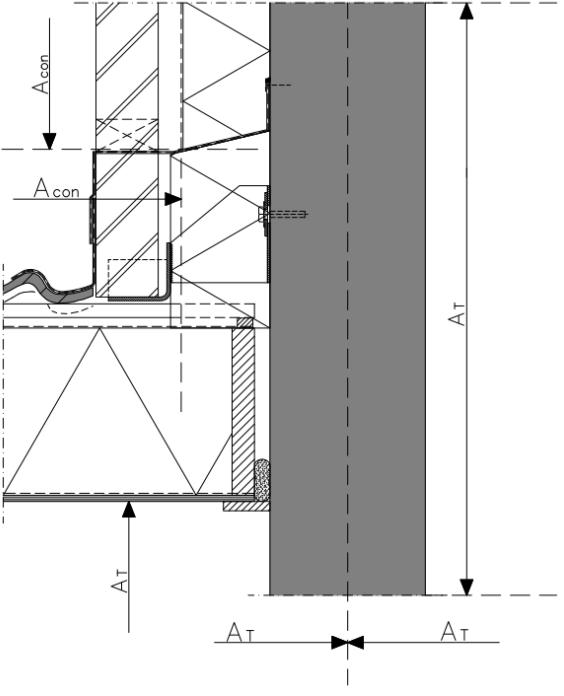
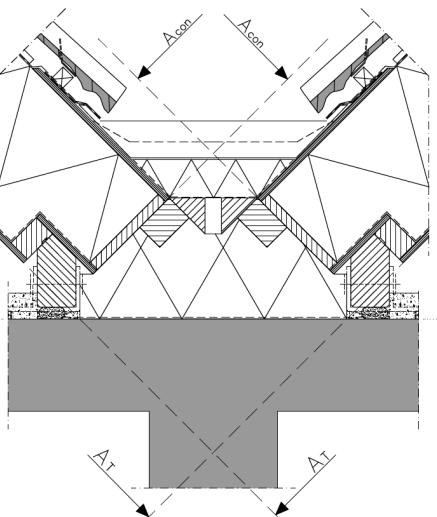
	<p style="text-align: right;">301.0.3.01</p> <p>In dit detail is sprake van een continue doorsnede van de thermische schil. Ter plaatse van de vloerconstructie is sprake van een kleine afwijkende detaillering van de gevel door de vloerconstructie en afdichting, dit wordt verwaarloosd.</p> <p>Er geldt <math>\psi = 0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})</math>.</p>
	<p style="text-align: right;">301.4.1.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{\text{con}}</math> wordt begrensd door de onderzijde of bovenzijde van het prefab element waarvan de warmteverstand is bepaald.</p> <p>De houten vloerconstructie maakt geen deel uit van <math>A_{\text{con}}</math> van de gevel</p> <p>De dubbele ligger van het prefab element van de gevel is opgenomen in het prefab element en maakt daarmee deel uit van <math>A_{\text{con}}</math>.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_{\text{T}}</math> en <math>A_{\text{con}}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p style="text-align: right;">302.0.1.01</p> <p>In dit detail is sprake van twee aansluitingen waarvoor de <math>\psi</math> bepaald moet worden.</p> <p><b>Vloeraansluiting</b> Het gevelvlak <math>A_{\text{con}}</math> wordt begrensd door de onderzijde van het prefab element waarvan de warmteverstand is bepaald, zie ook detail 301.0.1.01.</p> <p><b>Kozijnaansluiting</b> Voor het gevelelement boven het kozijn geldt <math>A_{\text{con}}</math> van het gevelvlak. De oppervlakte <math>A_{\text{con}}</math> van de kozijnen wordt begrensd door de bovenzijde van het kozijn. Het rekje boven het kozijn maakt deel uit van <math>\psi</math> met uitzondering van de sparing van het rooster. Voor de sparing in het element voor het rooster geldt <math>U = 0 \text{ W}/\text{m}^2</math>. Immers, het warmteverlies door het rooster maakt deel uit van de infiltratie door ventilatie. Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_{\text{T}}</math> en <math>A_{\text{con}}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>

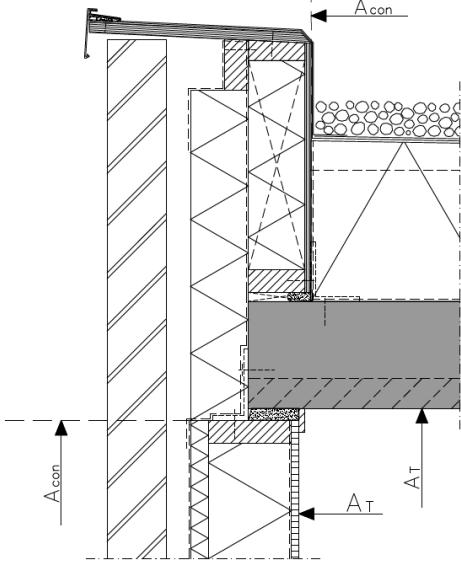
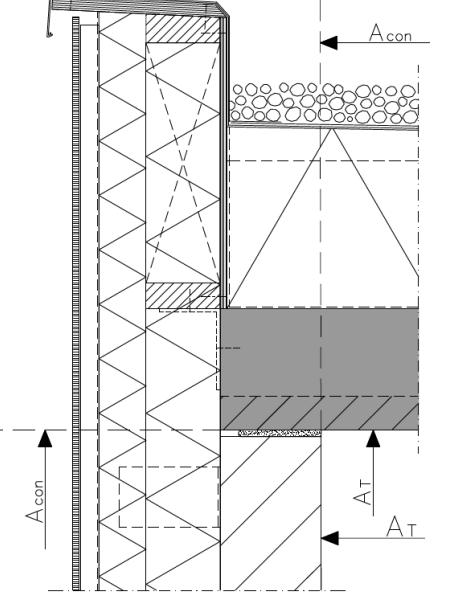
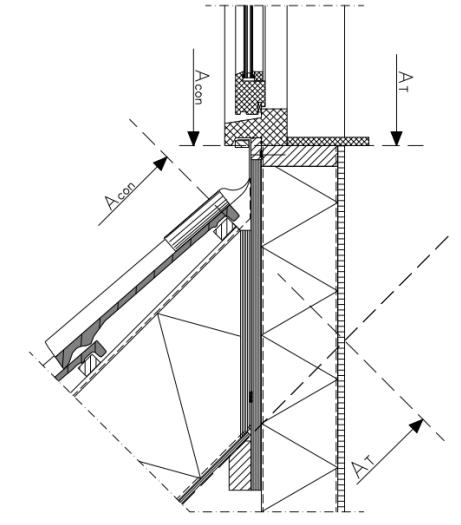
	<p style="text-align: right;">302.0.1.02</p> <p>In dit detail is sprake van twee aansluitingen waarvoor de <math>\psi</math> bepaald moet worden.</p> <p><b>Vloeraansluiting</b></p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de onderzijde van het prefab element waarvan de warmteweerstand is bepaald, zie ook detail 301.0.1.01.</p> <p><b>Kozijnaansluiting</b></p> <p>Voor het gevelelement boven het kozijn geldt <math>A_{con}</math> van het gevelvlak. De suskast maakt geen deel uit van <math>A_{con}</math>. Merk op dat de dubbele regel onder de suskast geen deel uitmaakt van <math>A_{con}</math>. Voor de sparing in het element van de suskast geldt <math>U = 0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}</math>.</p> <p>De oppervlakte <math>A_{con}</math> van de kozijnen wordt begrensd door de bovenzijde van het kozijn. Immers, het warmteverlies door de suskast maakt deel uit van de infiltratie door ventilatie.</p>
	<p style="text-align: right;">302.0.3.02</p> <p>Merk op dat feitelijk sprake is van meerdere aansluitvlakken waarvoor de <math>\psi</math> moet worden bepaald. In het detail zijn de begrenzingen van <math>A_{con}</math> aangegeven van de metselwerkdragers.</p> <p>De metselwerkdragers doorbreken de thermische schil en daardoor is er geen sprake meer van een doorgaande thermische schil. De begrenzing van <math>A_{con}</math> is de bovenzijde van de metselwerkdrager.</p> <p>Het rekje boven het kozijn heeft dezelfde thermische kwaliteit als het gevelvlak. De aansluiting van het kozijn op het prefab element en de begrenzing van <math>A_{con}</math> kan afgeleid worden van andere kozijndetails en is niet aangegeven in het detail.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>

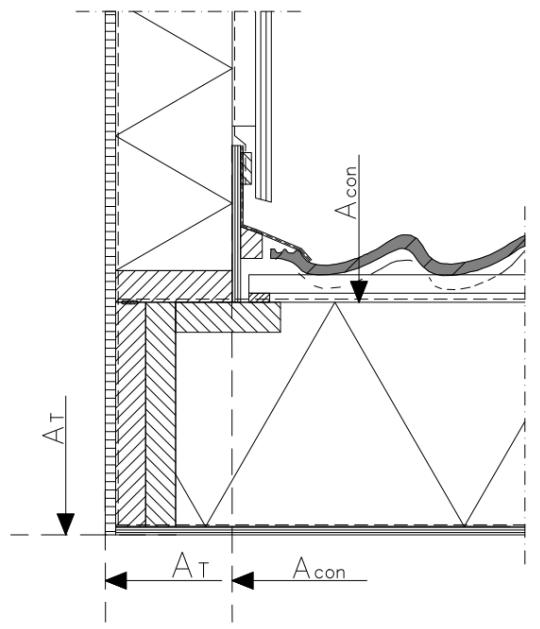
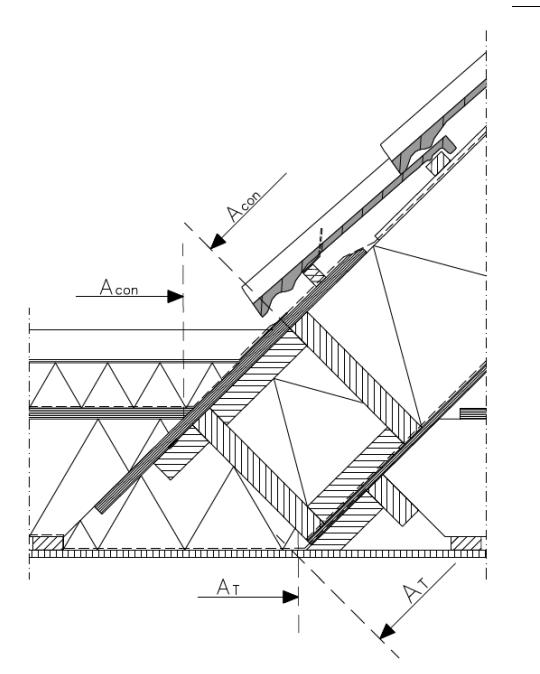
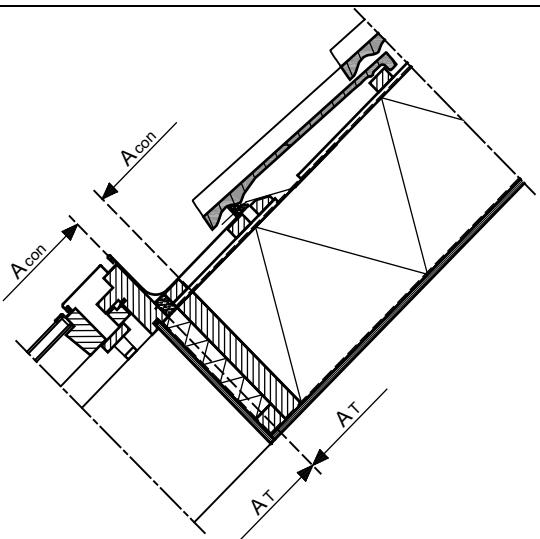
	<p style="text-align: right;">351.0.1.03</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{\text{con}}</math> wordt begrensd door de onderzijde of bovenzijde van het prefab element waarvan de warmteweerstand is bepaald.</p> <p>Het transmissieverlies door dit oppervlak tussen de prefab elementen, inclusief de aanstortnokken van het prefab element, maakt deel uit van <math>\psi</math>.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{\text{con}}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p style="text-align: right;">352.0.1.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{\text{con}}</math> wordt begrensd door de onderzijde of bovenzijde van het prefab element waarvan de warmteweerstand is bepaald.</p> <p>Het transmissieverlies door het oppervlak tussen de prefab elementen, maakt deel uit van <math>\psi</math>.</p> <p>De aansluiting van de kozijnen op het prefab element en de begrenzing van <math>A_{\text{con}}</math> kan afgeleid worden van andere kozijndetails en is niet aangegeven in het detail.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{\text{con}}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p style="text-align: right;">354.0.3.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{\text{con}}</math> wordt begrensd door het vloerpeil. Merk op dat het deel van het kozijn onder het vloerpeil niet tot <math>A_{\text{con}}</math> wordt gerekend. Dit omdat dit buiten het begrenzungvlak van <math>A_T</math> valt.</p> <p>Bij de bepaling van <math>A_T</math> wordt geen rekening gehouden met de neggekanten van deuren. Deze vloeroppervlakte maakt dus deel uit van <math>\psi</math>.</p> <p>Het vloervlak <math>A_{\text{con}}</math> wordt begrensd door de binnenzijde van de gevel.</p>

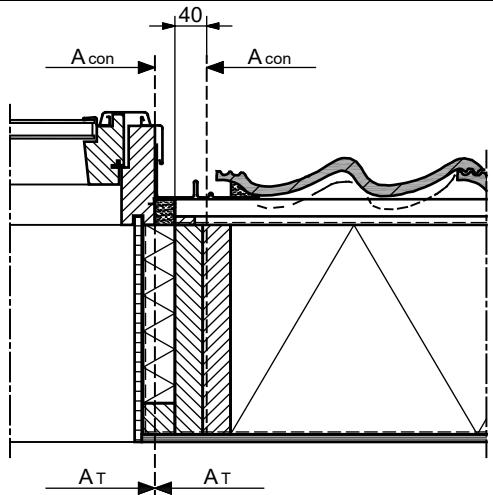
	<p>355.0.3.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de discontinue doorsnede als gevolg van de afwijkende dikte van de thermische isolatie en de koudebrugonderbreking onder het binnenspouwblad.</p> <p>Het vloervlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de buitenzijde van de gevel.</p>
	<p>401.0.1.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de bovenzijde van het prefab element.</p> <p>De lengte van het dakvlak <math>A_T</math> wordt begrensd door het snijpunt van de onderzijde van het dak en de doorgetrokken denkbeeldige lijn van het binnenoppervlak van de gevel.</p> <p>Merk op dat het deel van het dakvlak van het prefab element dat buiten <math>A_T</math> valt, niet aan <math>A_{con}</math> wordt toegerekend maar deel uitmaakt van <math>\psi</math>.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>

	<p><b>401.0.3.01</b></p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd ter plaatse van de afwijkende isolatiedikte van de gevel.</p> <p>De lengte van het dakvlak <math>A_T</math> wordt begrensd door het snijpunt van de onderzijde van het dak en de doorgetrokken denkbeeldige lijn van het binnenoppervlak van de gevel.</p> <p>Merk op dat het deel van het dakvlak van het prefab element dat buiten <math>A_T</math> valt, niet aan <math>A_{con}</math> wordt toegerekend maar deel uitmaakt van <math>\psi</math>.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p><b>402.2.0.03</b></p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de buitenzijde van het prefab element waarvan de warmteweerstand is bepaald.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p><b>403.1.0.01</b></p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de onderzijde van het dakvlak.</p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de buitenzijde van het prefab element. Het doorlopende houten rek is een hulpconstructie waarvoor geldt dat het geen deel uitmaakt van de <math>A_{con}</math> van het prefab element waarvoor de warmteweerstand is bepaald.</p>

	<p><b>404.0.0.01</b></p> <p>De lengte van het dakvlak <math>A_T</math> wordt begrensd door het snijpunt van het binnenoppervlak van de dakvlakken.</p> <p>Merk op dat het deel van het dakvlak van het prefab element dat buiten <math>A_T</math> valt, niet aan <math>A_{con}</math> wordt toegerekend maar deel uitmaakt van <math>\psi</math>.</p>
	<p><b>405.1.0.01</b></p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de discontinue doorsnede ter plaatse van de metselwerkdrager.</p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de binnenzijde van de thermische schil van het gevelvlak. Merk op dat de ligger van het dakelement daardoor geen deel uitmaakt van de <math>A_{con}</math> van het dakvlak.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
	<p><b>406.1.0.01</b></p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd bij de onderzijde van de oplegging van het dakelement. Merk op dat de verjonging van het prefab element ter plaatse van de oplegging deel uitmaakt van <math>A_{con}</math> omdat <math>A_T</math> groter is dan <math>A_{con}</math>. Dit in afwijking van bijvoorbeeld detail 401.0.1.01.</p> <p>De hulpconstructies voor de zakgoot maken geen deel uit van <math>A_{con}</math> van het prefab element.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>

	<p>409.0.1.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de bovenzijde van het prefab element.</p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de binnenzijde van de opstand.</p>
	<p>409.0.4.01</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de onderzijde van de dakvloer.</p> <p>De discontinue doorsnede van het binnenblad door de flexibele voeg wordt verwaarloosd.</p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de binnenzijde van het gevelvlak.</p>
	<p>425.4.0.01</p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door het uiteinde van het dakelement. Merk op dat de verjonding van het prefab element deel uitmaakt van <math>A_{con}</math> omdat <math>A_T</math> groter is dan <math>A_{con}</math>, dit in afwijking van bijvoorbeeld detail 401.0.1.01.</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de onderzijde van het kozijn.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>

	<p>426.4.0.01</p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de buitenzijde van de thermische schil van de zijwang. Merk op dat de dubbele liggers van het prefab element daardoor geen deel uitmaken van <math>A_{con}</math>.</p> <p>Het gevelvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de onderzijde van het prefab element van de zijwang.</p>
	<p>427.4.0.01</p> <p>Het schuine dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door het uiteinde van het dakelement. Tegen de onderzijde van het element is een hulpconstructie aangebracht t.b.v. de opvang van het dak. Dit maakt geen deel uit van <math>A_{con}</math>.</p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door het uiteinde van het prefabricated roof slab. Merk op dat de verlenging van het prefabricated element deel uitmaakt van <math>A_{con}</math>.</p>
	<p>431.4.0.01</p> <p>Het dakvlak <math>A_{con}</math> wordt begrensd door de bovenzijde van de houten ligger van het prefabricated element. De additionele isolatie en aftimmering aan de dagkant van het dakraam maken geen deel uit van <math>A_{con}</math>.</p> <p>De <math>A_{con}</math> van het dakraam wordt begrensd door de buitenzijde van het dakraam.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_T</math> en <math>A_{con}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>

	<span style="float: right;">432.4.0.01</span> <p>Het dakvlak <math>A_{\text{con}}</math> wordt begrensd door het vlak op een afstand van 40 mm, gezien vanaf de buitenzijde van de houten ligger van het prefab element. De additionele isolatie en aftimmering aan de dagkant van het dakraam maken geen deel uit van <math>A_{\text{con}}</math>. De houten liggers zijn bedoeld om het aansluitende kozijn aan te bevestigen. Omdat de liggers breder zijn dan 40 mm, geldt de maximummaat van 40 mm van het gedeelte dat afgesneden wordt van het prefab element.</p> <p>De <math>A_{\text{con}}</math> van het dakraam wordt begrensd door de buitenzijde van het dakraam.</p> <p>Het verschil in oppervlakte tussen <math>A_{\text{T}}</math> en <math>A_{\text{con}}</math> is onderdeel van <math>\psi</math>.</p>
---	--

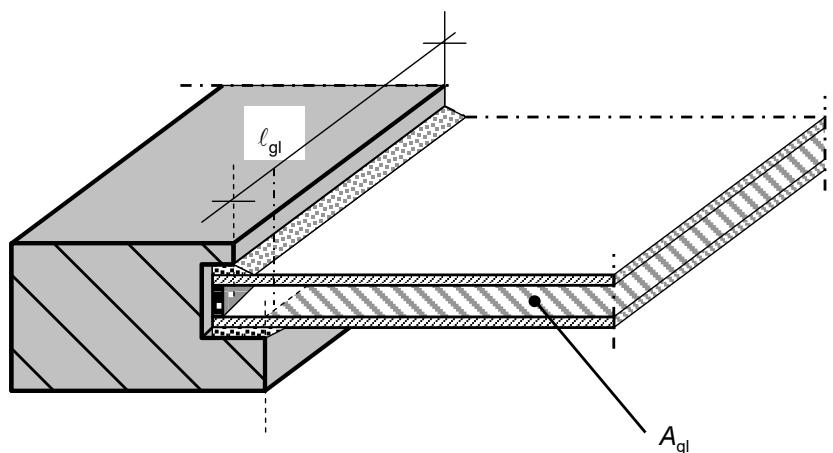
## K.2 Geometrische karakteristieken

### K.2.1 Beglaasde oppervlakte, oppervlakte ondoorschijnend paneel

De beglaasde oppervlakte  $A_{\text{gl}}$  of de oppervlakte van het ondoorschijnend paneel  $A_{\text{p}}$  van een raam of deur is de kleinste van de zichtbare oppervlakten, gezien van twee kanten (zie figuur K.1). Iedere overlap van kitvoegen of beglazingsrubbers wordt buiten beschouwing gelaten.

### K.2.2 Totale zichtbare omtrek van de beglazing

De totale omtrek van de beglazing  $\ell_{\text{gl}}$  (of van het ondoorschijnend paneel  $\ell_{\text{p}}$ ) is de som van de zichtbare omtrekken van de glasruit(en) (of ondoorschijnende panelen) in het raam of de deur. Indien de omtrek verschillend is aan de twee zijden van ruit of paneel, dan moet de grootste van de twee worden gebruikt (zie figuur K.1).



Figuur K.1 — Illustratie van beglaasde oppervlakte en omtrek

### K.2.3 Kozijnoppervlakten

Voor kozijnoppervlakten worden de volgende definities gebruikt (zie ook figuur K.2):

$A_{fr;i}$  inwendig geprojecteerde kozijnoppervlakte:

De inwendig geprojecteerde kozijnoppervlakte is de oppervlakte van de projectie van de naar de binnenlucht toegekeerde zijde van het kozijn op een plat vlak evenwijdig aan de glasruit of het paneel.

$A_{fr;e}$  uitwendig geprojecteerde kozijnoppervlakte:

De uitwendig geprojecteerde kozijnoppervlakte is de oppervlakte van de projectie van de naar de buitenlucht toegekeerde zijde van het kozijn op een plat vlak evenwijdig aan de glasruit of het paneel.

$A_{fr}$  geprojecteerde kozijnoppervlakte:

De geprojecteerde kozijnoppervlakte is de grootste van inwendig  $A_{fr;i}$  en  $A_{fr;e}$ :

$$A_{fr} = \max(A_{fr;i}; A_{fr;e}).$$

$A_{di}$  inwendig ontwikkelde kozijnoppervlakte:

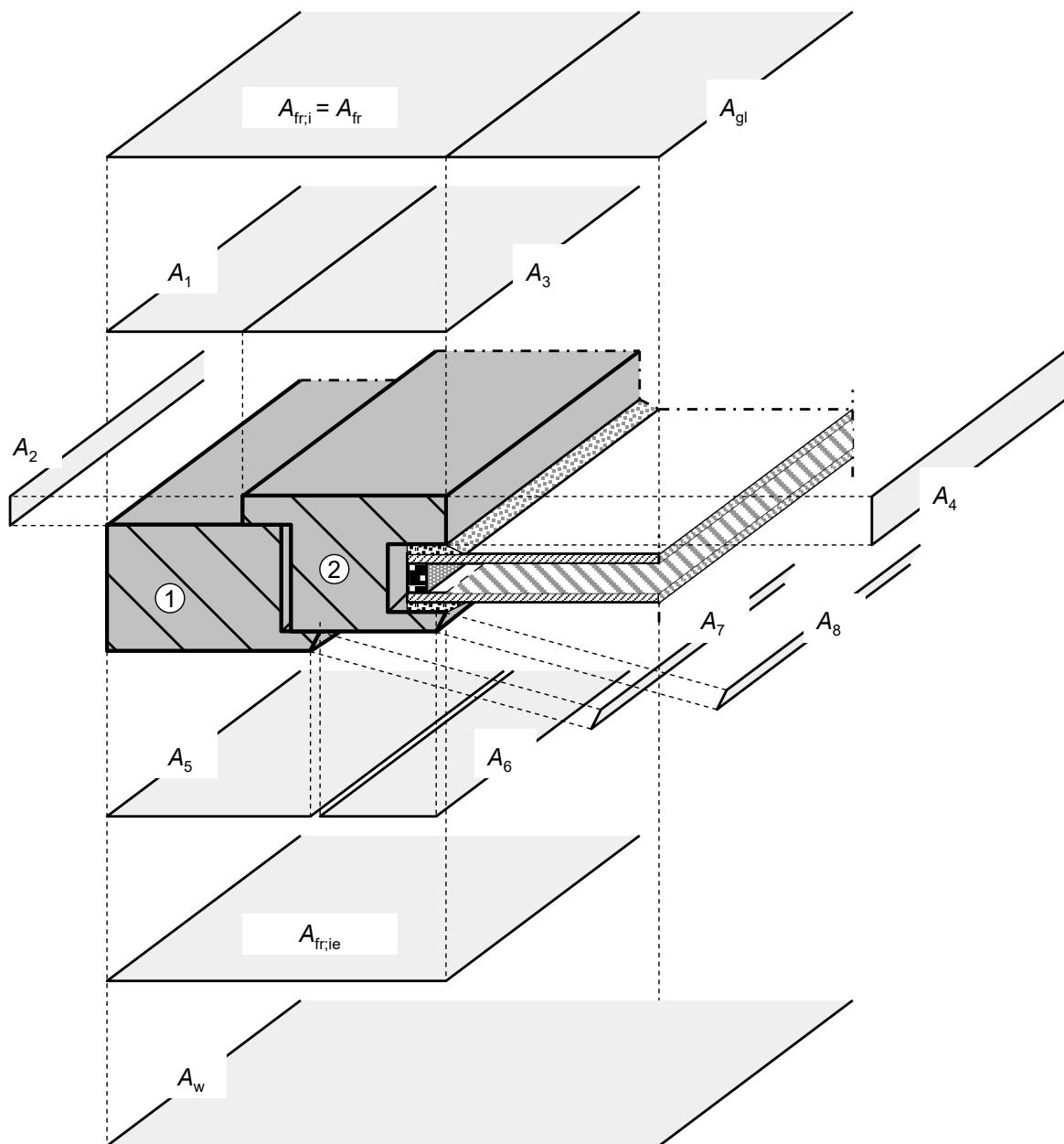
De inwendig ontwikkelde kozijnoppervlakte is de oppervlakte van het kozijn dat in contact staat met de binnenlucht.

$A_{de}$  uitwendig ontwikkelde kozijnoppervlakte:

De uitwendig ontwikkelde kozijnoppervlakte is de oppervlakte van het kozijn dat in contact staat met de buitenlucht.

#### K.2.4 Raamoppervlakte

De raamoppervlakte  $A_w$  is de som van de geprojecteerde kozijnoppervlakte  $A_{fr;i}$  en de oppervlakte van de beglazing  $A_{gl}$  (of de oppervlakte van het paneel  $A_p$ ).



#### Legenda

1, 2	=	kozijn
$A_w$	=	$A_{fr} + A_{gl}$
$A_{d,i}$	=	$A_1 + A_2 + A_3 + A_4$
$A_{d,e}$	=	$A_5 + A_6 + A_7 + A_8$

**Figuur K.2 — Illustratie van de verschillende oppervlakten**

## Bijlage L (normatief)

### Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de beglazingsrand

#### L.1 Algemeen

OPMERKING 1 De tekst van deze bijlage is ontleend aan bijlage G van NEN-EN-ISO 10077-1:2017.

De warmtedoorgangscoëfficiënt van de beglazing,  $U_g$ , is van toepassing op de centrale oppervlakte van de beglazing en omvat niet het effect van de afstandshouders aan de rand van de beglazing. De warmtedoorgangscoëfficiënt van het kozijn,  $U_f$ , houdt geen rekening met de aanwezigheid van beglazing. De lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt van de beglazingsrand,  $\Psi_g$ , beschrijft de extra warmtegeleiding door de interactie kozijn, beglazing en afstandhouder, en wordt beïnvloed door de thermische eigenschappen van elk van deze onderdelen.

Bij voorkeur worden de waarden van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt bepaald met een numerieke berekening volgens NEN-EN-ISO 10077-2. L.2 en L.3 geven forfataire waarden voor  $\Psi$  voor veel voorkomende combinaties van kozijnen, beglazing en afstandhouder die kunnen worden gebruikt in het geval dat gedetailleerde berekeningen niet beschikbaar zijn.

OPMERKING 2 Voor enkel glas geldt:  $\Psi_g = 0$ .

#### L.2 Afstandhouders van aluminium en staal

Tabel L.1 geeft forfataire waarden van  $\Psi_g$  voor afstandhouders van aluminium of roestvast staal voor specifieke kozijn- en beglazingstypen.

**Tabel L.1 — Forfataire waarden van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt voor afstandhouders van aluminium en staal**

Kozijntype	Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt voor verschillende beglazingstypen $\Psi_g$	
	Dubbele of drievoudige beglazing, zonder low E-coating, spouwvulling met lucht of gas	Dubbele <sup>a</sup> of drievoudige <sup>b</sup> beglazing met low E-coating spouwvulling met lucht of gas
Hout of PVC	0,06	0,08
Metaal met thermische onderbreking	0,08	0,11
Metaal zonder thermische onderbreking	0,02	0,05

<sup>a</sup> één ruit gecoat voor dubbele beglazing  
<sup>b</sup> twee ruiten gecoat voor drievoudige beglazing

### L.3 Thermisch verbeterde afstandhouders

Voor deze bijlage is een thermisch verbeterde afstandhouder gedefinieerd met het volgende criterium:

$$\Sigma (d \times \lambda) \leq 0,007 \text{ W/K} \quad (\text{L.1})$$

waarin:

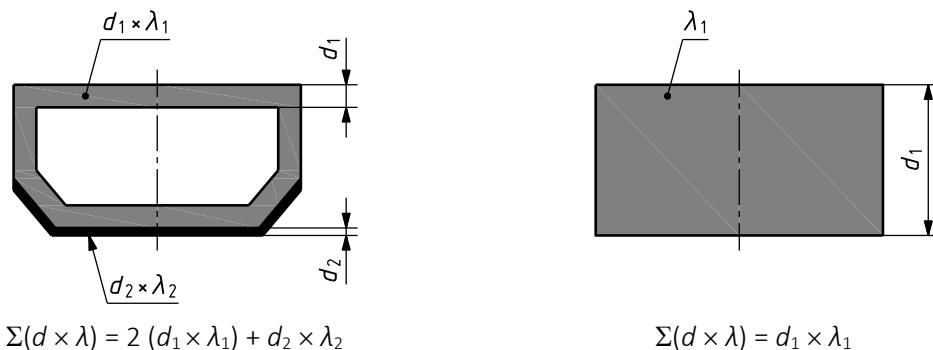
$d$  is de dikte van het lijf van de afstandhouder, in m;

$\lambda$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal van de afstandhouder, in W/(m·K)

De optelling is van toepassing op alle wegen van warmtestroom parallel aan de belangrijkste warmtestroomrichting, waarbij de dikte  $d$  wordt gemeten loodrecht op de belangrijkste warmtestroomrichting, zie figuur L.1.

Warmtegeleidingscoëfficiënten voor materialen van de afstandhouder moeten worden ontleend aan NEN-EN-ISO 10456 of NEN-EN-ISO 10077-2

Indien niet wordt voldaan aan het criterium van formule (L.1) wegens de aard van de constructie van de afstandhouder, bijvoorbeeld wanneer één of meer van de warmtestroomwegen bestaat uit een combinatie van materialen met afzonderlijke warmtegeleidingscoëfficiënten, moet de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt worden berekend volgens NEN-EN-ISO 10077-2.



**Figuur L.1 — Voorbeelden van bepaling van het criterium voor thermisch verbeterde afstandhouders**

Tabel L.2 geeft waarden van  $\Psi_g$  voor thermisch verbeterde afstandhouders die voldoen aan het criterium van formule (L.1).

**Tabel L.2 — Waarden van de lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt voor thermisch verbeterde afstandhouders**

<b>Kozijntype</b>	<b>Lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt voor verschillende beglazingstypen met thermisch verbeterde afstandhouders</b>	
	$\gamma_g$	
Dubbele of drievoudige beglazing, zonder low E-coating, spouwvulling met lucht of gas	Dubbele <sup>a</sup> of drievoudige <sup>b</sup> beglazing met low E-coating spouwvulling met lucht of gas	
Hout of PVC	0,05	0,06
Metaal met thermische onderbreking	0,06	0,08
Metaal zonder thermische onderbreking	0,01	0,04

<sup>a</sup> één ruit gecoat voor dubbele beglazing  
<sup>b</sup> twee ruiten gecoat voor drievoudige beglazing

**Bijlage M**  
**(uit EN 15316-4-1)**  
 (normatief)

**Ruimteverwarmingssystemen, verbrandingssystemen (ketels, biomassa) – berekening met productwaarden**

### M.1 Algemeen

Voor de berekening van opwekkingsenergie, terugwinbare verliezen en hulpenergie zijn inputwaarden nodig voor de rendementen, vermogens en stand-by-verliesfactor ( $\eta_{gen;Pn}$ ,  $\eta_{gen;Pn;60}$ ,  $\eta_{gen;Pn;30}$ ,  $\eta_{gen;Pint}$ ,  $P_{aux;P0}$ ,  $P_{aux;Pn}$ ,  $P_{aux;Pint}$ ,  $f_{gen;ls;P0}$ ). Volgens NEN-EN 15316-4-1:2017 zijn er drie typen invoergegevens mogelijk:

- forfaitaire waarden;
- productwaarden;
- gemeten waarden.

Deze bijlage, gebaseerd op NEN-EN 15316-4-1:2017, bevat de berekeningen voor opwekkingsenergie, terugwinbare verliezen, en hulpenergie op basis van de tweede mogelijkheid: "productwaarden" (zie paragraaf M.11).

**Tabel M.1 — Grootigheden uit deze bijlage**

Beschrijving	Symbool	Eenheid	Berekenings-paragraaf	Geldigheids-interval	Bestemmings-hoofdstuk
Input energie	$E_{gen;in}$	kWh	See 6.3	0...∞	Hoofdstuk 9
Terugwinbaar warmteverlies bij opwekking voor het verwarmingssysteem (in de berekeningsinterval)	$Q_{gen;ls;rbl}$	kWh	See 6.6	0...∞	Hoofdstuk 9
Warmteverlies bij opwekking (in de berekeningsinterval)	$Q_{gen;ls;}$	kWh	See 6.5	0...∞	Hoofdstuk 9
Hulpenergie bij opwekking voor het verwarmingssysteem (in de berekeningsinterval)	$W_{gen;}$	kWh	See 6.4	0...∞	Hoofdstuk 9

### M.2 Vergelijking voor energiegebruik voor opwekking ruimteverwarming

De input energie per energiedrager en per energiefunctie voor warmtebron  $gi$  in maand  $mi$  is:

$$E_{H;gen,gi;cr,j;mi;in} = (Q_{gen;out} - Q_{gen;aux;rbl} + Q_{gen;ls} - Q_{gen;ren}) \quad (\text{M.1})$$

waarin:

$Q_{\text{gen;out}}$  [kWh] is de warmte geleverd door de ketel bepaald volgens formule (M.24);

$Q_{\text{gen;aux;rlb}}$  [kWh] zijn de terugwonnen verliezen die zijn overgedragen aan het verwarmingsmedium volgens formule (M.20);

$Q_{\text{gen;ls}}$  [kWh] is het opwekkingsverlies berekend volgens formule (M.3):

voor ketels is  $Q_{\text{gen;ren}}$  gelijk aan nul.

### M.3 Hulpenergie voor opwekking

De totale hulpenergie voor opwekking is gelijk aan de som van de hulpenergie van de ketelsubsystemen tijdens verwarming. Het wordt berekend met behulp van formule (M.2):

$$W_{H;\text{gen;gi;aux;mi}} = W_{H;\text{gen}} \quad (\text{M.2})$$

waarbij  $W_{H;\text{gen}}$  bepaald wordt in paragraaf M.7.

### M.4 Opwekkingverliezen

#### M.4.1 Opwekkingsverlies

Het opwekkingsverlies wordt berekend met behulp van formule (M.3):

$$Q_{\text{gen;ls}} = Q_{H;\text{gen;ls}} \quad (\text{M.3})$$

Het opwekkingsverlies van de ketel  $Q_{H;\text{gen;ls}}$  voor ruimteverwarming wordt gegeven in formule (M.6).

#### M.4.2 Thermisch opwekkingsverlies voor specifieke deellastverhouding $\beta_{H;\text{gen}}$ en vermogen $P_x$

De werkelijke deellastverhouding  $\beta_{H;\text{gen}}$ , de tussenliggende deellastverhouding  $\beta_{\text{Pint}}$ , en de deellastverhouding bij vollast  $\beta_{\text{Pn}}$  van elke ketel wordt berekend in M.9.

Als  $0 \leq \beta_{H;\text{gen}} \leq \beta_{\text{Pint}}$  dan wordt het thermische opwekkingsverlies  $P_{H;\text{gen;ls};Px}$  berekend met behulp van formule (M.4):

$$P_{H;\text{gen;ls};Px} = \frac{\beta_{H;\text{gen}}}{\beta_{\text{Pint}}} \cdot (P_{H;\text{gen;ls};\text{Pint;corr}} - P_{H;\text{gen;ls};\text{P0;corr}}) + P_{H;\text{gen;ls};\text{P0;corr}} \quad (\text{M.4})$$

Als  $\beta_{\text{Pint}} < \beta_{H;\text{gen}} \leq 1$  dan wordt het thermische opwekkingsverlies  $P_{H;\text{gen;ls};Px}$  berekend met behulp van formule (M.5):

$$P_{H;\text{gen;ls};Px} = \frac{\beta_{H;\text{gen}} - \beta_{\text{Pint}}}{\beta_{\text{Pn}} - \beta_{\text{Pint}}} \cdot (P_{H;\text{gen;ls};\text{Pn;corr}} - P_{H;\text{gen;ls};\text{Pint;corr}}) + P_{H;\text{gen;ls};\text{Pint;corr}} \quad (\text{M.5})$$

Het thermische ketelverlies  $Q_{H;\text{gen;ls}}$  tijdens de beschouwde bedrijfstijd van de ketel voor verwarming wordt berekend met behulp van formule (M.6):

$$Q_{H;gen;ls} = P_{H;gen;ls;Px} \cdot t_{H;op;si;mi} + P_{H;gen;ls;Po;corr} \cdot (t_{mi} - t_{H;op;si;mi}) \quad (M.6)$$

waarbij  $t_{H;op;si;mi}$  gegeven wordt in tabel 9.15;  $t_{mi}$  is de tijdsduur van maand  $mi$ .

waarin:

$P_{H;gen;ls;Pint;corr}$  [kW] is het verlies bij deellast, bepaald in M.4.4;

$P_{H;gen;ls;Po;corr}$  [kW] is het stand-by verlies, bepaald in M.4.5;

$P_{H;gen;ls;Pint;corr}$  [kW] is het verlies bij vollast, bepaald in M.4.3.

### M.4.3 Berekening thermisch opwekkingsverlies bij vollast

Het rendement bij vollast  $\eta_{gen;Pn}$  wordt bepaald bij een referentiewaarde voor de gemiddelde watertemperatuur van de warmtebron  $\vartheta_{gen;test;Pn}$ . Dit rendement moet worden aangepast per individuele installatie voor de werkelijke gemiddelde watertemperatuur van de warmtebron.

Het voor de temperatuur gecorrigeerde rendement bij vollast voor niet-condenserende ketels  $\eta_{gen;Pn;corr}$  wordt berekend met behulp van formule (M.7):

$$\eta_{gen;Pn;corr} = \eta_{gen;Pn} + f_{corr;Pn} \cdot (\vartheta_{gen;test;Pn} - \vartheta_{Hc;mn}) \quad (M.7)$$

waarin:

$\vartheta_{Hc;mn}$  is de gemiddelde uittredetemperatuur van het medium uit het afgiftesysteem in het distributiesysteem, voor warmtetransport, bepaald als  $\vartheta_{H,out;zi;mi}$  in paragraaf 9.4.2;

$\vartheta_{gen;test;Pn}$  is de gemeten gemiddelde watertemperatuur bij vollast in M.11;

$f_{corr;Pn}$  is de correctiefactor te vinden in tabel M.2 wanneer er geen aanvullende beproeving is.

**Tabel M.2 — Forfaitaire waarden voor de vollastfactor  $f_{corr;Pn}$**

Opwekker	Gemiddelde watertemperatuur van de ketel bij vollast onder testomstandigheden $\vartheta_{gen;test;Pn}$	Correctie-factor $f_{corr;Pn}$
Met vaste brandstof (fossiel en biomassa) gestookte ketel		
Standaard ketel	70 °C	0,0 %/°C
olie/gas gestookte ketel		
Standaard ketel	70 °C	0,0 %/°C
Lage temperatuurketel	70 °C	0,04 %/°C
Condenserende met gas gestookte ketel	70 °C	0,20 %/°C
Condenserende met olie gestookte ketel	70 °C	0,04 %/°C

Het opwekkingsrendement bij vollast van condenserende ketels is getest bij een gemiddelde retourtemperatuur naar de ketel van  $\vartheta_{\text{gen;test;Pn;60}} = 60^\circ\text{C}$  en  $\vartheta_{\text{gen;test;Pn;30}} = 30^\circ\text{C}$ .

In dat geval wordt het voor de temperatuur gecorrigeerde rendement bij vollast voor condenserende ketels  $\eta_{\text{gen;Pn;corr}}$  berekend met behulp van formule (M.8):

$$\eta_{\text{gen;Pn;corr}} = \eta_{\text{gen;Pn;60}} - \frac{\eta_{\text{gen;Pn;60}} - \eta_{\text{gen;Pn;30}}}{\vartheta_{\text{gen;test;Pn;60}} - \vartheta_{\text{gen;test;Pn;30}}} \cdot (\vartheta_{\text{gen;test;Pn;60}} - \vartheta_{\text{Hc;RT}}) \quad (\text{M.8})$$

waarin:

$\vartheta_{\text{Hc;RT}}$  is de gemiddelde uittredetemperatuur van het medium uit het afgiftesysteem in het distributiesysteem, bepaald als  $\vartheta_{\text{H,out;zi;mi}}$  in paragraaf 9.4.2.

Om de berekeningen te vereenvoudigen worden de rendementen en warmteverliezen bepaald bij testomstandigheden en worden deze aangepast naar de werkelijke gemiddelde watertemperatuur van de warmtebron.

Het gecorrigeerde thermische opwekkingsverlies bij vollast  $P_{\text{H;gen;ls;Pn;corr}}$  wordt berekend met behulp van formule (M.9):

$$P_{\text{H;gen;ls;Pn;corr}} = \frac{(f_{\text{Hs}/\text{Hi}} - f_{\text{prac}} \cdot \eta_{\text{gen;Pn;corr}})}{f_{\text{prac}} \cdot \eta_{\text{gen;Pn;corr}}} \cdot P_n \quad (\text{M.9})$$

waarin:

$f_{\text{prac}}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor, met de waarde 0.95;

$f_{\text{Hs}/\text{Hi}}$  is de verhouding tussen de bruto en netto calorische waarde van de energiedrager volgens tabel M.3;

$P_n$  [kW] is het opgegeven nominale vermogen van de warmtebron.

**Tabel M.3 — Conversiefactor per energiedrager**

Energiedrager	Verhouding calorische boven-en onderwaarde $f_{\text{Hs}/\text{Hi}}$
Brandstof	Olie
	Aardgas
	LPG
	Steenkool
	Bruinkool
	Hout

<b>Energiedrager</b>		<b>Verhouding calorische boven-en onderwaarde</b> $H_s/H_i$
		<b>Conversiefactor voor aangeleverde energie</b> $f_{Hs/Hi}$
Stadsverwarming op WKK <sup>a</sup>	Fossiele brandstof	1,00
	Hernieuwbare brandstof	1,00
Stadsverwarming op energiecentrale	Fossiele brandstof	1,00
	Hernieuwbare brandstof	1,00
Elektriciteit	Elektriciteit uit gemengde bron	1,00

<sup>a</sup> Deze waarden zijn typerend voor gemiddelde stadsverwarmingssystemen met een WKK-bijdrage van 70 %.

#### M.4.4 Berekening thermisch opwekkingsverlies bij deellast

Het rendement bij deellast  $\eta_{gen;Pint}$  wordt bepaald bij een referentiewaarde voor de gemiddelde watertemperatuur van de warmtebron  $\vartheta_{gen;test;Pint}$ . Het voor de temperatuur gecorrigeerde rendement bij deellast  $\eta_{gen;Pint;corr}$  wordt berekend met behulp van formule (M.10):

$$\eta_{gen;Pint;corr} = \eta_{gen;Pint} + f_{corr;Pint} \cdot (\vartheta_{gen;test;Pint} - \vartheta_{Hc;mn}) \quad (M.10)$$

De correctiefactor  $f_{corr;Pint}$  wordt gegeven in tabel M.4 wanneer er geen aanvullende test is.

**Tabel M.4 — Deellast correctiefactor  $f_{corr;Pint}$**

<b>Opwekker</b>	<b>Gemeten gemiddelde watertemperatuur van de ketel bij deellast onder testomstandigheden</b> $\vartheta_{gen;test;Pint}$	<b>Correctiefactor</b> $f_{corr;Pint}$
Met vaste brandstof (fossiel en biomassa) gestookte ketel		
Standaard ketel	70 °C	0,04 %/°C
Oil/gas boiler		
Standaard ketel	50 °C	0,04 %/°C
Lage temperatuurketel	40 °C	0,04 %/°C
Condenserende met gas gestookte ketel	30 °C <sup>a</sup>	0,20 %/°C
Condenserende met olie gestookte ketel	30 °C <sup>a</sup>	0,10 %/°C

<sup>a</sup> Uittredetemperatuur.

Het gecorrigeerde thermische opwekkingsverlies bij tussenlast  $P_{H;gen;ls;Pint;corr}$  wordt berekend met behulp van formule (M.11):

$$P_{H;gen;ls;Pint;corr} = \frac{(f_{Hs/Hi} - f_{prac} * \eta_{gen;Pint;corr})}{f_{prac} * \eta_{gen;Pint;corr}} \cdot P_{int} \quad (M.11)$$

waarin:

$f_{prac}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor, met de waarde 0.95;

$f_{Hs/Hi}$  is de verhouding tussen de calorische boven- en onderwaarde van de energiedrager volgens tabel M.3;

$P_{int}$  [kW] is het deellastvermogen van de warmtebron volgens M.11.

#### M.4.5 Berekening thermisch opwekkingsverlies voor stand-by situatie

De stand-by verliesfactor  $f_{gen;ls;P0}$ , wordt bepaald bij een referentiewaarde voor de gemiddelde watertemperatuur van de warmtebron  $\vartheta_{gen;test;P0}$ . Het voor de temperatuur gecorrigeerde thermische opwekkingsverlies voor de stand-by situatie  $P_{H;gen;ls;P0;corr}$  wordt berekend met behulp van formule (M.12):

$$P_{H;gen;ls;P0;corr} = \frac{P_n}{f_{prac} \cdot \eta_{gen;Pn}} \cdot f_{gen;ls;P0} \cdot f_{Hs/Hi} \cdot \left( \frac{\vartheta_{Hc;mn} - \vartheta_{brm}}{\vartheta_{gen;test;P0} - 20} \right)^{1,25} \quad (M.12)$$

waarin:

$f_{prac}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor, met de waarde 0.95;

$f_{Hs/Hi}$  is de verhouding tussen de calorische boven- en onderwaarde van de energiedrager volgens tabel M.3;

$P_n$  [kW] is het opgegeven nominale vermogen van de warmtebron;

$\vartheta_{brm}$  [C] is de omgevingstemperatuur, bepaald als  $\vartheta_{H,amb;mi}$  in paragraaf 9.4.2.

#### M.4.6 Correctiefactor op basis van aanvullende testen

De correctiefactor  $f_{corr;Pn}$  kan worden berekend met behulp van formule (M.13) en door gebruik te maken van de rendementsgegevens van aanvullende testen die zijn uitgevoerd bij een lagere gemiddelde watertemperatuur:

$$f_{corr;Pn} = \frac{\eta_{Pn} - \eta_{Pn;add}}{\vartheta_{gen;test;Pn;add} - \vartheta_{gen;test;Pn}} \quad (M.13)$$

De correctiefactor  $f_{corr;Pint}$  kan worden berekend met behulp van formule (M.14) en door gebruik te maken van de rendementsgegevens van aanvullende testen die zijn uitgevoerd bij een hogere gemiddelde watertemperatuur:

$$f_{corr;Pint} = \frac{\eta_{Pint} - \eta_{Pint;add}}{\vartheta_{gen;test;Pint;add} - \vartheta_{gen;test;Pint}} \quad (M.14)$$

waarin:

- $\vartheta_{gen;test;Pn;add}$  is de gemeten gemiddelde watertemperatuur bij vollast van de aanvullende test volgens M.11;
- $\eta_{gen;Pn;add}$  is het gemeten rendement bij vollast van de aanvullende test volgens M.11;
- $\vartheta_{gen;test;Pint;add}$  is de gemeten gemiddelde watertemperatuur bij deellast van de aanvullende test volgens M.11;
- $\eta_{gen;Pint;add}$  is het gemeten rendement bij deellast van de aanvullende test volgens M.11.

## M.5 Terugwinbare thermische verliezen

### M.5.1 Algemeen

Het totale terugwinbare thermische verlies van het opwekkingsysteem  $Q_{gen,gi;ls;rbl;zi;mi}$  wordt berekend met behulp van formule (M.15):

$$Q_{H;gen,gi;ls;rbl;zi;mi} = Q_{H;gen;ls;env;rbl} + Q_{gen;aux;rbl} \quad (\text{M.15})$$

### M.5.2 Terugwinbaar thermisch opwekkingsverlies door mantel

Het terugwinbare thermische verlies door de mantel  $Q_{H;gen;ls;env;rbl}$  wordt berekend met behulp van formule (M.16):

$$Q_{H;gen;ls;env;rbl} = P_{H;gen;ls;P0;corr} \cdot (1 - f_{brm}) \cdot f_{gen;env} \cdot t_{H;op;si;mi} \quad (\text{M.16})$$

waarbij  $t_{H;op;si;mi}$  gegeven wordt in tabel 9.15.

**Tabel M.5 — Aandeel warmteverlies door mantel warmtebron aan totale stand-by-warmteverliezen**

Keteltype	$f_{gen;env}$
Atmosferische ketel	0,50
Ketel met hulpventilator	0,75

**Tabel M.6 — Reductiefactor voor temperatuur en default temperatuur van de installatieruimte**

Opstelplaats warmtebron	Temperatuur-reductiefactor $f_{\text{brm}}$ -	Temperatuur in installatieruimte $\vartheta_{\text{brm}}$ °C
Buiten (voor ketels onafhankelijk van de ruimte)	1	$\vartheta_e$
In installatieruimte	0,3	13
Onder het dak	0,2	5
In een verwarmde ruimte	0,0	20

### M.5.3 Terugwinbare thermische verliezen vanuit hulpenergie

De forfaitaire waarde voor het deel van de hulpenergie dat wordt afgegeven aan het distributiesubsysteem  $f_{\text{aux;rvd}}$  is 0,75.

Het deel van de hulpenergie dat wordt afgegeven aan de verwarmde ruimte  $f_{\text{aux;rbl}}$  wordt berekend met behulp van formule (M.17):

$$f_{\text{aux;rbl}} = 1 - f_{\text{aux;rvd}} \quad (\text{M.17})$$

De terugwonnen hulpenergie afgegeven aan het verwarmingsmedium  $Q_{\text{H;gen;aux;rvd}}$  wordt berekend met behulp van formule (M.18):

$$Q_{\text{H;gen;aux;rvd}} = W_{\text{H;gen}} \cdot f_{\text{aux;rvd}} \quad (\text{M.18})$$

De terugwinbare hulpenergie afgegeven aan de verwarmde ruimte  $Q_{\text{H;gen;aux;rbl}}$  wordt berekend met behulp van formule (M.19):

$$Q_{\text{H;gen;aux;rbl}} = W_{\text{H;gen}} \cdot (1 - f_{\text{brm}}) \cdot f_{\text{aux;rbl}} \quad (\text{M.19})$$

### M.6 Herwinbare hulpenergie

De totale terugwinbare hulpenergie  $Q_{\text{gen;aux;rbl}}$  wordt berekend door:

$$Q_{\text{gen;aux;rbl}} = Q_{\text{H;gen;aux;rvd}} \quad (\text{M.20})$$

### M.7 Hulpenergie

Het gemiddelde vermogen van de hulpenergie voor elke ketel  $P_{\text{H;aux;Px}}$  wordt berekend door lineaire interpolatie aan de hand van de deellastverhouding van de ketel  $\beta_{\text{gen}}$  (berekend volgens M.8).

Als  $0 \leq \beta_{\text{H;gen}} \leq \beta_{\text{Pint}}$  dan wordt  $P_{\text{H;aux;Px}}$  berekend met behulp van formule (M.21):

$$P_{\text{H;aux;Px}} = \frac{\beta_{\text{H;gen}}}{\beta_{\text{Pint}}} \cdot (P_{\text{aux;Pint}} - P_{\text{aux;P0}}) + P_{\text{aux;P0}} \quad (\text{M.21})$$

Als  $\beta_{Pint} < \beta_{H;gen} \leq 1$  dan wordt  $P_{H;aux;Px}$  berekend met behulp van formule (M.22):

$$P_{H;aux;Px} = \frac{\beta_{H;gen} - \beta_{Pint}}{1 - \beta_{Pint}} \cdot (P_{aux;Pn} - P_{aux;Pint}) + P_{aux;Pint} \quad (\text{M.22})$$

De totale hulpenergie voor een ketel wordt berekend met behulp van formule (M.23):

$$W_{H;gen} = P_{H;aux;Px} \cdot t_{H;op;si;mi} + P_{H;aux;P0} \cdot (t_{mi} - t_{H;op;si;mi}) \quad (\text{M.23})$$

waarin:

$t_{H;op;si;mi}$  gegeven wordt in tabel 9.15.

## M.8 Thermische energielevering warmtebron

De thermische energielevering van de ketel is gelijk aan:

$$Q_{gen;out} = f_{ctr;ls} \cdot Q_{H;gen;j;out} \quad (\text{M.24})$$

waarbij  $Q_{H;gen;j;out}$  wordt bepaald in paragraaf 9.2.2.1. Voor  $f_{ctr;ls}$  zie tabel M.7.

**Tabel M.7 — Forfaitaire waarden voor regelingsfactor  $f_{ctr;ls}$**

Keteltype	Type regeling	$f_{ctr;ls}$
Staande ketel	Regeling op basis van buitentemperatuur	1,00
Hangende ketel	Regeling op basis van buitentemperatuur	1,03
	Regeling op basis van temperatuur in de ruimte	1,06

## M.9 Deellastverhouding

De werkelijke deellastverhouding wordt gegeven door:

$$\beta_{H;gen} = \frac{Q_{H;gen;out}}{P_n \cdot t_{H;op;si;mi}} \quad (\text{M.25})$$

waarin  $t_{H;op;si;mi}$  wordt gegeven in tabel 9.15.

De tussenliggende deellastverhouding wordt gegeven door:

$$\beta_{Pint} = \frac{P_{int}}{P_n} \quad (\text{M.26})$$

De deellastverhouding bij vollast is:

$$\beta_{Pn} = 1 \quad (\text{M.27})$$

## M.10 Nominaal vermogen ketel

Het nominale vermogen  $P_n$  voor het verwarmingssysteem wordt afgelezen van het typeplaatje, of indien dit niet mogelijk is opgegeven door de fabrikant of gegeven door formule M.28:

$$P_n = \Phi_{h,\max} \quad (\text{M.28})$$

waarin  $\Phi_{h,\max}$  het nominale vermogen is van de warmtebron volgens EN 12831-1.

Als er geen andere informatie beschikbaar is, dan geldt:

$$P_{\text{int}} = 0,3 \cdot P_n \quad (\text{M.29})$$

## M.11 Productwaarden

Productwaarden voor rendementen en vermogens en stand-by-verliesfactor ( $\eta_{\text{gen};P_n}, \eta_{\text{gen};P_n;60}, \eta_{\text{gen};P_n;30}, \eta_{\text{gen};P_{\text{int}}}, P_{\text{aux};P_0}, P_{\text{aux};P_n}, P_{\text{aux};P_{\text{int}}}, f_{\text{gen};ls;P_0}$ ) aangeleverd door de fabrikant moeten worden getest volgens de geëigende EN-norm (zie bibliografie).

## Bijlage N

(normatief)

### Warmteopwekkers voor ruimteverwarming, luchtverwarming en plafond-stralingssystemen voor verwarming, inclusief kachels (lokaal)

#### N.1 Symbolen en indexen

##### N.1.1 Algemeen

De prestatiewaarden die worden gebruikt als invoer voor deze rekenmethode moeten worden vermenigvuldigd met  $f_{\text{prac}}$ ,  $f_{\text{prac}}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor met de waarde 0,95.

##### N.1.2 Symbolen

Voor de doeleinden van deze bijlage zijn de symbolen gegeven in NEN-EN-ISO- 52000-1:2017, Hoofdstuk 4 en de specifieke symbolen in tabel N.1 van toepassing.

**Tabel N.1 — Symbolen en eenheden**

Symbool	Grootheid	Eenheid
$\alpha$	Warmteverliesfactor	%
$\beta$	Belastingfactor, vermogensfactor	-
$c$	Correlatieparameter	verschillende
$k$	Factor, deel van herwinbare hulpenergie, deel van mantelverliezen	-
$n$	Exponent	
$\nabla\theta$	Temperatuurgradiënt	K/m
$m'$	Massastroom	Kg/s
$H$	Hoogte	m

### N.1.3 Indexen

Voor de doeleinden van deze bijlage zijn de indexen gegeven in NEN-EN-ISO 52000-1:2017, Hoofdstuk 4 en de specifieke indexen in tabel N.2 van toepassing.

**Tabel N.2 — Indexen**

air	lucht	gen	opwekker	rad	straler
blw	ventilator	h	hoogte	s	bruto (calorische waarde)
br	brander	i	netto (calorische waarde)	test	testomstandigheden
ch	schoorsteen	lrh	lokale of stralingsverwarmer	w	waterverwarmingssysteem
cmb	verbranding	mass	massa, specifiek gewicht	vent	ventilatie
cond	condensatie	mod	modulatie		
corr	gecorrigeerd	plt	waakvlam		
env	omhulsel	Pn	bij nominale belasting		
exh	het gebouw verlaten	Pmax	bij maximaal vermogen		
fuel	brandstof	Pmin	bij minimaal vermogen		

## N.2 Beschrijving van de methoden

### N.2.1 Output van de methode

De volgende output gegevens worden door deze norm bepaald per berekeningsinterval:

- maximaal geleverde warmte tijdens het berekeningsinterval,  $Q_{H;gen;out;max}$ ;
- werkelijke geleverde warmte tijdens het berekeningsinterval  $Q_{H;gen;out}$ ;
- brandstof input naar verwarmers of kachel,  $E_{H;gen;in}$ ;
- terugwinbaar warmteverlies van opwekking,  $Q_{H;gen;ls;rb}$ ;
- gebruik hulpenergie,  $W_{H;gen;aux}$ ;

Voor kachels en lokale ruimteverwarmers met een verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem worden de volgende aanvullende gegevens bepaald:

- werkelijke geleverde warmte naar een verbonden watergedragen verwarmingssysteem  $Q_{H;gen;out;w}$ .

Het berekeningsinterval van de output data kan zijn:

- jaarlijks;
- maandelijks;
- uurlijks;
- bin.

en is hetzelfde als het berekeningsinterval van de input data.

## N.2.2 Alternatieve methoden

De volgende berekeningsprocedures worden gegeven in deze NTA:

- aan/uit verwarmers: zie N.3;
- hoog-laag of modulerende verwarmers: zie N.4;
- kachels en lokale ruimteverwarmers met of zonder verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem: zie aanvullende specificaties in N.5.

Welke procedure moet worden toegepast hangt af van:

- het type van vermogensregeling, met de aanduiding LRH\_CTRL\_POW;
- de beschikbaarheid van warmte voor een verbinding naar een watergedragen systeem, met de aanduiding LRH\_WCONN.

Afhankelijk van het type verwarming kunnen verschillende gegevens beschikbaar zijn.

De forfaitaire selectiecriteria zijn gegeven in tabel N.31en N.32.

## N.2.3 Verbinding met gebouwbehoefte en zonering

De ruimte verwarmd door de verwarming of kachel moet als volgt worden bepaald:

- als de verwarming of kachel de enige opwekker is in een ruimte, de warmtebehoefte van de volledige ruimte;
- als er meerdere verwarmers zijn in een ruimte, bepaal voor elke verwarming de fractie van de belasting proportioneel naar het nominale vermogen van elke verwarming (distributie regel);
- een verwarming of kachel kan geen warmte leveren aan een andere ruimte tenzij er een specifiek systeem is voor het verplaatsen van warmte naar aanliggende ruimten. Dit kan alleen worden meegenomen als de verbinding genoeg capaciteit heeft voor de extra ruimte.

**VOORBEELD** Openhaard met specifieke luchtkanalen en ventilator.

## N.2.4 Toepassingsgegevens

Forfaitaire waarden voor de toepassing van deze bijlage N worden gegeven in N.6.

## N.2.5 Gebruik van netto en bruto calorische waarden

De berekeningsmethode beschreven in dit hoofdstuk is ontworpen voor gegevens gebaseerd op netto calorische waarden.

Invoergegevens afhankelijk van de keus in calorische waarden zijn:

- rendementen, symbool  $\eta$ ;
- verliesfactoren, symbool  $\alpha$ .

Als dit soort gegevens gebaseerd op bruto calorische waarden beschikbaar zijn, moet dit worden omgezet naar netto calorische waarden door gebruik te maken van de volgende formules:

$$\eta_{\text{net}} = \eta_{\text{gross}} \frac{H_{s;\text{fuel}}}{H_{i;\text{fuel}}} \quad (\text{N.1})$$

waarin:

- $\eta_{\text{gross}}$  is het brutorendement;
- $H_{s;\text{fuel}}$  is de bruto calorische waarde van de brandstof;
- $H_{i;\text{fuel}}$  is de netto calorische waarde van de brandstof. Forfataire netto calorische waarden van brandstof zijn gegeven in N.6.

$$\alpha_{\text{net}} = \alpha_{\text{gross}} \frac{H_{s;\text{fuel}}}{H_{i;\text{fuel}}} \quad (\text{N.2})$$

waarin:

- $\alpha_{\text{gross}}$  is de brutoverliesfactor;
- $H_{s;\text{fuel}}$  is de bruto calorische waarde van de brandstof;
- $H_{i;\text{fuel}}$  is de netto calorische waarde van de brandstof. Forfataire netto calorische waarden van brandstof zijn gegeven in N.6.

Output gegevens afhankelijk van de keus in calorische waarden is de opwekking input  $E_{H;\text{gen};in}$ . Als deze waarde nodig is gebaseerd op bruto calorische waarden  $E_{H;\text{gen};in;gross}$ , moet deze worden omgezet met behulp van de volgende formule:

$$E_{H;\text{gen};in;gross} = E_{H;\text{gen};in} \frac{H_{s;\text{fuel}}}{H_{i;\text{fuel}}} \quad (\text{N.3})$$

waarin:

- $E_{H;\text{gen};in}$  is de opwekking input (is de brandstof nodig voor de verwarming in het berekeningsinterval)
- $H_{s;\text{fuel}}$  is de bruto calorische waarde van de brandstof;
- $H_{i;\text{fuel}}$  is de netto calorische waarde van de brandstof. Forfataire netto calorische waarden van brandstof zijn gegeven in N.6.

## N.3 Aan/uit verwarmers

### N.3.1 Output gegevens

De output gegevens van deze methode worden gebruikt in hoofdstuk 9. Nadere informatie is gegeven in tabel N.3.

**Tabel N.3 — Output gegevens van deze methode**

Omschrijving	Symbool	Eenheid	Geldigheid sinterval	Bestemming module
Opwekking input	$E_{H;gen;in}$	kWh	0 tot $\infty$	M3-1/2 M1-9/1
Terugwinbaar warmteverlies	$Q_{H;gen;ls;rbl}$	kWh	0 tot $\infty$	M2-2/1
Totale hulpenergie	$W_{H;gen;aux}$	kWh	0 tot $\infty$	M3-1/2
Maximum warmte output tijdens berekeningsinterval	$Q_{H;gen;out;max}$	kWh	0 tot $\infty$	M3-1/2
Werkelijke warmte output tijdens berekeningsinterval	$Q_{H;gen;out;}$	kWh	0 tot $\infty$	M3-1/2
Type brandstof	BLR_FUEL CGN_FUEL	Lijst	Lijst	M1-9/1

OPMERKING Zie tabel N.11 voor de betekenis van de modulenummers.

Opwekking input  $E_{H;gen;in}$  is de brandstof nodig voor de verwarming in het berekeningsinterval.

Herwinbare warmte  $Q_{H;gen;ls;rbl}$  is de herwinbare warmte voor verwarming in het berekeningsinterval.

Totale hulpenergie  $W_{H;gen;aux}$  is het hulpenergiegebruik tijdens het berekeningsinterval.

Maximum geleverde energie  $Q_{H;gen;out;max}$  is de maximum hoeveelheid warmte die kan worden vrijgelaten naar de installatieruimte of naar andere ruimten verbonden via een specifieke warmteoverdrachtinstallatie tijdens het berekeningsinterval.

Werkelijke geleverde energie  $Q_{H;gen;out;}$  is de warmte vrijgelaten door de installatieruimte in het berekeningsinterval.

Type brandstof is de brandstof die wordt gebruikt door de verwarming.

### N.3.2 Berekeningsintervallen

De berekeningsmethoden beschreven in deze bijlage N zijn geschikt voor de volgende berekeningsintervallen:

- jaarlijks (seizoensgebonden);
- maandelijks;
- uurlijks;
- bin.

Voor deze methode is het berekeningsinterval van de output hetzelfde als het berekeningsinterval van de input.

Deze methode houdt geen rekening met dynamische effecten.

Deze methode kan worden gebruikt binnen een dynamisch berekeningsschema.

Als alle input data beschikbaar zijn voor een berekeningsinterval korter dan het gewenste output berekeningsinterval:

- de berekening wordt uitgevoerd volgens het berekeningsinterval van de invoergegevens;
- de output waarden worden samengenomen:
  - a) de som voor de extensieve eigenschappen zoals benodigde geleverde energie;
  - b) de tijdgemiddelde waarde voor intensieve eigenschappen zoals temperatuur.

Als slechts een deel van de gegevens beschikbaar zijn voor een berekeningsinterval korter dan het gewenste output berekeningsinterval:

- de input waarden worden samengenomen:
  - a) de som voor de extensieve eigenschappen zoals benodigde geleverde energie;
  - b) de tijdgemiddelde waarde voor intensieve eigenschappen zoals temperatuur.
- de berekening wordt uitgevoerd volgens het berekeningsinterval van de output gegevens.

### N.3.3 Invoergegevens

#### N.3.3.1 Productgegevens

##### N.3.3.1.1 Productspecificaties (kwalitatief)

De productspecificaties van verwarmingstoestellen worden verstrekt met de volgende aanduidingen:

- LRH\_TYPE: type verwarmers;
- LRH\_USE: gebruik verwarmers;
- LRH\_FUEL: type brandstof (natuurlijk gas, LPG, olie, etc.);
- LRH\_CTRL\_POW: type van vermogensregeling;
- LRH\_COND: condenserende of niet-condenserende verwarming;
- LRH\_PILOT: waakvlam;
- LRH\_VENT: benodigde ventilatie;
- LRH\_WCONN: verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem,

en worden aangeduid door de codes beschreven in tabel N.12 tot N.19 in N.6.3.1.

OPMERKING Luchtverwarmers worden alleen gebruikt voor verwarming. Parameter LRH\_USE is gegeven voor de consistentie met andere type opwekkers.

### N.3.3.1.2 Technische productgegevens

#### N.3.3.1.2.1 Algemeen

Specifieke warmteverliezen van de opwekker worden gegeven bij referentie testomstandigheden.

Testwaarden moeten worden aangepast volgende de werkelijke bedrijfsomstandigheden. Dit geldt zowel voor de testwaarden uit de norm als voor de testmetingen vanuit de sector.

Voor het ontwerp en de berekening van nieuwe systemen worden de waarden of specifieke verliezen aangegeven door de fabrikant. Dit gebeurt volgens de gecertificeerde metingen. Forfataire waarden worden gegeven in N.6.

Voor bestaande installaties moeten de metingen vanuit de sector voor verschillende verliezen worden bepaald in overeenstemming met de internationale normen: de NEN-EN 416 serie, de NEN-EN 419 serie, NEN-EN 1020 en in overeenstemming met relevante nationale bepalingen. Forfataire waarden voor andere toepassingen worden gegeven in N.6.

Benodigde technische productgegevens voor deze berekeningsprocedure worden gegeven in tabel N.4.

**Tabel N.4 — Technische productgegevens voor deze methode**

Karakteristieken	Symbol	Catalogus eenheid	Berekende eenheid	Geldigheids-interval	Ref.	Wisselend
Warmte input bij vollast	$\Phi_{lrh;cmb;Pn}$	kW	kW	0 tot $\infty$	N.3.3.1.2.2	NEE
Brandstofstroom bij vol vermogen	$m'_{lrh;fuel;Pn}$	QT/h <sup>a</sup>	QT/h	0 tot $\infty$	N.3.3.1.2.2	NEE
Warmteverlies aan het rookkanaal met brander aan bij volledige belasting	$\alpha_{lrh;ch;ON}$	%	%	0 tot 20	N.3.3.1.2.3	NEE
Correctiefactor voor warmteverlies naar het rookkanaal met brander aan	$f_{lrh;corr;ch;ON}$	-	-	0 tot 1	N.3.3.1.2.4	NEE
Testtemperatuur voor warmteverlies naar het rookkanaal met brander aan	$\vartheta_{lrh;air;test;ON}$	°C	°C	0 tot 40	N.3.3.1.2.5	NEE
Belastingsfactor exponent	$n_{lrh;ch;ON}$	-	-	0 tot 1	N.3.3.1.2.6	NEE
Hulpvermogen van apparatuur gerelateerd aan de brander bij volledige belasting	$\Phi_{lrh;aux;br;Pn}$	W or kW	kW	0 tot $\infty$	N.3.3.1.2.7	NEE
Hulpvermogen van apparatuur na de brander bij volledige belasting	$\Phi_{lrh;aux;blw;Pn}$	W or kW	kW	0 tot $\infty$	N.3.3.1.2.8	NEE
Hulpvermogen bij stand-by	$\Phi_{lrh;aux;sby}$	W or kW	kW	0 tot $\infty$	N.3.3.1.2.9	NEE
Verliezen door de omhulsel van de opwekker	$\alpha_{lrh;env}$	%	%	0 tot 40	N.3.3.1.2.10	NEE
Waakvlamverliezen	$\alpha_{lrh;pilot}$	%	%	0 tot 10	N.3.3.1.2.11	NEE
<b>Data voor verwarmers met condensor</b>						
Verbrandingsrendement van verwarmers met een condensor bij volledige belasting	$\eta_{lrh;cmb;Pn}$	%	%	90 tot 110	N.3.3.1.2.12	NEE

<sup>a</sup> QT kan elke passende massa eenheid van brandstof zijn, zoals like Sm<sup>3</sup>, kg, etc. dit moet consistent zijn met de massa eenheid voor calorische waarden.

### N.3.3.1.2.2 Warmte input bij volledige belasting $\Phi_{lrh;cmb;Pn}$

De warmte input van de verwarmers bij volledige belasting  $\Phi_{lrh;cmb;Pn}$  moet gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

Als de fabrikant de output van het thermisch vermogen  $\Phi_{lrh;out;Pn}$  en het rendement  $\eta_{lrh;Pn}$  bij volledige belasting heeft aangegeven, wordt de warmte input bij volledige belasting als volgt bepaald:

$$\Phi_{lrh;cmb;Pn} = \frac{\Phi_{lrh;out;Pn}}{\eta_{lrh;Pn}} \quad (N.4)$$

waarin:

$\Phi_{lrh;out;Pn}$  is de output van het thermisch vermogen bij volledige belasting;

$\eta_{lrh;Pn}$  is het rendement bij volledige belasting.

Als er geen productspecificaties beschikbaar zijn zal de warmte input bij volledige belasting als volgt worden bepaald:

$$\Phi_{lrh;cmb;Pn} = \dot{m}_{lrh,fuel;Pn} \cdot H_{i,fuel} \quad (N.5)$$

waarin:

$m_{lrh,fuel;Pn}$  is de gemeten massastroom van de brandstof bij maximum vermogen;

$H_{i,fuel}$  is de netto calorische waarde van de brandstof. Forfaitaire netto calorische waarden van brandstof worden gegeven in N.6.

OPMERKING 1 Deze methode is gebaseerd op de warmte input (bijvoorbeeld warmte input die gegeven wordt door het product van de massastroom en de calorische waarde van de brandstof).

OPMERKING 2 Voor kachels en lokale verwarmers zie N.5.2.2.1.

### N.3.3.1.2.3 Warmteverlies aan het rookkanaal met brander aan $\alpha_{lrh;ch;on}$

Het warmteverlies aan het rookkanaal, met de brander aan, als de toepassing in werking is bij volledige belasting  $\alpha_{lrh;ch;on}$ , wordt gegeven als het percentage van de warmte input bij volledige belasting  $\Phi_{lrh;cmb;Pn}$ .

De waarde van  $\alpha_{lrh;ch;on}$  is, volgens de gespecificeerde randvoorwaarden, afkomstig van een van de volgende mogelijkheden:

- de waarde aangegeven door de fabrikant;
- voor verwarmers met een rookkanaal uitlaat, een meting volgens NEN-EN 15378-3;
- een aantekening in het installatie onderhoud logboek;
- een forfaitaire waarde gegeven in tabel N.19.

Een forfaitaire specificatie van de toegestane gegevensbron is gegeven in tabel N.20.

Als de verbrandingsrendement bij volledige belasting  $\eta_{lrh;cmb;Pn}$  bekend is, dan wordt  $\alpha_{lrh;ch;on}$  gegeven door:

$$\alpha_{lrh;ch;on} = 100 - \eta_{lrh;cmb;Pn} \quad (N.6)$$

waarin:

$\eta_{lrh;cmb;Pn}$  is het verbrandingsrendement bij volledige belasting

$\alpha_{lrh;ch;on}$  moet niet de warmteterugwinning van condensatie bevatten. Alleen nuttige warmte moet worden meegenomen.

#### N.3.3.1.2.4 Correctiefactor $f_{lrh;corr;ch;on}$ voor warmteverlies aan het rookkanaal met brander aan

Forfataire correctiefactoren  $f_{lrh;corr;ch;on}$  voor warmteverlies aan het rookkanaal met brander aan worden gegeven aan de hand van het type verwarmers in tabel N.20.

#### N.3.3.1.2.5 Testtemperatuur $\theta_{lrh;air;test;on}$ voor warmteverlies aan het rookkanaal met brander aan

De testtemperatuur  $\theta_{lrh;air;test;on}$  voor warmteverlies aan het rookkanaal met brander aan moet gelijk zijn aan:

- de waarde aangegeven door de fabrikant in het geval dat de waarde van  $\alpha_{lrh;ch;on}$  zoals aangegeven door de fabrikant wordt gebruikt;
- de waarde gemeten samen met de verbrandingsrendement in het geval dat de gemeten of een aangetekende waarde van  $\alpha_{lrh;ch;on}$  wordt gebruikt;
- de waarde gedefinieerd samen met de forfataire waarde van  $\alpha_{lrh;ch;on}$ , in het geval dat deze wordt gebruikt. Tabel N.20 bevat de bijbehorende forfataire waarden voor  $\theta_{lrh;air;test;on}$ .

#### N.3.3.1.2.6 Belastingsfactor exponent $n_{lrh;ch;on}$

Forfataire waarden voor de exponent  $n_{lrh;ch;on}$  voor de correctie van warmteverlies aan het rookkanaal met de brander aan worden gegeven aan de hand van het type verwarmers in tabel N.22.

#### N.3.3.1.2.7 Hulpvermogen van apparatuur gerelateerd aan de brander $\Phi_{lrh;aux;br;Pn}$ bij volledige belasting

Het elektrische vermogen voor de hulpapparatuur gerelateerd aan de verbrander  $\Phi_{lrh;aux;br;Pn}$  bij volledige belasting moet gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

$$\Phi_{lrh;aux;br;Pn} = \frac{k_{lrh;aux;br} \cdot \Phi_{lrh;cmb;Pn}}{100} \quad (\text{N.7})$$

waarin:

$k_{lrh;aux;br}$  is een forfatair percentage. Forfataire waarden van  $k_{lrh;aux;br}$  worden aan de hand van het type verwarmers gegeven in tabel N.22.

$\Phi_{lrh;cmb;Pn}$  is de warmte input bij volledige belasting

#### N.3.3.1.2.8 Hulpvermogen van apparatuur na de brander $\Phi_{lrh;aux;blw;Pn}$ bij volledige belasting

Het elektrische vermogen voor de hulpapparatuur na de brander  $\Phi_{lrh;aux;blw;Pn}$  bij volledige belasting moet gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

Als er geen productspecificaties beschikbaar zijn, moet  $\Phi_{lrh;aux;blw;Pn}$  worden bepaald volgens de warmte input bij volledige belasting  $\Phi_{lrh;comb;Pn}$  met de volgende formule:

$$\Phi_{\text{lrh;aux;blw;Pn}} = \frac{k_{\text{lrh;aux;blw}} \cdot \Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}}{100} \quad (\text{N.8})$$

waarin:

$k_{\text{lrh;aux;blw}}$  is een forfaitair percentage. Forfataire waarden van  $k_{\text{lrh;aux;blw}}$  worden aan de hand van het type verwarmers gegeven in tabel N.22.;

$\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}$  is de warmte input bij volledige belasting

### N.3.3.1.2.9 Hulpvermogen bij stand-by $\Phi_{\text{lrh;aux;sby}}$

Het hulpvermogen bij stand-by  $\Phi_{\text{lrh;aux;sby}}$  moet gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

Als er geen productspecificaties beschikbaar zijn, moet  $\Phi_{\text{lrh;aux;sby}}$  worden bepaald volgens de warmte input bij volledige belasting  $\Phi_{\text{lrh;comb;Pn}}$  met de volgende vergelijking:

$$\Phi_{\text{lrh;aux;sby}} = \frac{k_{\text{lrh;aux;sby}} \cdot \Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}}{100} \quad (\text{N.9})$$

waarin:

$k_{\text{lrh;aux;sby}}$  is een forfaitair percentage. Forfataire waarden van  $k_{\text{lrh;aux;blw}}$  worden aan de hand van het type verwarmers gegeven in tabel N.22.;

$\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}$  is de warmte input bij volledige belasting

### N.3.3.1.2.10 Verliezen door mantel van opwekker $\alpha_{\text{lrh;env}}$

$\alpha_{\text{lrh;env}}$  is het warmteverlies van het omhulsel van de toepassing als de toepassing in werking is. Dit warmteverlies wordt uitgedrukt als een percentage van de warmte input  $\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}$ .

Verliezen door het omhulsel van de opwekker  $\alpha_{\text{lrh;env}}$  moeten gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant. Als er geen productspecificaties beschikbaar zijn, moeten de forfataire verliezen door het omhulsel van de brander  $\alpha_{\text{gen;env}}$  worden bepaald door:

$$\alpha_{\text{lrh;env}} = c_{\text{lrh};1} - c_{\text{lrh};2} \cdot \log\left(\frac{\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}}{1000 \text{W}}\right) \quad (\text{N.10})$$

waarin:

$c_{\text{lrh};1}, c_{\text{lrh};2}$  zijn twee correlatie parameters;

$\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}$  is de nominale warmte input van de ketel.

Forfataire waarden voor correlatie parameters  $c_{\text{lrh};1}$  en  $c_{\text{lrh};2}$  worden gegeven in tabel N.22.

OPMERKING Er wordt aangenomen dat de warmtecapaciteit van de verwarmers laag is en de mantelverliezen tijdens  $t_{\text{OFF}}$  verwaarloosbaar zijn.

### N.3.3.1.2.11 Waakvlamverliezen $\alpha_{\text{lrh;plt}}$

Voor verwarmers met permanente waakvlam ontsteking (LRH\_PILOT = LRH\_PILOT\_YES), worden de waakvlamverliezen als de brander uit is  $\alpha_{\text{lrh;plt}}$  gegeven als percentage van de warmte input bij volledige belasting  $\Phi_{\text{lrh;comb;Pn}}$ .

$\alpha_{\text{lrh;plt}}$  moet gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

Als er geen productspecificaties of gemeten waarden beschikbaar zijn, worden de forfaitaire waarden gegeven in tabel N.24.

Voor verwarmers zonder permanente waakvlam ( $LRH\_PILOT = LRH\_PILOT\_NO$ )  $\alpha_{lrh,plt} = 0$ .

### N.3.3.1.2.12 Verbrandingsrendement van verwarmers met condensor $\eta_{lrh,cmb;Pn}$ bij volledige belasting

$\eta_{lrh,cmb;Pn}$  is het verbrandingsrendement van een verwarming met condensor bepaald door de netto calorische waarde van de brandstof.

Het verbrandingsrendement van een verbranding in een verwarming met condensor  $\eta_{lrh,cmb;Pn}$  moet gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

Als er geen productspecificaties beschikbaar zijn, dan kan  $\eta_{lrh,cmb;Pn}$  worden gemeten volgens NEN-EN 15378-3.

Als er geen productspecificaties en geen gemeten waarden beschikbaar zijn, dan kunnen forfaitaire waarden gebruikt worden zoals gegeven in N.6 en tabel N.25.

## N.3.4 Systeem-ontwerpgegevens

### N.3.4.1 Procesontwerpgegevens

#### N.3.4.1.1 Algemeen

Systeem-ontwerpgegevens zijn relevante gegevens voor de berekening die niet afhankelijk zijn van de eigenschappen van de verwarming, maar van de eigenschappen van de omgeving.

**Tabel N.5 — Systeem-ontwerpgegevens**

Karakteristieken	Symbool	Eenheid	Geldigheidsinterval	Ref.	Wisselend
Terugwinbare hulpenergiefactor	$k_{lrh;aux;rh}$	-	0 tot 1	Lokaal	NEE
Correctiefactor voor mantelverliezen	$k_{lrh;env}$	.	0 tot 1	Lokaal	NEE
Hoogte van de installatieruimte	$H_{lrh}$	m	0 tot 100	Lokaal	NEE
Verticale luchttemperatuurgradiënt	$d\theta_{int;H}$	°C/m	0 tot 10	Lokaal	NEE
Verschil tussen lucht- en stralingstemperatuur	$\Delta\theta_{lrh;rad}$	°C	-10 tot +10	Lokaal	NEE
Specifieke ventilatiestroomsnelheid	$V'_{lrh,vent}$	$m^3/kWh$	5 tot 20	NEN-EN 13410	NEE
Opname verbrandingslucht	$LRH\_COMB\_AI_R$	n.a.	Lijst	Lokaal	NEE

OPMERKING “lokaal” betekent dat de gegevens niet afkomstig zijn vanuit een ander hoofdstuk.

#### N.3.4.1.2 Terugwinbare hulpenergiefactor $k_{lrh,aux;rh}$

De forfaitaire waarde van de fractie herwonnen hulpenergie  $k_{lrh,aux;rh}$  wordt gegeven aan de hand van de verwarmingsinstallatieruimte in tabel N.28.

#### N.3.4.1.3 Correctiefactor voor mantelverliezen

Het terugwinnen van mantelverliezen wordt gezien als een vermindering van de verliezen en wordt uitgedrukt door de vermenigvuldigingsfactor  $k_{lrh;env}$  toe te passen op het omhulsel. De waarde van de correctiefactor voor mantelverliezen  $k_{lrh;env}$  moet liggen in het interval van 0 (alle

mantelverliezen worden als terugwinbaar gezien, bijvoorbeeld als de verwarmers zich bevindt in een verwarmde ruimte) tot 1 (alle mantelverliezen worden gezien als niet terugwinbaar, bijvoorbeeld als de verwarmers zich bevindt buiten de verwarmde ruimte).

Forfataire waarden van de correctiefactor voor mantelverliezen  $k_{lrh;env}$  zijn gegeven aan de hand van de verwarmingsinstallatieruimte in tabel N.29.

#### N.3.4.1.4 Data ventilatieverliezen

De volgende gegevens zijn nodig voor de berekening van ventilatieverliezen ten gevolge van het uitstoten van rookgassen in de verwarmde ruimte door de verwarmers:

- $H_{lrh}$  is de hoogte van de installatieruimte van de verwarmers;
- $d\theta_{int;H}$  is de verticale gradiënt van de interne temperatuur in °C/m;
- $\Delta\theta_{lrh;rad}$  is het verschil tussen de lucht- en stralingstemperatuur.

Forfataire waarden voor  $d\theta_H$  en  $\Delta\theta_{lrh;rad}$  worden gegeven in tabel N.30.

#### N.3.4.1.5 Data procesregeling

Er zijn geen relevante gegevens over de procesregeling beschikbaar.

#### N.3.4.2 Bedrijfsomstandigheden

Benodigde gegevens voor deze berekeningsprocedure over de bedrijfsomstandigheden worden gegeven in tabel N.6.

**Tabel N.6 — Data bedrijfsomstandigheden**

Omschrijving	Symbol	Eenheid	Bereik	Hoofdstuk	Wisselend
Benodigde warmte output	$Q_{H;gen;out;req}$	kWh	0 tot $\infty$	9	JA
Lengte berekeningsinterval	$t_{ci}$	h	0 tot 8760	9	JA
Totale benodigde bedrijfstijd van verwarmers	$t_{lrh;gen}$	h	0 tot 8760	9	JA
Gemiddelde buitentemperatuur tijdens de berekeningsinterval	$\vartheta_{ext}$	°C	-50 tot +50	17	JA
Temperatuur van de ruimte waar de verwarmers zich bevinden	$\vartheta_{int}$	°C	-50 tot +50	9	JA

#### N.3.4.3 Constanten en fysieke waarden

**Tabel N.7 — Constanten en fysieke gegevens**

Naam	Symbol	Eenheid	Hoofdstuk	Waarde
Specifieke warmte lucht/ rook	$c_{p;air}$	Wh/(m³·K)	Lokaal	0,34
Netto calorische waarde van brandstof	$Hi$	kWh/massa eenheid	5 en N.6	Hangt af van brandstof
Bruto calorische waarde van brandstof	$H_s$	kWh/massa eenheid	5 en N.6	Hangt af van brandstof

## N.3.5 Berekeningsprocedure

### N.3.5.1 Toepasbaar berekeningsinterval

Deze procedure kan worden gebruikt met de volgende tijdstappen:

- jaarlijks;
- maandelijks;
- uurlijks;
- bin.

Er worden geen expliciete dynamische effecten meegenomen, omdat er geen significante tijdconstanten zijn.

Deze procedure is geschikt voor dynamische simulaties.

### N.3.5.2 Tijd met brander AAN en UIT

De tijd met de brander aan  $t_{lrh,ON}$  (brandstofklep open, voor- en na-ventilatie worden niet meegenomen) wordt gegeven door:

$$t_{lrh;ON} = \beta_{lrh;cmb} \cdot t_{lrh;gen} \quad (\text{N.11})$$

waarin:

$\beta_{lrh;cmb}$  is de belastingsfactor bepaald volgens N.3.5.5.3;

$t_{lrh;gen}$  is de totale bedrijfstijd van de opwekker (beschikbaar om warmte te leveren zoals aangegeven door de regeling);

de tijd met de brander UIT  $t_{lrh;OFF}$  wordt gegeven door:

$$t_{lrh;OFF} = t_{lrh;gen} - t_{lrh;ON} \quad (\text{N.12})$$

### N.3.5.3 Berekening verliesfactoren

#### N.3.5.3.1 Verliezen brander AAN $\alpha_{lrh,ON}$

De totale verliezen als de brander AAN staat  $\alpha_{ON}$  worden gegeven door:

$$\alpha_{lrh;ON} = \alpha_{lrh;ch;on;corr} + \alpha_{lrh;vent;on} + \alpha_{lrh;env;corr} - \alpha_{lrh;cond} \quad (\text{N.13})$$

waarin:

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| $\alpha_{lrh;ch;on;corr}$ | is de werkelijke specifieke warmteverliezen door de schoorsteen met de brander aan, bepaald volgens N.3.5.3.3; |
| $\alpha_{lrh;vent;on}$    | is de ventilatieverliezen met de brander AAN, bepaald volgens N.3.5.3.4;                                       |
| $\alpha_{lrh;env;corr}$   | is de gecorrigeerde mantelverliezen, bepaald volgens N.3.5.3.5;  |
| $\alpha_{lrh;cond}$       | is de terugwinbare warmte van condensatie, bereken volgens N.3.5.3.6.  |

OPMERKING 1 Voor standaard verwarmers met rookkanaal (zonder condensor) geïnstalleerd in de verwarmde ruimte (luchtverwarmers en plafond straling-buisverwarming)  $\alpha_{lrh;ON} = \alpha_{lrh;ch;on;corr}$  ( $\alpha_{lrh;vent;on} = 0$  ;  $\alpha_{lrh;gen;env;corr} = 0$  ;  $\alpha_{lrh;cond} = 0$ ). Als de brander geïnstalleerd is buiten de verwarmde ruimte, dan  $\alpha_{lrh;gen;env;corr}$  zijn niet 0.

**OPMERKING 2** Voor verwarmers zonder rookkanaal (lichtgevende plafondverwarming en plafondstraling-buisverwarming) geïnstalleerd in de verwarmde ruimte  $\alpha_{ON} = \alpha_{lrh;vent;on}$  ( $\alpha_{lrh;ch;on,corr} = 0$  ;  $\alpha_{lrh;gen,env,corr} = 0$  ;  $\alpha_{lrh;cond} = 0$ ).

### N.3.5.3.2 Verliezen brander UIT $\alpha_{lrh;OFF}$

De totale verliezen als de brander UIT is  $\alpha_{lrh;OFF}$  worden gegeven door:

$$\alpha_{lrh;OFF} = \alpha_{lrh;plt} + \alpha_{lrh;vent;OFF} \quad (\text{N.14})$$

waarin:

$\alpha_{lrh;vent;OFF}$  is de ventilatieverliezen met de brander UIT, bepaald volgens N.3.5.3.4;

$\alpha_{lrh;plt}$  is de waakvlamverliezen, bepaald volgens N.3.3.1.2.11.

**OPMERKING 1** Behalve voor verwarmers met permanente waakvlam  $\alpha_{plt} = 0$ .

**OPMERKING 2** Voor alle standard verwarmers zonder rookkanaal, met ventilatie van lucht/ rook vergrendeld met de brander  $\alpha_{vent;OFF} = 0$ .

**OPMERKING 3** Omhulselverliezen worden beschouwd gelijk te zijn aan 0 als de brander UIT staat, omdat er geen significante warmte ophoping is in de verwärmer.

### N.3.5.3.3 Verliezen door de schoorsteen met de brander aan

Werkelijke specifieke warmteverliezen door de schoorsteen met de brander aan  $\alpha_{lrh;ch;on,corr}$  worden gegeven door:

$$\alpha_{lrh;ch;on;corr} = \left[ \alpha_{lrh;ch;on} + \left( \theta_{lrh;gen;air} - \theta_{lrh;gen;air;test} \right) \cdot f_{lrh;corr;ch;on} \right] \cdot \beta_{lrh;cmb}^{n_{lrh;ch;on}} \quad (\text{N.15})$$

waarin:

$\theta_{lrh;gen;air;test}$  is de ruimtetemperatuur als de test is uitgevoerd, zie N.3.3.1.2.5;

$\theta_{lrh;gen;air}$  is afhankelijk van het type toepassing

- voor stralingsverwarmers, luchttemperatuur van de ruimte waarin de toepassing plaatsvindt;

- voor een luchtverwarmer, temperatuur van de toevoerlucht naar de hoofdventilator, kan zowel interne als externe temperatuur zijn;

- voor luchtverwarmers in de verwarmde ruimte,  $\theta_{gen;air}$  is de ingestelde ruimtetemperatuur;

- als er verschillende ruimtetemperaturen voorkomen in dezelfde berekeningstap, moet de berekening worden gedaan met de tijdgemiddelde temperatuur;

$f_{lrh;corr;ch;on}$  is de correctiefactor voor  $\alpha_{lrh;ch;on}$ . Zie N.3.3.1.2.4;

$n_{lrh;ch;on}$  is de exponent voor de belastingsfactor  $\beta_{lrh;cmb}$ . Zie N.3.3.1.2.6.

$\beta_{lrh;cmb}$  is de belastingsfactor.

**OPMERKING**  $\beta_{lrh;cmb}$  verhoogd naar  $n_{ch;on}$  houdt rekening met de verlaging van verliezen met hoge onderbrekingen door een lage gemiddelde temperatuur van het rookgas (hoger rendement in het begin). Een grotere waarde van  $n_{ch;on}$  komt overeen met een hogere waarde van  $c_{mass;on}$ , gedefinieerd als de specifieke massa van het oppervlak waar warmtewisseling plaatsvindt tussen rookgas en lucht per kW nominaal vermogen.

### N.3.5.3.4 Warmteverliezen door ventilatie $\alpha_{lrh;vent;ON}$ en $\alpha_{lrh;vent;OFF}$

Toepassingen van type A hebben specifieke ventilatie nodig voor de toevoer van verbrandingslucht en het verwijderen van rookgassen.

Warmteverliezen door ventilatie  $\alpha_{lrh;vent}$  worden alleen bepaald voor toepassingen van type A.

$\alpha_{lrh;vent}$  is het specifieke ventilatieverlies uitgedrukt als een percentage van de nominale warmte input, gegeven door:

$$\alpha_{lrh;vent} = \frac{\Phi_{lrh;vent}}{\Phi_{lrh;cmb;Pn}} \quad (\text{N.16})$$

Het absolute warmteverlies door ventilatie  $\Phi_{lrh;vent}$  wordt gegeven door:

$$\Phi_{lrh;vent} = \dot{V}_{lrh;vent} \times \Phi_{lrh;cmb;Pn} \times c_{p;air} \times (\vartheta_{lrh;air;exh} - \vartheta_{ext}) \quad (\text{N.17})$$

waarin:

$V'_{lrh;vent}$  is de benodigde ventilatiestroomsnelheid ( $\text{m}^3/\text{h}$  per geïnstalleerde kW) bepaald volgens NEN-EN 13410;

$\Phi_{lrh;cmb;Pn}$  is de nominale warmte input van de verwarmers bij volledige belasting;

$c_{p;air}$  is de specifieke warmtecapaciteit van de lucht die het gebouw verlaat, zie tabel N.7 ( $\text{Wh}/\text{m}^3 \text{K}$ );

$\vartheta_{lrh;air;exh}$  is de gemiddelde temperatuur van de ventilatielucht die het gebouw verlaat;

$\vartheta_{ext}$  is de gemiddelde externe luchttemperatuur in de berekeningsstap.

De temperatuur van het lucht-/rookmengsel dat dichtbij het dak uit het gebouw komt  $\vartheta_{lrh;air;exh}$  wordt gegeven door:

$$\vartheta_{lrh;air;exh} = \vartheta_{int} - \Delta \vartheta_{lrh;rad} + H_{lrh} \cdot \nabla \vartheta_{int;H} \quad (\text{N.18})$$

waarin:

$\vartheta_{int}$  is de gemiddelde interne luchttemperatuur in de berekeningsstap;

$\Delta \vartheta_{lrh;rad}$  is het temperatuurverschil in het gebouw tussen ruimte- (setpoint) en luchttemperatuur (gebouw dat is verwarmd met stralingsverwarming);

$H_{lrh}$  is de hoogte van de installatieruimte van de verwarmers;

$\nabla \vartheta_{int;H}$  is de verticale gradiënt van de interne temperatuur in  $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ .

OPMERKING 1 Formule N.18 houdt rekening met het effect van de verticale temperatuurgradiënt ( $\nabla \vartheta_{int;H}$ ) in hoge gebouwen waardoor extra ventilatieverliezen ontstaan voor voorzieningen die rook uitstoten in de omgevingsslucht. Het houdt ook rekening met het feit dat de luchttemperatuur bij de vloer (waar mensen verblijven of werken) lager kan zijn dan de benodigde ruimtetemperatuur wanneer een stralingsverwarming wordt gebruikt ( $\Delta \vartheta_{lrh;rad}$ ). De temperatuurgradiënt van de hoogte heeft een karakteristieke waarde die afhangt van het warmte-emissiesysteem.

Voor standaard systemen van type A met ventilatie door ventilatoren vergrendeld met de brander(s) (LRH\_VENT = LRH\_VENT\_INTERLOCK) dan:

$$\alpha_{lrh;vent;ON} = \alpha_{lrh;vent} \quad (\text{N.19})$$

$$\alpha_{lrh;vent;OFF} = 0 \quad (\text{N.20})$$

Als de ventilator niet is vergrendeld met de brander (LRH\_VENT = LRH\_VENT\_YES) dan:

$$\alpha_{lrh;vent;on} = \alpha_{lrh;vent} \quad (\text{N.21})$$

$$\alpha_{lrh;vent;OFF} = \alpha_{lrh;vent} \quad (\text{N.22})$$

**OPMERKING 2** De ventilatiesnelheid wordt aangenomen constant te zijn voor aan/uit toepassingen, hoog-laag toepassingen en modulerende toepassingen.

Als de toepassing is verbonden aan een rookkanaal (LRH\_VENT = LRH\_VENT\_NO) dan:

$$\alpha_{lrh;vent;ON} = 0 \quad (\text{N.23})$$

$$\alpha_{lrh;vent;OFF} = 0 \quad (\text{N.24})$$

### N.3.5.3.5 Gecorrigeerde mantelverliezen $\alpha_{lrh;env;corr}$

Gecorrigeerde mantelverliezen  $\alpha_{lrh;env;corr}$  houden rekening met de locatie van de opwekker en worden gegeven door:

$$\alpha_{lrh;env;corr} = k_{lrh;env} \cdot \alpha_{lrh;env} \quad (\text{N.25})$$

waarin:

$k_{lrh;env}$  is de correctiefactor voor mantelverliezen die rekening houdt met de locatie van de verwarmers, zoals bepaald volgens N.3.3.2.1.3.

### N.3.5.3.6 Warmteterugwinning van condensatie $\alpha_{lrh;cond}$

Voor condensatie toepassingen wordt de warmteterugwinning  $\alpha_{lrh;cond}$  bepaald door:

$$\alpha_{lrh;cond} = \eta_{lrh;cmb} - 100 \quad (\text{N.26})$$

waarin:

$\eta_{lrh;cmb}$  is het verbrandingsrendement voor de netto calorische waarde van de brandstof, zoals bepaald volgens N.3.3.1.2.12.

Als  $\eta_{lrh;cmb} < = 100$  dan  $\alpha_{lrh;cond} = 0$ .

### N.3.5.4 Teruggewonnen hulpenergie

#### N.3.5.4.1 Tijd gerelateerde hulpenergie met brander aan

De hulpenergie voor de opwekker gerelateerd aan de tijd met de brander aan  $W_{lrh;br}$ , wordt bepaald door:

$$W_{lrh;br} = \Phi_{lrh;aux;br} \cdot t_{lrh;ON} \quad (\text{N.27})$$

waarin:

$\Phi_{lrh;aux;br}$  is het elektrisch vermogen van de hulpapparatuur zoals bepaald volgens N.3.3.1.2.7

$t_{lrh;ON}$  is de tijd dat de brander AAN staat.

De teruggewonnen hulpenergie gerelateerd aan het feit dat de brander aan staat  $Q_{lrh;br;rh}$ , wordt gegeven door:

$$Q_{lrh;br;rh} = W_{lrh;br} \cdot k_{lrh;aux;rh} \quad (\text{N.28})$$

waarin:

$k_{lrh;aux;rh}$  is het deel van de hulpenergie teruggewonnen door het opwekking subsysteem zoals bepaald volgens N.3.4.1.2.

#### N.3.5.4.2 Hulpenergie van aanvullende voorzieningen (na de brander)

De hulpenergie van aanvullende voorzieningen na de brander (gerelateerd aan  $t_{gen}$ )  $W_{lrh;blw}$  wordt bepaald door:

$$W_{lrh;blw} = \Phi_{lrh;aux;blw} \cdot t_{lrh;gen} \quad (\text{N.29})$$

waarin:

$\Phi_{lrh;aux;blw}$  is het elektrisch vermogen van de hulpapparatuur na de brander, zoals bepaald in N.3.3.1.2.8.

$t_{lrh;gen}$  is de bedrijfstijd van de verwarmers in de berekeningsstap ( $t_{ON}+t_{OFF}$ )

De teruggewonnen hulpenergie gerelateerd aan  $t_{gen}$   $Q_{lrh;blw;rh}$  wordt gegeven door:

$$Q_{lrh;blw;rh} = W_{lrh;blw} \cdot k_{lrh;aux;rh} \quad (\text{N.30})$$

#### N.3.5.4.3 Hulpenergie tijdens stand-by

De hulpenergie tijdens stand-by  $W_{lrh,sby}$  wordt bepaald door:

$$W_{lrh;sby} = \Phi_{lrh;aux;sby} \cdot t_{lrh;OFF} \quad (\text{N.31})$$

waarin:

$\Phi_{lrh;aux;sby}$  is het elektrisch vermogen van de hulpapparatuur tijdens stand-by, zoals bepaald in N.3.3.1.2.9.

$t_{lrh;gen}$  is de bedrijfstijd van de verwarmers in de berekeningsstap ( $t_{ON}+t_{OFF}$ )

$t_{lrh;ON}$  is de tijd met de brander ON.

De teruggewonnen hulpenergie door stand-by  $Q_{lrh;sby;rh}$  wordt gegeven door:

$$Q_{lrh;sby;rh} = W_{lrh;sby} \cdot k_{lrh;aux;rh} \quad (\text{N.32})$$

OPMERKING Hulpvermogen door stand-by is deel van de dataset van lokale verwarmers die deel uit maakt van lot 20 van Ecodesign.

#### N.3.5.5 Energieberekening

##### N.3.5.5.1 Maximum geleverde energie

De maximum geleverde energie  $Q_{H;gen;out;max}$  tijdens het berekeningsinterval t, wordt gegeven door:

$$Q_{H;gen;out;max} = \Phi_{lrh;cmb;Pn} \cdot \left( 1 - \frac{\alpha_{lrh;ON}}{100} \right) \cdot t_{gen} + Q_{lrh;aux;br;rh} + Q_{lrh;aux;blw;rh} \quad (\text{N.33})$$

waarin:

$\Phi_{lrh;cmb;Pn}$	is de warmte input bij volledige belasting, bepaald volgens N.3.3.1.2.2;
$\alpha_{lrh;ON}$	zijn de totale verliezen als de brander AAN staat bij maximumvermogen $\alpha_{lrh;ON;Pn}$ bepaald volgens N.3.5.3.1;
$t_{gen}$	is de bedrijfstijd van de verwarmers tijden het berekeningsinterval;
$Q_{lrh;aux;br;rh}$	is de teruggewonnen hulpenergie van de brander, bepaald volgens N.3.5.4.1 uitgaande van volledige belasting (bijvoorbeeld $\beta_{lrh;cmb} = 1,0$ en $t_{lrh;ON} = t_{gen}$ );
$Q_{lrh;aux;blw;rh}$	is de teruggewonnen hulpenergie van de ventilator, bepaald volgens N.3.5.4.2 uitgaande van volledige belasting (bijvoorbeeld $\beta_{lrh;cmb} = 1,0$ of $t_{lrh;ON} = t_{gen}$ );

OPMERKING Hulpenergie voor stand-by wordt niet meegenomen, omdat bij volledige belasting er geen gebruik wordt gemaakt van stand-by.

### N.3.5.5.2 Werkelijke geleverde energie

De benodigde geleverde energie  $Q_{H;gen;out;req}$  in de berekeningsstap moet worden bepaald volgens Hoofdstuk 9.

Als de benodigde output  $Q_{H;gen;out;req}$  groter is dan de maximum mogelijke output  $Q_{H;gen;out;max}$  dan wordt de werkelijke warmte output  $Q_{H;gen;out}$  gegeven door:

$$Q_{H;gen;out} = Q_{H;gen;out;max} \quad (\text{N.34})$$

Anders

$$Q_{H;gen;out} = Q_{H;gen;out;req} \quad (\text{N.35})$$

### N.3.5.5.3 Berekening werkelijke belastingsfactor

De werkelijke belastingsfactor  $\beta_{lrh;cmb}$  wordt bepaald volgens de volgende procedure.

1. Bereken de eerste waarde van  $\beta_{lrh;cmb}$  met:

$$\beta_{cmb} = \frac{Q_{H;gen;out}}{\Phi_{lrh;cmb;Pn} \cdot t_{lrh;gen}} \quad (\text{N.36})$$

2. Bereken  $\alpha_{lrh;ON}$  en  $\alpha_{lrh;OFF}$  volgens formule (N.13) en formule (N.14).
3. Bereken  $Q_{lrh;br;rh}$ ,  $Q_{lrh;blw;rh}$  en  $Q_{lrh;sby;rh}$  volgens formule (N.28), formule (N.30) en formule (N.32).
4. Bereken een nieuwe belastingsfactor  $\beta_{lrh;cmb}$  met:

$$\beta_{lrh;cmb} = \frac{100 \cdot \frac{Q_{H;gen;out} - Q_{lrh;br;rh} - Q_{lrh;blw;sby}}{\Phi_{lrh;cmb;Pn} \cdot t_{lrh;gen}} + \alpha_{lrh;OFF}}{100 \cdot \left(1 + \frac{Q_{lrh;br;rh}}{Q_{H;gen;out}}\right) - \alpha_{lrh;ON} + \alpha_{lrh;OFF}} \quad (\text{N.37})$$

5. Als een van de waarden van de rechterkant van formule (N.37) afhankelijk is van  $\beta_{lrh;cmb}$ , herhaal de berekening vanaf stap 3 totdat het verschil in absolute waarden tussen de oude en nieuwe  $\beta_{lrh;cmb}$  kleiner is dan 0,001.

### N.3.5.5.4 Berekening output gegevens

De brandstof input  $E_{H,gen,in}$  wordt gegeven door:

$$E_{H,gen,in} = t_{lrh,ON} \cdot \Phi_{lrh,cmb;Pn} \quad (\text{N.38})$$

De opgenomen hulpenergie wordt bepaald door:

$$W_{H,gen,aux} = W_{lrh;br} + W_{lrh;blw} + W_{lrh;sby} \quad (\text{N.39})$$

Er zijn geen terugwinbare verliezen, omdat de teruggewonnen verliezen worden meegenomen als vermindering van de verliezen door het omhulsel van de opwekker:

$$Q_{H;gen;ls;tbl} = 0 \quad (\text{N.40})$$

**OPMERKING**  $t_{lrh,ON}$  in formule (N.38) en de hoeveelheid hulpenergie in formule (N.39) worden bepaald door gebruik te maken van de werkelijke belastingsfactor  $\beta_{lrh,cmb}$  die voorkomt uit formule (N.37) na convergentie.

## N.4 Hoog-laag en modulerende verwarmers

### N.4.1 Output gegevens

De output gegevens zijn hetzelfde zoals in N.3.1.

### N.4.2 Berekeningsintervallen

Het berekeningsinterval is hetzelfde zoals in N.3.2

### N.4.3 Invoergegevens

#### N.4.3.1 Productgegevens

##### N.4.3.1.1 Productspecificaties (kwalitatief)

De productspecificaties zijn hetzelfde als in N.3.3.1.1

##### N.4.3.1.2 Producttechnische gegevens

###### N.4.3.1.2.1 Algemeen

Alle productgegevens beschreven in N.3.3.1.2 is van toepassing op zowel hoog-laag als modulerende verwarmers.

De aanvullende productgegevens gegeven in tabel N.8 is vereist voor hoog-laag en modulerende verwarmers.

**Tabel N.8 — Aanvullende technische product invoergegevens voor hoog-laag en modulerende verwarmers**

Karakteristieken	Symbool	Catalogus eenheid	Berekend e eenheid	Geldigheidsinterval	Ref.	Wisselend
Warmte input bij minimum vermogen	$\Phi_{lrh;cmb;Pmin}$	kW	kW	0 tot $\infty$		NEE
Modulatie ratio	$\beta_{lrh;cmb;Pmin}$	-	-	0 tot 1		NEE
Brandstofstroomsnelheid bij minimum vermogen	$V'_{lrh;fuel;Pmin}$	QT/h	QT/h	0 tot $\infty$		NEE
Verliesfactor met brander AAN bij minimumbelasting	$\alpha_{lrh;ch;ON;Pmin}$	%	%	0 tot 20		NEE
Hulpvermogen van apparatuur gerelateerd aan de brander bij minimum vermogen	$\Phi_{lrh;aux;br;Pmin}$	W	W	0 tot $\infty$		NEE
Hulpvermogen van apparatuur na de brander bij minimum vermogen	$\Phi_{lrh;aux;blw;Pmin}$	W	W	0 tot $\infty$		NEE
Verbrandingsrendement van verwarmers met condensor bij minimum vermogen	$\eta_{lrh;cmb;min}$	%	%	90 tot 110		NEE

**N.4.3.1.2.2 Warmte input bij minimumbelasting  $\Phi_{lrh;cmb;Pmin}$** 

De warmte input van de verwarmers bij een aanhoudende minimumbelasting  $\Phi_{lrh;cmb;Pmin}$  moet gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

Als er geen productspecificaties beschikbaar zijn, kan de warmte input bij minimumbelasting als volgt worden bepaald:

$$\Phi_{lrh;cmb;Pmin} = \dot{m}_{lrh;fuel;Pmin} \times H_{i,fuel} \quad (\text{N.41})$$

waarin:

$m'_{lrh;fuel;Pmin}$  is de gemeten brandstofstroomsnelheid bij minimum vermogen;

$H_{i,fuel}$  is de netto calorische waarde van de brandstof. Forfataire netto calorische waarden van brandstof zijn gegeven in N.6.

De modulatie ratio  $k_{lrh;mod}$  wordt gegeven door:

$$k_{lrh;mod} = \frac{\Phi_{lrh;cmb;Pmin}}{\Phi_{lrh;cmb;Pn}} \quad (\text{N.42})$$

Als het minimum vermogen niet is aangegeven door de fabrikant en het minimumvermogen is niet gemeten, dan wordt  $\Phi_{lrh;cmb;Pmin}$  gegeven door:

$$\Phi_{lrh;cmb;Pmin} = k_{lrh;mod} \cdot \Phi_{lrh;cmb;Pn} \quad (\text{N.43})$$

Waarbij gebruik wordt gemaakt van de forfataire waarde voor  $\beta_{lrh;cmb;Pmin}$  zoals gegeven in tabel N.26.

#### N.4.3.1.2.3 Warmteverliezen aan het rookkanaal met brander bij minimumvermogen $\alpha_{lrh;ch;on;Pmin}$

Het warmteverlies aan het rookkanaal met de brander aan en wanneer de toepassing in bedrijf is bij minimumbelasting  $\alpha_{lrh;ch;on;Pmin}$ , wordt gegeven als het percentage van de warmte input bij minimumbelasting  $\Phi_{lrh;comb;Pmin}$ .

De waarde van  $\alpha_{lrh;ch;on;Pmin}$  kan gelijk zijn aan:

- de waarde aangegeven door de fabrikant volgens de normen van het product;
- voor bestaande systemen met een rookkanaaluitlaat,  $\alpha_{lrh;ch;on;Pmin}$  de waarde gemeten volgens NEN-EN 15378-3;
- als geen productspecificaties of gemeten waarden beschikbaar zijn, zijn de forfaitaire waarden te vinden in tabel N.26.

Als het verbrandingsrendement bij minimumvermogen  $\eta_{lrh;cmb;Pmin}$  bekend is, dan wordt  $\alpha_{lrh;ch;on;Pmin}$  gegeven door:

$$\alpha_{lrh;ch;on;Pmin} = 100 - \eta_{lrh;cmb;Pmin} \quad (\text{N.44})$$

$\alpha_{lrh;ch;on;Pmin}$  mag geen rekening houden met teruggewonnen warmte uit condensatie. Alleen nuttige warmte moet worden meegenomen.

#### N.4.3.1.2.4 Hulpenergie van apparatuur gerelateerd aan de brander $\Phi_{lrh;aux;br;Pmin}$ bij minimumbelasting

Het hulpvermogen van apparatuur gerelateerd aan de brander  $\Phi_{lrh;aux;br;Pmin}$  bij minimumbelasting is gelijk aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

Als er geen waarde beschikbaar is van de fabrikant, wordt ervan uit gegaan dat het elektrisch vermogen van de hulpapparatuur gerelateerd aan de brander  $\Phi_{lrh;aux;br;Pmin}$  bij minimumbelasting gelijk is aan het vermogen bij volledige belasting  $\Phi_{lrh;aux;br}$ .

#### N.4.3.1.2.5 Hulpvermogen van apparatuur na de brander $\Phi_{lrh;aux;blw;Pmin}$ bij minimumbelasting

Het hulpvermogen van apparatuur na de brander  $\Phi_{lrh;aux;blw;Pmin}$  bij minimumbelasting is gelijk aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

Als er geen waarde beschikbaar is van de fabrikant, wordt ervan uit gegaan dat het elektrisch vermogen van de hulpapparatuur na brander  $\Phi_{lrh;aux;blw;Pmin}$  bij minimumbelasting gelijk is aan het vermogen bij volledige belasting  $\Phi_{lrh;aux;blw}$ .

#### N.4.3.1.2.6 Verbrandingsrendement van verwarmers met condensor $\eta_{lrh;comb;Pmin}$ bij minimale belasting

$\eta_{lrh;cmb;Pmin}$  is het verbrandingsrendement van een verwarming met condensor bepaald door de netto calorische waarde van de brandstof.

Het verbrandingsrendement van een verwarming met condensor  $\eta_{lrh;cmb;Pmin}$  moet gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant.

Als er geen productspecificaties beschikbaar zijn, kan  $\eta_{lrh;cmb;Pmin}$  worden gemeten volgens NEN-EN 15378-3.

Als er geen productspecificaties en geen gemeten waarden beschikbaar zijn, zijn de forfaitaire waarden te vinden in tabel N.27.

#### N.4.3.2 Data systeemontwerp

De systeem-ontwerpgegevens zijn hetzelfde als beschreven in N.3.3.2 voor aan/uit verwarmers.

#### N.4.3.3 Bedrijfsomstandigheden

De bedrijfsomstandigheden zijn hetzelfde als beschreven in N.3.3.3 voor aan/uit verwarmers.

#### N.4.3.4 Constanten en fysieke waarden

De constanten en fysieke waarden zijn hetzelfde als beschreven in N.3.3.4 voor aan/uit verwarmers.

### N.4.4 Berekeningsprocedure

#### N.4.4.1 Toepasbaar berekeningsinterval

Deze procedure kan gebruikt worden met de volgende tijdstappen:

- jaarlijks;
- maandelijks;
- uurlijks;
- bin.

Er worden geen expliciete dynamische effecten meegenomen, omdat er geen significante tijdconstanten zijn.

Deze procedure is geschikt voor dynamische simulaties.

#### N.4.4.2 Berekening bedrijfsomstandigheden

De maximum geleverde energie  $Q_{H;gen;out;max}$  en de werkelijke geleverde energie  $Q_{H,gen;out}$  tijdens het berekeningsinterval, worden bepaald volgens N.3.5.5.1 en N.3.5.5.2.

#### N.4.4.3 Tijd met de brander AAN en UIT

##### N.4.4.3.1 Bedrijfswijze

Twee verschillende bedrijfswijzen worden behandeld:

- als de beschikbare output bij minimum vermogen groter wordt dan de benodigde output, wordt ervan uit gegaan dat de verwarming gaat werken in AAN-UIT stand, waarbij de AAN voorwaarde wordt gekarakteriseerd door de minimum warmte input  $\Phi_{lhr;cmb;min}$  bepaald volgens N.4.3.1.2.2;
- anders wordt ervan uit gegaan dat de verwarming de bedrijfswijze voortzet op het benodigde tussenliggend vermogen  $\Phi_{lhr;cmb;avg}$ .

**OPMERKING** Een modulerende verwarming zal werken bij het tussenliggende vermogen  $\Phi_{lhr;cmb;avg}$  terwijl een hoog-laag verwarming deel zal werken op  $\Phi_{lhr;cmb;Pmin}$  en deels op  $\Phi_{lhr;cmb;Pn}$ .

##### N.4.4.3.2 Tijd met brander Aan en UIT in AAN-UIT stand

De tijd met de brander op minimumvermogen  $t_{lrh;ON;min}$  (brandstofklep open, voor- en naventilatie niet meegenomen) terwijl de verwarming werkt in AAN-UIT stand, wordt gegeven door:

$$t_{\text{lrh;ON}} = \beta_{\text{lrh;cmb;min}} \cdot t_{\text{lrh;gen}} \quad (\text{N.45})$$

waarin:

$t_{\text{lrh;gen}}$  is de totale bedrijfstijd van de opwekker (beschikbaar om warmte te leveren zoals aangegeven door de regeling)

$\beta_{\text{lrh;cmb;min}}$  is de belastingsfactor gebaseerd op minimum vermogen, bepaald volgens N.4.4.5.3.  
de tijd met de brander UIT  $t_{\text{lrh;OFF}}$  wordt gegeven door:

$$t_{\text{lrh;OFF}} = t_{\text{lrh;gen}} - t_{\text{lrh;ON}} \quad (\text{N.46})$$

#### N.4.4.3.3 Tijd met de brander AAN en UIT in modulatie stand

Als de verwarmers werkt in modulatie stand, wordt de tijd met de brander AAN en de tijd met de brander UIT gegeven door:

$$t_{\text{lrh;ON}} = t_{\text{lrh;gen}} \quad (\text{N.47})$$

$$t_{\text{lrh;OFF}} = 0 \quad (\text{N.48})$$

#### N.4.4.3.4 Berekening verliesfactoren

##### N.4.4.3.5 Verliezen brander AAN bij maximumvermogen $\alpha_{\text{lrh;ON;Pn}}$

De totale verliezen als de brander AAN staat bij maximumvermogen  $\alpha_{\text{lrh;ON;Pn}}$  worden gegeven door:

$$\alpha_{\text{lrh;ON;Pmax}} = \alpha_{\text{lrh;ch;on;Pn;corr}} + \alpha_{\text{lrh;vent;on}} + \alpha_{\text{lrh;env;corr}} - \alpha_{\text{lrh;cond}} \quad (\text{N.49})$$

waarin:

$\alpha_{\text{lrh;ch;on;Pn;corr}}$  is de werkelijke specifieke warmteverliezen door de schoorsteen met de brander aan, bepaald volgens N.4.4.3.8;

$\alpha_{\text{lrh;vent;on}}$  is de ventilatieverliezen met de brander AAN, bepaald volgens N.4.4.3.10;

$\alpha_{\text{lrh;env;corr}}$  is de gecorrigeerde mantelverliezen, bepaald volgens N.4.4.3.11;

$\alpha_{\text{lrh;cond}}$  is de terugwinbare warmte van condensatie, berekend volgens N.3.5.3.6.

##### N.4.4.3.6 Verliezen brander AAN bij minimumvermogen $\alpha_{\text{lrh;ON;Pmin}}$

De totale verliezen als de brander AAN staat bij minimumvermogen  $\alpha_{\text{lrh;ON;Pmin}}$  worden gegeven door:

$$\alpha_{\text{lrh;ON;Pmin}} = \alpha_{\text{lrh;ch;on;Pmin;corr}} + \frac{\alpha_{\text{lrh;vent;on}} + \alpha_{\text{lrh;env;corr}}}{k_{\text{lrh;mod}}} - \alpha_{\text{lrh;cond;Pmin}} \quad (\text{N.50})$$

waarin:

$\alpha_{\text{lrh;ch;ON;corr;Pmin}}$  is de werkelijke specifieke warmteverliezen door de schoorsteen met de brander aan bij minimum vermogen, bepaald volgens N.4.4.3.7;

$\alpha_{\text{lrh;vent;ON}}$  is de ventilatieverliezen met de brander AAN, bepaald volgens N.4.4.3.10;

$\alpha_{\text{lrh;env;corr}}$  is de gecorrigeerde mantelverliezen, bepaald volgens N.4.4.3.11;

$\alpha_{lrh;cond;Pmin}$  is de terugwinbare warmte van condensatie bij minimum vermogen, bereken volgens N.4.4.3.13.

#### N.4.4.3.7 Verliezen brander UIT bij minimumvermogen $\alpha_{lrh;OFF;Pmin}$

De totale verliezen als de brander UIT is als percentage van de minimum warmte input  $\alpha_{lrh;OFF;Pmin}$  worden gegeven door:

$$\alpha_{lrh;OFF} = \frac{\alpha_{lrh;plt} + \alpha_{lrh;vent;OFF}}{k_{lrh;mod}} \quad (\text{N. 51})$$

waarin:

$\alpha_{lrh;vent;OFF}$  is de ventilatieverliezen met de brander UIT, bepaald volgens N.4.4.3.10;

$\alpha_{lrh;plt}$  is de waakvlamverliezen, bepaald volgens N.3.3.1.2.11.

#### N.4.4.3.8 Verliezen door de schoorsteen met brander AAN op maximum vermogen

Werkelijke specifieke warmteverliezen door de schoorsteen met de brander aan op maximumvermogen  $\alpha_{lrh;ch;on;Pn;corr}$  worden bepaald volgens N.3.5.3.3 waarbij  $\beta_{lrh;cmb} = 1,00$ .

#### N.4.4.3.9 Verliezen door de schoorsteen met de brander aan bij minimum vermogen

Werkelijke specifieke warmteverliezen door de schoorsteen met de brander aan  $\alpha_{lrh,ch,on,Pmin;corr}$  worden gegeven door:

$$\alpha_{lrh;ch;on;Pmin;corr} = \left[ \alpha_{lrh;ch;on;Pmin} + (\theta_{lrh;gen;air} - \theta_{lrh;gen;air;test}) \cdot f_{lrh;corr;ch;on} \right] \cdot \beta_{lrh;cmb;min}^{n_{lrh;ch;on}} \quad (\text{N.52})$$

waarin:

$\alpha_{lrh;ch;ON;corr;Pmin}$  is het specifieke warmteverlies door de schoorsteen met de brander aan bij minimum vermogen, zie N.4.3.1.2.3.

$\vartheta_{lrh;en;air;test}$  is de ruimtetemperatuur als de test is uitgevoerd, zie N.3.3.1.2.5;

$\vartheta_{lrh;gen;air}$  is afhankelijk van het type toepassing

- voor stralingsverwarmers, luchttemperatuur van de ruimte waarin de toepassing plaatsvindt;

- voor een luchtverwarmer, temperatuur van de toevoerlucht naar de hoofdventilator, kan zowel interne als externe temperatuur zijn;

- voor luchtverwarmingers in de verwarmde ruimte,  $\theta_{gen;air}$  is de ingestelde ruimtetemperatuur;

- als er verschillende ruimtetemperaturen voorkomen in dezelfde berekeningstap, moet de berekening worden gedaan met de tijdgemiddelde temperatuur;

$f_{lrh;corr;ch;on}$  is de correctiefactor voor  $\alpha_{lrh;ch;on}$ . Zie N.3.3.1.2.4;

$n_{lrh;ch;on}$  is de exponent voor de belastingsfactor  $\beta_{lrh;cmb}$ . Zie N.3.3.1.2.6.

#### N.4.4.3.10 Warmteverliezen door ventilatie $\alpha_{lrh;vent;ON}$ en $\alpha_{lrh;vent;OFF}$

Warmteverliezen door ventilatie met brander AAN  $\alpha_{lrh;vent;ON}$  en met brander UIT  $\alpha_{lrh;vent;OFF}$  worden bepaald volgens N.3.5.3.4.

OPMERKING Er wordt vanuit gegaan dat de ventilatiestroomsnelheid niet verandert als gevolg van modulatie van de brander.

#### N.4.4.3.11 Gecorrigeerde mantelverliezen $\alpha_{lrh;env;corr}$

Gecorrigeerde mantelverliezen  $\alpha_{lrh;env;corr}$  worden bepaald volgens N.3.5.3.5.

#### N.4.4.3.12 Warmteterugwinning van condensatie bij volledige belasting $\alpha_{lrh;cond}$

Warmteterugwinning van condensatie bij volledige belasting  $\alpha_{lrh;cond}$  wordt bepaald volgens N.3.5.3.6.

#### N.4.4.3.13 Warmteterugwinning van condensatie bij minimumbelasting $\alpha_{lrh;cond;Pmin}$

Voor condensatie toepassingen wordt de warmteterugwinning van condensatie bij minimumbelasting  $\alpha_{lrh;cond;Pmin}$  bepaald door:

$$\alpha_{lrh;cond;Pmin} = \eta_{lrh;cmb;Pmin} - 100 \quad (\text{N.53})$$

waarin:

$\eta_{lrh;cmb;Pmin}$  is het verbrandingsrendement voor de netto calorische waarde van de brandstof, bepaald volgens N.4.3.1.2.6.

Als  $\eta_{lrh;cmb;Pmin} <= 100$  dan  $\alpha_{lrh;cond;Pmin} = 0$ .

#### N.4.4.4 Hulpenergie bij minimum vermogen

##### N.4.4.4.1 Tijd gerelateerde hulpenergie met brander aan bij minimum vermogen

De hulpenergie voor de opwekker gerelateerd aan de tijd met de brander aan bij minimumvermogen  $W_{lrh;br;Pmin}$  wordt bepaald door:

$$W_{lrh;br;Pmin} = \Phi_{lrh;aux;br;Pmin} \cdot t_{lrh;ON} \quad (\text{N.54})$$

waarin:

$\Phi_{lrh;aux;br}$  is het elektrische vermogen van de hulpapparatuur van brander bepaald volgens 7.3.1.2.4

$t_{lrh;ON}$  is de tijd met de brander AAN.

De teruggewonnen hulpenergie gerelateerd aan het feit dat de brander aan staat op minimumvermogen  $Q_{lrh;br;rh;Pmin}$  wordt gegeven door:

$$Q_{lrh;br;rh;Pmin} = W_{lrh;br;Pmin} \cdot k_{lrh;aux;rh} \quad (\text{N.55})$$

waarin:

$k_{lrh;aux;rh}$  is het deel van de hulpenergie teruggewonnen door het opwekking subsysteem zoals bepaald volgens N.3.4.1.2.

##### N.4.4.4.2 Hulpenergie van aanvullende voorzieningen (na de brander) bij minimum vermogen

De hulpenergie van aanvullende voorzieningen na de brander (gerelateerd aan  $t_{gen}$ ) bij minimumvermogen  $W_{lrh;blw;Pmin}$  wordt bepaald door:

$$W_{lrh;blw;Pmin} = \Phi_{lrh;aux;blw;Pmin} \cdot t_{lrh;gen} \quad (\text{N.56})$$

waarin:

$\Phi_{lrh;aux;blw;Pmin}$  Is het elektrisch vermogen van de hulpapparatuur na de brander bij minimum vermogen, zoals bepaald in N.4.3.1.2.5;

$t_{lrh;gen}$  is de bedrijfstijd van de verwarmers in de berekeningsstap ( $t_{ON}+t_{OFF}$ ).

De teruggewonnen hulpenergie bij minimumvermogen gerelateerd aan  $t_{gen}$   $Q_{lrh;blw;rh;Pmin}$  wordt gegeven door:

$$Q_{lrh;blw;rh;Pmin} = W_{lrh;blw;Pmin} \cdot k_{lrh;aux;rh} \quad (\text{N.57})$$

#### N.4.4.4.3 Hulpenergie tijdens stand-by

In aan-uit stand wordt stand-by hulpenergie  $W_{lrh;sby}$  en teruggewonnen stand-by hulpenergie  $Q_{lrh;sby;rh}$  bepaald volgens N.3.5.4.3.

OPMERKING Tijdens de modulatie stand wordt er niet gewerkt in stand-by.

#### N.4.4.5 Energieberekening

##### N.4.4.5.1 Maximum geleverde energie

De maximum geleverde energie  $Q_{H;gen;out;max}$  wordt bepaald volgens N.3.5.5.1.

##### N.4.4.5.2 Benodigde geleverde energie

De benodigde geleverde energie  $Q_{H;gen;out;req}$  in de berekeningsstap moet worden bepaald volgens hoofdstuk 9.

Als de benodigde output  $Q_{H;gen;out;req}$  groter is dan de maximum mogelijke output  $Q_{H;gen;out;max}$  dan:

$$Q_{H;gen;out} = Q_{H;gen;out;max} \quad (\text{N.58})$$

Anders

$$Q_{H;gen;out} = Q_{H;gen;out;req} \quad (\text{N.59})$$

##### N.4.4.5.3 Aan/uit-stand berekening

De procedure voor aan-uit opwekkers begint volgens een procedure vergelijkbaar met die beschreven in N.3.5.5.3:

1. Bereken  $Q_{H;gen;out}$  (warmte te leveren door opwekker) volgens N.3.5.5.2;
2. Bereken een eerste waarde van  $\beta_{lrh;cmb;min}$  met:

$$\beta_{lrh;cmb;min} = \frac{Q_{H;gen;out}}{\Phi_{lrh;cmb;Pmin} \cdot t_{lrh;gen}} \quad (\text{N.60})$$

3. Bereken  $t_{lrh;on}$  en  $t_{lrh;OFF}$  volgens N.4.4.3.2.
4. Bepaal  $\alpha_{lrh;ON;Pmin}$  en  $\alpha_{lrh;OFF;Pmin}$  volgens N.4.4.3.6 en N.4.4.3.7
5. Bepaal  $Q_{lrh;br;rh;Pmin}$  en  $Q_{lrh;blw;rh;Pmin}$  volgens N.4.4.4.1 en N.4.4.4.2.7.4.5.1 en 7.4.5.2.
6. Bereken een nieuwe  $\beta_{lrh;cmb;min}$  door gebruik te maken van:

$$\beta_{lrh;cmb;min} = \frac{100 \cdot \frac{Q_{H;gen;out} - Q_{lrh;br;rh;Pmin} - Q_{lrh;sby;rh}}{\Phi_{lrh;cmb;Pmin} \cdot t_{lrh;gen}} + \alpha_{lrh;OFF;min}}{100 + \left( 1 + \frac{Q_{lrh;br;rh;Pmin}}{Q_{H;gen;out}} \right) - \alpha_{lrh;ON;min} + \alpha_{lrh;OFF;min}} \quad (\text{N.61})$$

7. Als een van de waarden in formule (61) afhankelijk is van  $\beta_{lrh;cmb;min}$ , herhaal de berekening vanaf stap 3 totdat het verschil in absolute waarde tussen de nieuwe en oude  $\beta_{lrh;cmb;min}$  kleiner is dan 0,001.

Als de belastingsfactor  $\beta_{lrh;cmb;min}$  convergeert naar een waarde die niet groter is dan 1 (verwarmer staat in AAN UIT stand), dan:

- $t_{lrh;on}$  en  $t_{lrh;OFF}$  worden bepaald volgens N.4.4.3.2;
- de brandstof input  $E_{H;gen;in}$  wordt gegeven door:

$$E_{H;gen;in} = t_{lrh;ON} \cdot \Phi_{lrh;cmb;Pmin} \quad (\text{N.62})$$

- de opgenomen hulpenergie  $W_{H;gen;aux}$  wordt bepaald door:

$$W_{H;gen;aux} = W_{lrh;br} + W_{lrh;blw} + W_{lrh;sby} \quad (\text{N.63})$$

- Er zijn geen terugwinbare verliezen, omdat de teruggewonnen verliezen worden meegenomen als vermindering van de verliezen door het omhulsel van de opwekker:

$$Q_{H;gen;ls;rb} = 0 \quad (\text{N.64})$$

Als de belastingsfactor  $\beta_{lrh;cmb;min}$  convergeert naar een waarde groter dan 1 (verwarmer staat in modulatie stand) dan moet de berekening beschreven in N.4.4.5.4 (hieronder) worden uitgevoerd.

#### N.4.4.5.4 Modulatie stand berekening

Als de verwarmers in modulatie stand staan wordt de gemiddelde opgenomen thermische energie  $\Phi_{lrh;cmb;avg}$  als volgt bepaald.

1. Bereken  $Q_{H;gen;out}$  (warmte te leveren door opwekker) volgens N.3.5.5.2;
2. Bereken  $t_{lrh;ON}$  en  $t_{lrh;OFF}$  volgens N.4.4.3.3;
3. Bereken  $W_{lrh;br}$ ,  $W_{lrh;blw}$ ,  $Q_{lrh;br;rh}$  en  $Q_{lrh;blw;rh}$  volgens N.3.5.4;
4. Bereken  $W_{lrh;br;Pmin}$ ,  $W_{lrh;blw;Pmin}$ ,  $Q_{lrh;br;rh;Pmin}$  en  $Q_{lrh;blw;rh;Pmin}$  volgens N.4.4.4;
5. Bereken een eerste waarde van  $\Phi_{lrh;cmb;avg}$  met:

$$\Phi_{lrh;cmb;avg} = \frac{Q_{H;gen;out}}{t_{lrh;gen}} \quad (\text{N.65})$$

6. Bereken de modulatiefactor  $\beta_{lrh;mod}$  met

$$\beta_{lrh;mod} = \frac{\Phi_{lrh;cmb;avg} - \Phi_{lrh;cmb;Pmin}}{\Phi_{lrh;cmb;Pmax} - \Phi_{lrh;cmb;Pmin}} \quad (\text{N.66})$$

**OPMERKING** Het bereik van de modulatiefactor  $\beta_{lrh;mod}$  is van 0 tot 1 als het gemiddelde vermogen  $\Phi_{lrh;cmb;avg}$  verandert van  $\Phi_{lrh;cmb;Pmin}$  naar  $\Phi_{lrh;cmb;Pmax}$ .

7. Bereken de herwonnen hulpenergie bij gemiddeld vermogen  $Q_{lrh;br;rh;avg}$  en  $Q_{lrh;blw;rh;avg}$  met:

$$Q_{lrh;br;rh;avg} = Q_{lrh;br;rh;Pmin} + (Q_{lrh;br;rh} - Q_{lrh;br;rh;Pmin}) \cdot \beta_{lrh;mod} \quad (\text{N.67})$$

$$Q_{\text{lrh;blw;rh;avg}} = Q_{\text{lrh;blw;rh;Pmin}} + (Q_{\text{lrh;blw;rh}} - Q_{\text{lrh;blw;rh;Pmin}}) \cdot \beta_{\text{lrh;mod}} \quad (\text{N.68})$$

8. Bereken de verliezen met de brander aan bij gemiddeld vermogen  $\alpha_{\text{lrh;ON;avg}}$  met:

$$\alpha_{\text{lrh;ON;avg}} = \alpha_{\text{ch;ON;Pmin}} + (\alpha_{\text{ch;ON;Pn}} - \alpha_{\text{ch;ON;Pmin}}) \cdot \beta_{\text{lrh;mod}} \quad (\text{N.69})$$

9. Bereken een nieuwe gemiddelde opgenomen thermische energie  $\Phi_{\text{lrh;cmb;avg}}$  met:

$$\Phi_{\text{lrh;cmb;avg}} = \frac{Q_{\text{H;gen;out}} - Q_{\text{lrh;blw;rh;avg}} - Q_{\text{lrh;br;rh;avg}}}{t_{\text{lrh;gen}} \cdot \left( 1 - \frac{\alpha_{\text{lrh;ON;avg}}}{100} \right)} \quad (\text{N.70})$$

10. Herhaal stap 6 tot en met 9 totdat het verschil in absolute waarde tussen de oude en de nieuwe  $\beta_{\text{lrh;mod}}$  kleiner is dan 0,001.

Als convergentie is bereikt, dan geldt:

- de brandstof input  $E_{\text{H;gen;in}}$  wordt bepaald door:

$$E_{\text{H;gen;in}} = \Phi_{\text{lrh;cmb;avg}} \cdot t_{\text{lrh;gen}} \quad (\text{N.71})$$

- de hulpenergie  $W_{\text{H;gen;aux}}$  wordt gegeven door:

$$W_{\text{H;gen;aux}} = W_{\text{lrh;br;Pmin}} + W_{\text{lrh;blw;Pmin}} + (W_{\text{lrh;br}} + W_{\text{lrh;blw}} - W_{\text{lrh;br;Pmin}} - W_{\text{lrh;blw;Pmin}}) \cdot \beta_{\text{lrh;mod}} \quad (\text{N.72})$$

- Er zijn geen terugwinbare verliezen, omdat de teruggewonnen verliezen worden meegenomen als vermindering van de verliezen door het omhulsel van de opwekker:

$$Q_{\text{H;gen;ls;rbl}} = 0 \quad (\text{N.73})$$

## N.5 Kachels en lokale verwarmers

De prestatiewaarden die worden gebruikt voor deze rekenmethode moeten worden vermenigvuldigd met  $f_{\text{prac}}$ .  $f_{\text{prac}}$  is de praktijkprestatiecorrectiefactor met de waarde 0,95.

### N.5.1 Algemeen

De output gegevens en berekeningsmethode voor kachels en lokale verwarmers zijn hetzelfde als in N.3 voor voorzieningen in AAN/UIT stand en in N.4 voor voorzieningen in hoog-laag of modulatie stand. Voor de invoergegevens gelden de volgende aanvullende specificaties:

- voor kachels en lokale verwarmers zonder een verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem ( $\text{LRH_WCONN} = \text{LRH_WCONN_NO}$ ), zijn de aanvullende specificaties zoals gegeven in N.5.2 van toepassing;
- voor kachels en lokale verwarmers met een verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem ( $\text{LRH_WCONN} = \text{LRH_WCONN_YES}$ ), zijn de aanvullende specificaties zoals gegeven in N.5.3 van toepassing;

## N.5.2 Kachels en lokale verwarmers zonder een verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem

### N.5.2.1 Output gegevens

De output gegevens zijn hetzelfde als gedefinieerd in N.3.1 voor aan/uit verwarmers.

### N.5.2.2 Invoergegevens

#### N.5.2.2.1 Opgenomen thermische energie bij volledige belasting $\Phi_{lrh;cmb;Pn}$

Als het output vermogen bij volledige belasting  $\Phi_{lrh,out;Pn}$  en het rendement  $\eta_{lrh,cmb}$  worden aangegeven in plaats van de warmte input, dan wordt de warmte input bij volledige belasting  $\Phi_{lrh;cmb;Pn}$  gegeven door:

$$\Phi_{lrh;cmb;Pn} = \frac{\Phi_{lrh,out;Pn}}{\eta_{lrh,cmb}} \quad (\text{N.74})$$

waarin:

- $\Phi_{lrh,out;Pn}$  is het geleverde vermogen (warmte afgegeven aan de installatieruimte) aangegeven door de fabrikant;
- $\eta_{lrh,cmb}$  is het rendement aangegeven door de fabrikant. Als er geen waarde van de fabrikant beschikbaar is, worden forfaitaire waarden gegeven in tabel N.27.

### N.5.2.2.2 Verliezen door de schoorsteen met brander AAN

Als het rendement  $\eta_{lrh,cmb}$  aangegeven is door de fabrikant, wordt in plaats van de verliezen door de schoorsteen met brander aan  $\alpha_{lrh,ch;ON}$ , dan  $\alpha_{lrh,ch;ON}$  bepaald met:

$$\alpha_{lrh,ch;ON} = 100 - \eta_{lrh,cmb} \quad (\text{N.75})$$

$$\alpha_{lrh,ch;ON;Pmin} = 100 - \eta_{lrh;cmb;Pmin} \quad (\text{N.76})$$

waarin:

- $\eta_{lrh,cmb}$  Is het verbrandingsrendement bepaald met de netto calorische waarde.

Als  $\alpha_{lrh,ch;ON} <= 0$  dan  $\alpha_{lrh,ch;ON} = 0$ .

Als  $\alpha_{lrh,ch;ON;Pmin} <= 0$  dan  $\alpha_{lrh,ch;ON;Pmin} = 0$ .

OPMERKING  $\alpha_{lrh,ch;ON} < 0$  of  $\alpha_{lrh,ch;ON;Pmin} < 0$  betekent dat dit een condens toepassing is. De terugwinning van condensatiewarmte zal worden meegenomen via de  $\alpha_{lrh,cond}$  factor, zie N.3.4.3.6, N.4.4.3.12 en N.4.4.3.13.

### N.5.2.2.3 Verliezen door het omhulsel van de opwekker $\alpha_{lrh;env}$

De verliezen door het omhulsel van de opwekker  $\alpha_{lrh;env}$  worden op 0 gezet.

### N.5.2.3 Bijzondere gevallen

Als de kachel of lokale verwarmer is uitgerust met een systeem dat verwarmde lucht opwekt en verspreid in aangrenzende ruimten, zal de rekenzone van de kachel of lokale verwarmer ook deze aangrenzende ruimten bevatten, gegeven dat het beschikbare vermogen voldoende is.

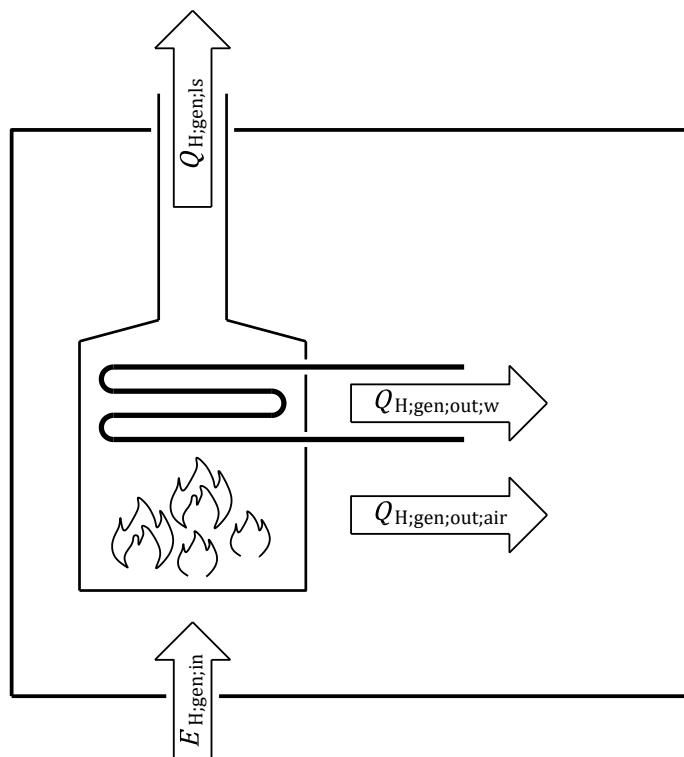
#### N.5.2.4 Invoergegevens voor lokale vaste brandstof verwarmers in Lot 20 van Ecodesign-reglement

Voor lokale vaste brandstof verwarmers die voldoen aan NEN-EN 16510-1, prEN 16510-2-1, prEN 16510-2-2 en prEN 16510-2-6 geeft N.7 de overeenkomsten tussen de gegevens van het geharmoniseerde informatieblad volgens het ontwerp van het Ecodesign-reglement en de invoergegevens vereist voor de toepassing van deze NTA.

#### N.5.3 Kachels en lokale verwarmers met een verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem

##### N.5.3.1 Algemeen

De verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem in een warmtewisselaar die warmte  $Q_{H;gen;out;w}$  levert aan een watergedragen circuit wordt weergegeven in figuur N.1.



**Figuur N.1 — Kachel met verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem**

Deze berekeningsmethode is gebaseerd op de veronderstelling dat het bedrijf van de kachel wordt geregeld volgens de verwarmingseisen in de ruimte waar de kachel staat ( $Q_{H;gen;out;air}$ ). De warmte naar het watersysteem wordt niet onafhankelijk geregeld en wordt verondersteld proportioneel te zijn aan de vrijgekomen warmte in de ruimte.

##### N.5.3.2 Output gegevens

Als toevoeging op de output gegevens gegeven in N.3.1 voor aan/uit verwarmers, worden de aanvullende output gegevens gegeven in tabel N.9 bepaald.

**Tabel N.9 — Aanvullende output gegevens voor kachels verbonden aan een watergedragen verwarmingssysteem.**

Omschrijving	Symbol	Eenheid	Geldigheid sinterval	Bestemming hoofdstuk
Werkelijke geleverde energie aan het water in het berekeningsinterval	$Q_{H;gen,out;w}$	kWh	0 tot $\infty$	9

### N.5.3.3 Specifieke invoergegevens

Voor verwarmers verbonden aan een watergedragen verwarmingssysteem, moeten de volgende aanvullende gegevens:

- nominaal output vermogen naar de lucht  $\Phi_{lrh,out;air}$ ;
- nominaal output vermogen naar het water  $\Phi_{lrh,out;w}$ ;
- verbrandingsrendement  $\eta_{lrh,cmb}$ ;

gelijk zijn aan de waarde aangegeven door de fabrikant voor de normen NEN-EN13240, NEN-EN 13229 of NEN-EN 14785.

**Tabel N.10 — Aanvullende invoergegevens voor verwarmers verbonden aan een watergedragen verwarmingssysteem**

Karakteristieken	Symbol	Catalogus eenheid	Berekende eenheid	Geldigheids-Interval	Ref.	Wisselend
Output nominaal vermogen naar lucht	$\Phi_{lrh,cmb;Pn}$	kW	kW	0 tot $\infty$	N.5.3.3	NEE
Output nominaal vermogen naar water	$\Phi_{lrh,out;w}$	kW	kW	0 tot $\infty$	N.5.3.3	NEE
Verbrandingsrendement	$\eta_{lrh,cmb}$	%	%	0 tot 120	N.5.3.3	NEE

De warmte input bij volledige belasting  $\Phi_{lrh,cmb,Pn}$  wordt gegeven door:

$$\Phi_{lrh,cmb;Pn} = \frac{\Phi_{lrh,out;air} + \Phi_{lrh,out;w}}{\eta_{lrh,cmb}} \quad (N.77)$$

Voor de berekening van de belastingsfactor gebaseerd op de output naar lucht wordt het rendement naar lucht  $\eta_{lrh,cmb;air}$  gegeven door

$$\eta_{lrh,cmb;Pn;air} = \frac{\Phi_{lrh,out;air}}{\Phi_{lrh,cmb;Pn}} \quad (N.78)$$

en de verliezen naar de schoorsteen met brander aan  $\alpha_{lrh,ch;ON}$  worden gegeven door:

$$\alpha_{lrh,ch;ON} = 100 - \eta_{lrh,cmb;Pn;air} \quad (N.79)$$

### N.5.3.4 Berekeningsprocedure

Voor kachels met een verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem wordt de berekeningsmethode gespecificeerd in N.3 (aan/uit verwarmers), gebruikt met de volgende aanvullende specificaties.

- Het totale opgenomen vermogen  $\Phi_{lrh;cmb;Pn}$  en het rendement naar lucht  $\eta_{lrh;cmb;air}$  worden gebruikt.
- De verliezen door de omhulsel van de opwekker  $\alpha_{lrh;env}$  worden op 0 gezet.
- Er wordt aangenomen dat geen condensatie optreedt.
- Als de kachel of lokale verwarmter is uitgerust met een systeem dat verwarmde lucht opwekt en verspreidt in aangrenzende ruimten, zal de rekenzone van de kachel of lokale verwarmter ook deze aangrenzende ruimten bevatten, aangenomen dat het beschikbare vermogen voldoende is.

### N.5.3.5 Specifieke gegevens output berekening

Nadat de berekening is uitgevoerd wordt de beschikbare warmte naar het water  $Q_{H;gen;out;w}$  als volgt bepaald:

$$Q_{H;gen;out;w} = Q_{H;gen;out;air} \cdot \frac{\Phi_{lrh;out;w}}{\Phi_{lrh;out;air}} \quad (\text{N.80})$$

### N.5.3.6 Kachels en lokale verwarmers met automatische aanvoer regeling

Voor kachels en lokale verwarmers met een automatische aanvoer regeling en een verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem wordt de maximale belastingsfactor  $\beta_{lrh;cmb;\max}$  gegeven door:

$$\beta_{lrh;cmb;\max} = \frac{Q_{H;gen;out}}{t_{gnr} \cdot \eta_{lrh;cmb} \cdot (\Phi_{lrh;out;w} + \Phi_{lrh;out;air})} \quad (\text{N.81})$$

**OPMERKING** dit is een benadering gebaseerd op het feit dat de kachel of lokale verwarmter zal stoppen als de output van lucht of water groter wordt dan vereist. De beperking van de output naar lucht is opgenomen in de berekeningsmethode. Een inschatting van de vereiste reductie van output in het geval van overmatige productie van warmte voor het watergedragen verwarmingssysteem zou vragen om iteratie. Deze inschatting blijft aan de veilige kant. De toegestane warmte output naar het water zal tenminste de integratie zijn die vereist is in de ruimte waar de kachel of lokale verwarmter staat, vandaar ook de beperking gebaseerd op de totale output (water + lucht) naar de ruimte waar de kachel of lokale verwarmter staat.

## N.6 Forfataire keuzes, invoergegevens en referenties

### N.6.1 Introductie

Alle tabellen in dit hoofdstuk zijn gevuld met complete sets van informatieve forfataire keuzes, invoergegevens en referenties.

**OPERMKING 1** In komende versies van deze NTA kunnen sommige informatieve forfataire waarden en keuzen normatief worden.

**OPMERKING 2** Gebruik maken van forfataire waarden garandeert geen consistentie van waarden.

### N.6.2 Referenties

De referenties, aangegeven met module nummer, worden gegeven in tabel N.11.

**Tabel N.11 — Referenties**

<b>Referentie</b>	<b>Referentie document</b>	
	<b>Nummer</b>	<b>Titel</b>
<b>M1-9/1</b>	NEN-EN-ISO 52000-1	Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment – Part 1: General framework and procedures OPMERKING: Duur van de berekeningsinterval, opwekking input, type brandstof
<b>M1-10/1</b>	NEN-EN-ISO 52000-1	Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment – Part 1: General framework and procedures OPMERKING: Calorische waarde van brandstof
<b>M1-13/1</b>	Hoofdstuk 17	OPMERKING: Gemiddelde buitentemperatuur tijdens de berekeningsinterval (tabel N.6)
<b>M2-2/1</b>	NEN-EN-ISO 52016-1	Energy performance of buildings — Calculation of the energy needs for heating and cooling, internal temperatures and heating and cooling load in a building or building zone — Part 1: Calculation procedures OPMERKING: Terugwinbare warmteverliezen
<b>M3-1/1</b>	NEN-EN 15316-1	Heating systems in buildings — Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies — Part 1 OPMERKING: Warmtevraag, bedrijfstijd
<b>M3-1/2</b>	NEN-EN 15316-1	Heating systems in buildings — Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies — Part 1 OPMERKING: Opwekking input, totale hulpenergie, maximaal geleverde warmte, werkelijk geleverde warmte

## N.6.3 Productgegevens

### N.6.3.1 Productspecificaties

#### N.6.3.1.1 Type verwarmers

Deze codering identificeert het type lokale verwarmers volgens de lijst gegeven in tabel N.12.

Identificatiecode: LRH\_TYPE

**Tabel N.12 — Codering voor type verwarmers**

<b>Code</b>	<b>Betekenis</b>
LRH_TYPE_LUM	Hoge-temperatuurstraler
LRH_TYPE_RADNOFLUE	Donkerstraler zonder rookkanaal
LRH_TYPE_RADFLUE	Donkerstraler met rookkanaal
LRH_TYPE_AIRONOFF	Luchtverwarmer, AAN/UIT
LRH_TYPE_AIRMODUALL	Luchtverwarmer differentiërende output en verbrandingslucht
LRH_TYPE_AIRMODUGAS	Luchtverwarmer differentiërende output en geen verbrandingslucht
LRH_TYPE_STOVE	Kachel
LRH_TYPE_LOCAL	Lokale verwarmers
LRH_TYPE_LCLSOLID	Vaste brandstof verwarmers beschreven in lot 20 van Ecodesign-bepalingen

### N.6.3.1.2 Type energiegebruik (energiefunctie)

Deze codering identificeert het type energiegebruik.

Identificatiecode: LRH\_USE

**Tabel N.13 — Codering voor energiegebruik**

Code	Betekenis
LRH_USE_H	Ruimteverwarming

### N.6.3.1.3 Brandstof

Deze codering identificeert het type brandstof dat wordt gebruikt.

Identificatiecode: LRH\_FUEL

**Tabel N.14 — Codering voor type brandstof**

Code	Betekenis
LRH_FUEL_GAS	Aardgas
LRH_FUEL_LPG	LPG
LRH_FUEL_OIL	olie
LRH_FUEL_BM	biomassa
LRH_FUEL_PLT	houtpellets

OPMERKING De codes voor de brandstoffen zijn indices gedefinieerd in hoofdstuk 9.

### N.6.3.1.4 Type vermogensregeling

Deze codering identificeert het type vermogensregeling.

Identificatiecode: LRH\_CTRL\_POW

**Tabel N.15 — Codering voor type vermogensregeling**

Code	Betekenis
LRH_CTRL_POW_ONOFF	Aan-uit regeling
LRH_CTRL_POW_STEP	Hoog-laag regeling
LRH_CTRL_POW_MODUL	Differentiërende regeling

### N.6.3.1.5 Condenserende verwarmers

Deze codering identificeert of het een condenserende verwarmers betreft.

Identificatiecode: LRH\_COND

**Tabel N.16 — Codering voor condenserende verwarmers**

Code	Betekenis
LRH_COND_YES	Condenserende verwarmers
LRH_COND_NO	Niet condenserende verwarmers

**N.6.3.1.6 Waakvlam ontsteking**

Deze codering identificeert of er een waakvlam wordt gebruikt voor ontsteking.

Identificatiecode: LRH\_PILOT

**Tabel N.17 — Codering voor aanwezigheid waakvlam**

Code	Betekenis
LRH_PILOT_YES	Waakvlam ontsteking
LRH_PILOT_NO	Geen waakvlam

**N.6.3.1.7 Vereiste ventilatie**

Deze codering identificeert of er ventilatie van de installatieruimte is vereist (type A verwarmers).

Identificatiecode: LRH\_VENT

**Tabel N.18 — Codering voor vereiste ventilatie en type**

Code	Betekenis
LRH_VENT_YES	Ventilatie vereist
LRH_VENT_INTERLOCK	Ventilatie vereist, met blokkering
LRH_VENT_NO	Geen ventilatie vereist

**N.6.3.1.8 Verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem**

Deze codering identificeert of de verwarmers een warmtewisselaar bevatten die verbonden worden aan een watergedragen verwarmingssysteem.

Identificatiecode: LRH\_WCONN

**Tabel N.19 — Codering voor beschikbaarheid van een verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem**

Code	Betekenis
LRH_WCONN_YES	Verbinding beschikbaar
LRH_WCONN_NO	Geen verbinding beschikbaar

#### N.6.4 Technische productgegevens

**Tabel N.20 — Forfataire waarden van  $\theta_{\text{gen;air;test}}$ ,  $f_{\text{corr;ch;on}}$  en  $\alpha_{\text{ch;on}}$**

Type toestel			Productiedatum		
			<i>na 2005</i>	<i>1990 - 2005</i>	<i>voor 1990</i>
Omschrijving	$\theta_{\text{lrh;air;test;on}}$ °C	$f_{\text{lrh;corr;ch;on}}$ -	$\alpha_{\text{ch;on}}$ %	$\alpha_{\text{ch;on}}$ %	$\alpha_{\text{ch;on}}$ %
Hoge-temperatuurstraler	20	0	0	0	0
Donkerstraler zonder rookkanaal	20	0	0	0	0
Donkerstraler met rookkanaal	20	0,25	10	13	16
Luchtverwarmer met atmosferische brander	20	0,18	13	15	18
Luchtverwarmer met ventilatorbrander	20	0,18	10	13	16
Luchtverwarmer differentiërende output	20	0,18	8	10	n.v.t.
Condens luchtverwarmer	20	0,18	5	n.v.t.	n.v.t.

**Tabel N.21 — Toegestane gegevensbron voor  $\alpha_{\text{ch;on}}$**

Randvoorraarde	Databron			
	Data fabrikant	Gemeten waarde	Onderhoud logboek	Forfatair volgens tabel N.19
Ontwerp berekening energieprestatie	X	-	-	-
Bestaand gebouw, $\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}} \leq 100 \text{ kW}$	X	X	X	X
Bestaand gebouw, $\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}} > 100 \text{ kW}$	X	X	X	

X = Toegestane gegevensbron  
- = Niet toegestane gegevensbron

**Tabel N.22 — Forfataire waarden van  $n_{\text{ch;on}}$ ,  $k_{\text{lrh;aux;blw}}$ ,  $k_{\text{lrh;aux;br}}$ , en  $k_{\text{lrh;aux;sby}}$**

Omschrijving	$c_{\text{lrh;ass;on}}$ kg/kW	$n_{\text{lrh;ch;on}}$ -	$k_{\text{lrh;aux;blw}}$ % van $\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}$	$k_{\text{lrh;aux;br}}$ % van $\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}$	$k_{\text{lrh;aux;sby}}$ % van $\Phi_{\text{lrh;cmb;Pn}}$
Hoge-temperatuurstraler (zonder rookkanaal)	NA	NA	0	0,18	0,0
Donkerstraler $\leq 60 \text{ kW}$ (zie opmerking 3)	1 tot 2	0,1	0	0,25	0,0
Donkerstraler $> 60 \text{ kW}$ (zie opmerking 4)	> 2	0,15	2	0,3	0,0
Luchtverwarmer (centrifugaal blazen)	1 tot 2	0,1	0	1,7	0,0
Luchtverwarmer (axiaal blazen)	1 tot 2	0,1	0	0,9	0,0

OPMERKING 1  $c_{\text{mass;ch;on}}$  is de verhouding tussen de massa van het oppervlak waar de warmtewisseling plaatsvindt tussen rookgas en lucht, en de nominale warmte input in kg/kW.

OPMERKING 2  $y_{\text{aux;blw}}$  is de vermogensfactor van aanvullende hulpapparatuur (na de brander), uitgedrukt als percentage van de nominale warmte input van de opwekker (systeem).

OPMERKING 3 Standaard donkerstraler, buisdiameter <105 mm, vermogensbereik 10 tot 60 kW, rookgassen recirculeren niet in het buizensysteem, opwekker geïnstalleerd in de verwarmde ruimte.

OPMERKING 4 Grote donkerstraler 105 – 400 mm, vermogensbereik grotendeels > 60 kW, rookgassen recirculeren deels in het buizensysteem door tweede ventilator, opwekker geïnstalleerd in of buiten de verwarmde ruimte.

OPMERKING 5 Waarde voor hulpvermogenfactor  $k_{\text{lrh;aux;br}}$  voor hoge-temperatuurstralers (0,18) neemt het vermogen mee van de ventilator(en) geïnstalleerd in het bovenste deel van de wanden of in het dak voor indirekte ontsnapping van de verbrandingsproducten van de apparaten samen met de ruimtelucht, volgens NEN-EN13410.

**Tabel N.23 — Forfataire waarden van parameters  $c_{\text{lrh;1}}$  en  $c_{\text{lrh;2}}$**

Type verwarming isolatie	$c_{\text{lrh;1}}$ %	$c_{\text{lrh;2}}$ %
Goed geïsoleerd, nieuw apparaat met hoog rendement	1,72	0,44
Goed geïsoleerd en onderhouden	3,45	0,88
Oud apparaat met gemiddelde isolatie	6,90	1,76
Oud apparaat met slechte isolatie	8,36	2,2
Geen isolatie	10,35	2,64
Kachel	0	0
Lokale verwarming	0	0

OPMERKING 6 Voor een kachel en lokale verwarming zijn de mantelverliezen gelijk aan nul, omdat dit met opzet een manier is om warmte te verplaatsen naar de verwarmde ruimte.

**Tabel N.24 — Forfataire waarden van  $\alpha_{\text{lrh;plt}}$**

Omschrijving	$\alpha_{\text{lrh;plt}}$ %
Verwarming met permanente waakvlam	2
Verwarming zonder permanente waakvlam	0

**Tabel N.25 — Forfataire waarden voor verbrandingsrendement van condenserende verwarmers op brandstof netto calorische waarde**

Omschrijving	$\eta_{\text{lrh;cmb}}$ %	$\eta_{\text{lrh;cmb;min}}$ %
Aan-Uit gasgestookte condenserende toestellen	104	
Hoog-laag of differentiërende gasgestookte condenserende toestellen met differentiërende verbrandingsluchtstroom	94	104
Hoog-laag of differentiërende gasgestookte condenserende toestellen zonder differentiërende verbrandingsluchtstroom	102	90

**Tabel N.26 — Aanvullende forfataire waarden voor hoog-laag-modulerende toestellen**  
 $\alpha_{ch, on, min}$

Type toestel		Productiedatum		
		na 2005	1990 - 2005	voor 1990
Omschrijving	$\beta_{lrh; cmb; Pmin}$ -	$\alpha_{ch; on; Pmin}$ %	$\alpha_{ch; on; Pmin}$ %	$\alpha_{ch; o; Pmin}$ %
Hoge-temperatuurstraler	0,5	0	0	0
Donkerstraler zonder rookkanaal	0,7	0	0	0
Donkerstraler met rookkanaal	0,7	8	10	13
Luchtverwarmer differentiërende output en verbrandingslucht	0,7	6	8	10
Luchtverwarmer differentiërende output en geen verbrandingslucht	0,7	12	14	n.v.t.
Differentiërende verdampende luchtverwarmer	0,3	3	n.v.t.	n.v.t.

**Tabel N.27 — Forfataire waarden voor verbrandingsrendement kachels**

Omschrijving	$\eta_{lrh; cmb}$ %	$\eta_{lrh; cmb; Pmin}$ %
Met vaste brandstof gestookte ruimteverwarmingen volgens NEN-EN 13240	50	-
Voorzetkachels inclusief open haarden voor vaste brandstoffen volgens NEN-EN13229	30	.
Huishoudelijke ruimteverwarmingstoestellen gestookt met geperst hout volgens NEN-EN 14785	75	.
Accumulerende toestellen gestookt met vaste brandstof volgens NEN-EN 15250	70	.

## N.6.5 Systeem ontwerpgegevens

**Tabel N.28 — Forfataire waarden voor  $k_{lrh; aux; rh}$**

Omschrijving	$k_{lrh; aux; rh}$
Verwarmer bevindt zich in de verwarmde ruimte	1,0
Verwarmer bevindt zich buiten de verwarmde ruimte	0,8

**Tabel N.29 — Forfataire waarden voor correctiefactor voor mantelverliezen  $k_{lrh;env}$** 

Type verwarmen en locatie	$k_{lrh;env}$
	-
Verwarmer geïnstalleerd binnennin de verwarmde ruimte zonder direct contact met wand of dak	0
Verwarmer geïnstalleerd binnennin de verwarmde ruimte met direct contact met wand of dak	0,1
Verwarmer geïnstalleerd binnennin een ketelruimte	0,7
Verwarmer geïnstalleerd onder het dak, buiten de verwarmde ruimte	0,8
Verwarmer buiten geïnstalleerd	1,0

**Tabel N.30 — Forfataire gegevens voor berekening mechanische ventilatie**

Parameter	Omschrijving	Forfataire waarde	Eenheid
$V_{vent}$	Hoeveelheid specifieke ventilatie nodig om de rookgassen te verwijderen	10	$m^3/h$ per kW
$\Delta\vartheta_{lrh;rad}$	Temperatuurverschil in het gebouw tussen lucht- en stralingstemperatuur (gebouw verwarmd met donkerstralers)	2,5	K
$d_{\vartheta;H}$	Verticale gradiënt van luchttemperatuur voor gebouwen verwarmd met donkerstralers	0,3	K/m

#### N.6.6 Methode selectiecriteria

**Tabel N.31 — Procedure selectiecriteria**

Type brander regeling	Toepasbare procedure
LRH_CTRL_POW_ONOFF	N.3 – aan/uit verwarmers
LRH_CTRL_POW_STEP	N.4 – Hoog-laag en modulerende verwarmers
LRH_CTRL_POW_MODUL	N.4 - Hoog-laag en modulerende verwarmers

**Tabel N.32 — Procedure selectiecriteria voor kachels en lokale verwarmers**

Type kachel	Toepasbare procedure
LRH_WCONN_NO	N.5.2 – Kachels en lokale verwarmers zonder verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem
LRH_WCOMM_YES	N.5.3 – Kachels en lokale verwarmers met een verbinding naar een watergedragen verwarmingssysteem

## N.7 Gegevensspecificatie volgens bepalingen voor lokale verwarmers op vaste brandstof van Ecodesign vergeleken met benodigde productgegevens voor deze bijlage N

Tabel N.33 bevat een vergelijking tussen de specificaties volgens Ecodesign voor lokale verwarmers op vaste brandstof met de benodigde invoergegevens voor deze bijlage N.

**Tabel N.33 — Vergelijking technische productgegevens**

Inputgegevens voor deze bijlage N			Data volgens Tabel 1 van Ecodesign-bepalingen		
Symbol	Eenheid	Vergelijking	Symbol	Eenheid	Omschrijving
$\Phi_{lrh;cmb;Pn}$	kW	$\Phi_{lrh;cmb;Pn} = P_{nom} \times \eta_{th,nom}$	$P_{nom}$	kW	Nominale warmte output
$\alpha_{lrh;ch;ON}$	%	$\alpha_{lrh;ch;ON} = 100 - \eta_{th,nom}$ Zie N.5.2.2.2	$\eta_{th,nom}$	%	Rendement bij nominaal vermogen met voorkeursbrandstof
		Als een tweede brandstof wordt gebruikt, dan $\Phi_{lrh;cmb;Pn} = P_{nom} \times \eta_s$ $\alpha_{lrh;ch;ON} = 100 - \eta_s$	$\eta_s$	%	Rendement bij nominaal vermogen met tweede brandstof
$f_{lrh;corr;ch;ON}$	-	Niet beschikbaar, gebruik forfaitaire waarde			
$\vartheta_{lrh;air;test;ON}$	°C	Niet beschikbaar, gebruik forfaitaire waarde			
$n_{lrh;ch;ON}$	-	Niet beschikbaar, gebruik forfaitaire waarde			
$\Phi_{lrh;aux;br;Pn}$	W	$\Phi_{lrh;aux;br;Pn} = el_{max}$	$el_{max}$	kW	Hulpenergie bij maximaal vermogen
$\Phi_{lrh;aux;blw;Pn}$	W	Ingesteld op 0. Alle hulpapparatuur zijn in $\Phi_{lrh;aux;br;Pn}$			
$\Phi_{lrh;aux;sby}$	W	$\Phi_{lrh;aux;sby} = el_{SB}$	$el_{SB}$	kW	Hulpenergie op stand-by
$\alpha_{lrh;env}$	%	Ingesteld op 0. Verliezen door het omhulsel is de normale wijze om warmte te verplaatsen naar de verwarmde ruimte			
$\alpha_{lrh;pilot}$	%	$\alpha_{lrh;pilot} = 100 \times P_{Pilot} / \Phi_{lrh;cmb;Pn}$	$P_{pilot}$	kW	Vermogen waakvlam
Aanvullende gegevens voor condenserende toestellen					
$\eta_{lrh;cmb;Pn}$	%	$\eta_{lrh;cmb;Pn} = \eta_{th,nom}$ Zie N.5.2.2.2			

Inputgegevens voor deze bijlage N			Data volgens Tabel 1 van Ecodesign-bepalingen		
Symbol	Eenheid	Vergelijking	Symbol	Eenheid	Omschrijving
Aanvullende gegevens voor hoog-laag en differentiërende toestellen					
$\Phi_{lrh,cmb,Pmin}$	kW	$\Phi_{lrh,cmb;Pmin} = P_{min} \times \eta_{th,min}$	$P_{min}$	kW	Minimum warmte output
$\alpha_{lrh,ch,ON,Pmin}$	%	$\alpha_{lrh,ch,ON;Pmin} = 100 - \eta_{th,min}$ Zie N.5.2.2.2	$\eta_{th,min}$	%	Rendement bij minimumvermogen en met voorkeursbrandstof
		Als een tweede brandstof wordt gebruikt mist er informatie over minimumvermogen en rendement bij minimum vermogen			
$\beta_{lrh,cmb;Pmin}$		$\beta_{lrh,cmb;Pmin} = \Phi_{lrh,cmb;Pn}/\Phi_{lrh,cmb;Pmin}$			
$\Phi_{lrh;aux;br;Pmin}$	kW	$\Phi_{lrh;aux;br;Pmin} = el_{min}$	$el_{min}$	kW	hulpenergie bij minimum vermogen
$\Phi_{lrh;aux;blw;Pmin}$	kW	Ingesteld op 0. Alle hulpapparatuur zijn in $\Phi_{lrh;aux;br;Pn}$			
Aanvullende gegevens voor hoog-laag en differentiërende condenserende toestellen					
$\eta_{lrh,cmb;min}$	%	$\eta_{lrh,cmb;min} = \eta_{th,min}$ Zie N.5.2.2.2			
Aanvullende gegevens voor verwarmers verbonden aan een watergedragen verwarmingssysteem					
$\Phi_{lrh,out;air}$	kW	$\Phi_{lrh,out;air} = P_{dir}$	Ongedefinieerd ( $P_{dir}$ )	kW	Directe warmte output
$\Phi_{lrh,out;w}$	kW	$\Phi_{lrh,out;w} = P_{ind}$	Ongedefinieerd ( $P_{ind}$ )	kW	Indirecte warmte output

Het rendement wordt aangegeven met de netto calorische waarde van de brandstof.

Het rendement kan verschillen per brandstof. Het rendement kan worden gegeven voor een aantal tweede brandstoffen.

**Tabel N.34 — Vergelijking omschrijvende productgegevens**

Data in relatie tot tabel 1 van de Ecodesign-verordening			
Codering	Criteria	Eenheid	Codering omschrijving in Tabel 1 van Ecodesign-bepalingen voor lot 20
LRH_TYPE	LRH_TYPE = LHR_TYPE_LCLOLID Geen keuze voor deze codering		
LRH_USE	LRH_USE = LHR_H Geen keuze voor deze codering		
LRH_FUEL	Afhankelijk van de brandstof die werkelijk is gebruikt		
LRS_CTRL_POW	Als P <sub>min</sub> is gedefinieerd: LRS_CTRL_POW_MODU Als P <sub>min</sub> is [n.v.t.]: LRS_CTRL_POW_ONOFF		
LRH_COND	Als η <sub>th;nom</sub> > 100 of η <sub>th;min</sub> > 100 dan LHR_COND_YES anders LHR_COND_NO		
LRH_PILOT	Als P <sub>Pilot</sub> is gedefinieerd: LRS_PILOT_YES Als P <sub>Pilot</sub> is [n.v.t.]: LRS_PILOT_NO		
LRH_VENT	Afhankelijk van specifieke toepassing		
LRH_WCONN	Als indirect verwarmingsfunctionaliteit = YES dan LRS_WCOMM_YES anders LRS_WCOMM_NO	Y/N	Indirecte verwarmingsfunctionaliteit

**Bijlage O**  
**(Op basis van bijlage C van NEN 7120)**  
 (normatief)

**Bepaling elektrisch hulpenergiegebruik voor centrale verwarming met individuele toestellen**

## 0.1 Uitgangspunten

### 0.1.1 Meerdere toesteltypen

Indien verschillende toesteltypen uit één productfamilie identieke componenten en een identieke belastingsregeling hebben kan met het testen van het grootste toesteltype worden volstaan. In de presentatie van de resultaten moeten waar van toepassing de relevante specificaties van alle desbetreffende toesteltypen worden vermeld.

Indien toesteltypen uit één productfamilie componenten hebben met een lager gebruik (bijv. kleinere pomp) en een identieke belastingsregeling mag zonder verdere testen de gemeten prestatie van de grotere componenten worden toegepast voor het toestel met componenten met een lager gebruik.

### 0.1.2 Toestelinstellingen

Uitgangspunt zijn de fabrieksinstellingen van het toestel ten aanzien van alle aspecten die van invloed zijn op het hulpenergiegebruik. Dit betreft o.a.:

- a) voor- en nadraaitijd van pomp en eventuele ventilator;
- b) instelling stand pomp tijdens bedrijf en voor- en nadraaitijd.

De minimale nadraaitijd van de pomp moet ten minste 30 s bedragen. Een kortere nadraaitijd is toegelaten mits aan het eind van de nadraaitijd de cv-aanvoertemperatuur maximaal 2 K hoger ligt dan de retourtemperatuur.

### 0.1.3 Meetcondities

De meetcondities voor de bepaling van het hulpenergiegebruik zijn:

- a) omgevingstemperatuur installatieruimte:  $20^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$ ;
- b) constante retourtemperatuur: naar keuze tussen  $20^{\circ}\text{C}$  en  $60^{\circ}\text{C}$ , variatie  $\pm 3\text{ K}$  over de meetperiode;
- c) overige condities: identiek aan condities bij rendementsmeting (niet van invloed op deze metingen).

### 0.1.4 Vermogensmeting en meetnauwkeurigheid

De vermogensmeting is per component gericht op meting van het effectieve elektrisch vermogen. De vermogensmeting berust op de afzonderlijke meting van stroom ( $I$ ), spanning ( $U$ ) en de cosinus van de fasehoek tussen spanning en stroom ( $\cos(\varphi)$ ), waarna het vermogen ( $P$ ) wordt gevonden door vermenigvuldiging.

Het vermogen moet worden gemeten met een onnauwkeurigheid van ten hoogste 0,1 W.

### **0.1.5 Gemiddelde aantal van de brander of compressor**

Voor de gemiddelde aantal van de brander of compressor van een toestel met een nominaal toestelvermogen groter dan het maximaal afgiftevermogen wordt een waarde van 120 s bij volle belasting aangehouden. Indien het toestel in deelast wordt bedreven door zijn eigen regeling is het product van de gemiddelde belasting (bij de gemiddelde aantal) en de gemiddelde aantal gelijk aan 120 s bij volle belasting.

Voor bivalente toestellen wordt een waarde van 1 800 s aangehouden, mits het nominaal toestelvermogen kleiner is dan het maximaal afgiftevermogen in de woning. Dit komt overeen met de eis dat de beta-factor, zoals bepaald volgens 9.6.1 kleiner is dan 1. Anders moet de waarde worden bepaald op de hierboven gegeven wijze voor toestellen met een nominaal toestelvermogen groter dan het maximaal afgiftevermogen. Deze voorwaarde moet explicet, met de beide resulterende gegevens, in de verklaring worden opgenomen.

**OPMERKING** Gezien het lage preferente toestelvermogen van bivalente toestellen en de praktijk, waarbij de toestelregeling is gericht op beperking van het aantal toestelschakelingen, is een lange gemiddelde aantal vastgesteld voor bivalente toestellen.

### **0.1.6 Onvoorziene toestelvarianten**

Voor toestellen die op onderdelen andere karakteristieken vertonen dan hier behandeld moet voor verschillende scenario's voor de bedrijfswijze en andere invloedsfactoren het daarbij behorend elektriciteitsgebruik worden bepaald, waarna de hoogste waarde van het elektriciteitsgebruik ('worst case') als uitgangspunt moet worden genomen.

## **0.2 Testmethode**

### **0.2.1 Testopstelling**

Voor het uitvoeren van de metingen wordt het toestel waterzijdig aangesloten op een proefstand, waarmee een constante retourtemperatuur kan worden gerealiseerd.

Tevens moet de proefstand de mogelijkheid bieden van debietmeting en debietregeling, door verandering van de weerstand in het afgiftesysteem.

Het toestel wordt aangesloten op elektriciteit en gas.

Het gasgebruik wordt gemeten en op de geëigende wijze omgerekend naar de belasting van het toestel.

De apparatuur voor elektriciteitsmeting wordt naar behoeven en mogelijkheden zowel aan de netaansluiting als waar nodig intern aangesloten. De verschillende componenten worden zo veel mogelijk apart bemeten. Het is toegelaten verschillende componenten gelijktijdig te bemeten (bijv. ventilator, gasklep en stand-by) om vervolgens door aftrek van het gebruik van reeds bemeten componenten met een bij voorkeur constant gebruik, het gebruik van de nog niet bemeten component te bepalen.

## 0.2.2 Meting van de gewenste gegevens

Voor het toestel worden de volgende gegevens gemeten:

- $B_{\text{nom}}$  is de nominale belasting op bovenwaarde van het toestel, voor gas of een andere brandstof, of het opgenomen elektrisch vermogen voor elektrische toestellen, in kW, bepaald volgens NEN-EN 677 (alleen van toepassing voor bestaande bouw) voor gastoestellen of ('power input') volgens NEN-EN 14511-reeks voor warmtepompen, gecorigeerd voor stand-by-verbruik;
- $B_{\text{max;cv}}$  is de maximale belasting van het toestel voor de cv-functie, in kW, volgens fabrieksinstelling;
- $q_{\text{el;e0}}$  is het door elektronica opgenomen effectieve elektrisch vermogen tijdens stand-by, in W;
- $q_{\text{el;gk}}$  is het door de gasklep opgenomen effectieve elektrisch vermogen, in W;
- $q_{\text{el;p;b}}$  is het door de pomp opgenomen effectieve elektrisch vermogen tijdens toestelbedrijf, in W;
- $q_{\text{el;p;n}}$  is het door de pomp opgenomen effectieve elektrisch vermogen tijdens voor- en nadraaitijd, in W;
- $q_{\text{el;p}}(m_p)$  is het door de pomp opgenomen effectieve elektrisch vermogen, als functie van de pomppmodulatie (alleen voor modulerende pompen), in W;
- $q_{\text{el;v}}(m_b)$  is het door de ventilator opgenomen effectieve elektrisch vermogen, in W. Het vermogen wordt bepaald voor de toerentallen tussen minimum en maximum voor cv met een interval van 10 %;
- $t_{\text{p;vd}}$  is de voordraaitijd van de pomp, in s;
- $t_{\text{p;nd}}$  is de nadraaitijd van de pomp, in s;
- $t_{\text{v;vd}}$  is de voordraaitijd van de ventilator, in s;
- $t_{\text{v;nd}}$  is de nadraaitijd van de ventilator, in s.

Het pompvermogen wordt bepaald voor alle relevante standen en voor verschillende debieten/opvoerhoogten door verandering van de weerstand van het cv-systeem. Bij modulerende pompen wordt het vermogen gemeten met een interval van 10 % over het relevante modulatiebereik. Het pompvermogen wordt per stand of modulatie-instelling gemeten over het debietbereik tussen 20 % en 100 % van het maximale debiet, op ten minste zes punten.

Bij een modulerende pomp wordt het verloop van de pomppmodulatie bepaald in de tijd gedurende 5 min, waarbij de branderontsteking als het tijdstip 0 wordt aangenomen.

Bij een modulerende brander wordt het verloop van de branderbelasting bepaald in de tijd gedurende 5 min, waarbij de branderontsteking als het tijdstip 0 wordt aangenomen.

Bij een modulerende compressor wordt het verloop van de compressorbelasting bepaald in de tijd gedurende 5 min, waarbij de start van het compressorbedrijf als het tijdstip 0 wordt aangenomen.

Per vermogensmeting worden de volgende gegevens bepaald:

$U$  is de spanning, in V;

$I$  is de stroom, in A;

$\cos(\varphi)$  is de cosinus van de fasinhoek tussen spanning en stroom.

Het opgenomen vermogen wordt als volgt bepaald:

$$q_{\text{el}} = U \times I \times \cos(\varphi) \quad (0.1)$$

waarin:

$q_{\text{el}}$  is het opgenomen effectieve elektrisch vermogen, dat rechtstreeks wordt gemeten door de meetapparatuur, in W.

### 0.2.3 Bewerking van de gewenste gegevens

#### 0.2.3.1 Ventilatorvermogen

Voor het bepalen van het ventilatorvermogen als functie van de brandermodulatie wordt een lineaire rechtlijnige benadering gemaakt over het interval waarin de ventilator/brander voor de cv functioneert. Hiervoor wordt voor gastoestellen de gemeten belasting in kW omgerekend naar de modulatie,  $m_b$ , op basis van de nominale belasting,  $B_{\text{nom}}$ . De lineaire vergelijking heeft de vorm:

$$q_{\text{el},v}(m_b) = a + b \times m_b \quad (0.2)$$

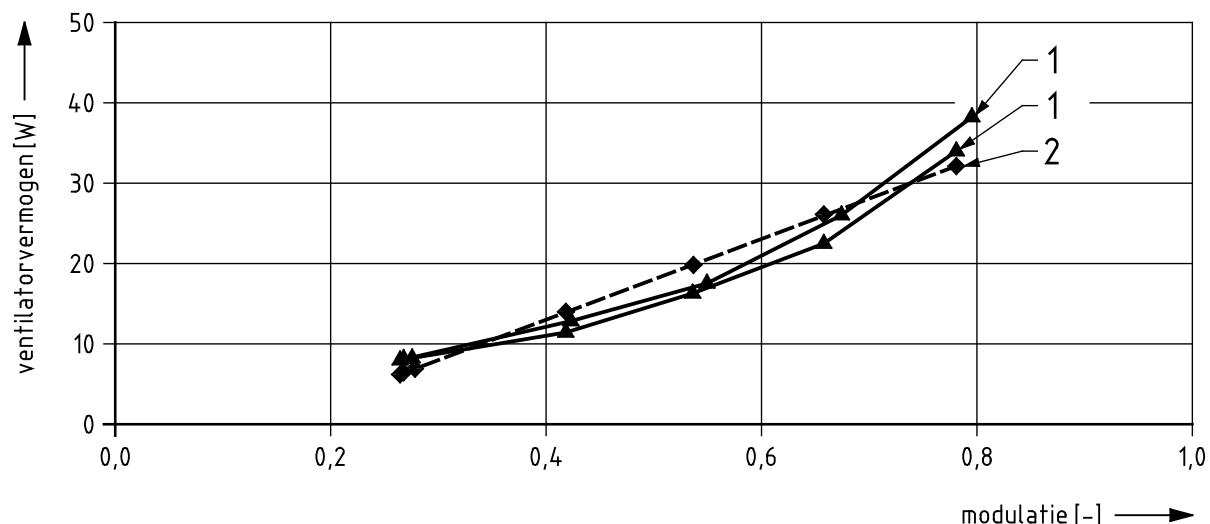
Een illustratie van deze aanpak is hieronder gegeven in tabel 0.1 en figuur 0.1. De meting is in dit voorbeeld dubbel uitgevoerd. Het ventilatorvermogen bij de hoogste waarden van de modulatie is buiten de rechtlijnige benadering gehouden omdat dit boven het maximale cv-vermogen ligt. De resulterende parameters a en b zijn hieronder gegeven:

a 3,1755

b 43,1635

**Tabel 0.1 — Illustratie gemeten ventilatorvermogen plus lineaire benadering**

Belasting (ow) kW	Modulatie $m_b$ -	Gemeten	Benadering	Verschil
		Ventilatorvermogen		
		W	W	W
41,35	1,03	74,6	41,4	33,2
36,63	0,92	51,8	36,4	15,4
31,33	0,78	34,2	30,6	3,5
26,38	0,66	22,5	25,3	-2,8
21,51	0,54	16,4	20,0	-3,6
16,80	0,42	11,4	14,9	-3,5
11,11	0,28	8,1	8,8	-0,7
10,72	0,27	8,1	8,4	-0,3
0,00	0,00	3,0	-3,2	6,2
10,59	0,26	8,2	8,3	-0,1
11,07	0,28	8,6	8,8	-0,1
16,99	0,42	12,7	15,2	-2,4
22,01	0,55	17,3	20,6	-3,2
27,04	0,68	26,0	26,0	0,0
31,88	0,80	38,3	31,2	7,1
36,88	0,92	58,5	36,6	21,8
41,44	1,04	78,6	41,5	37,0

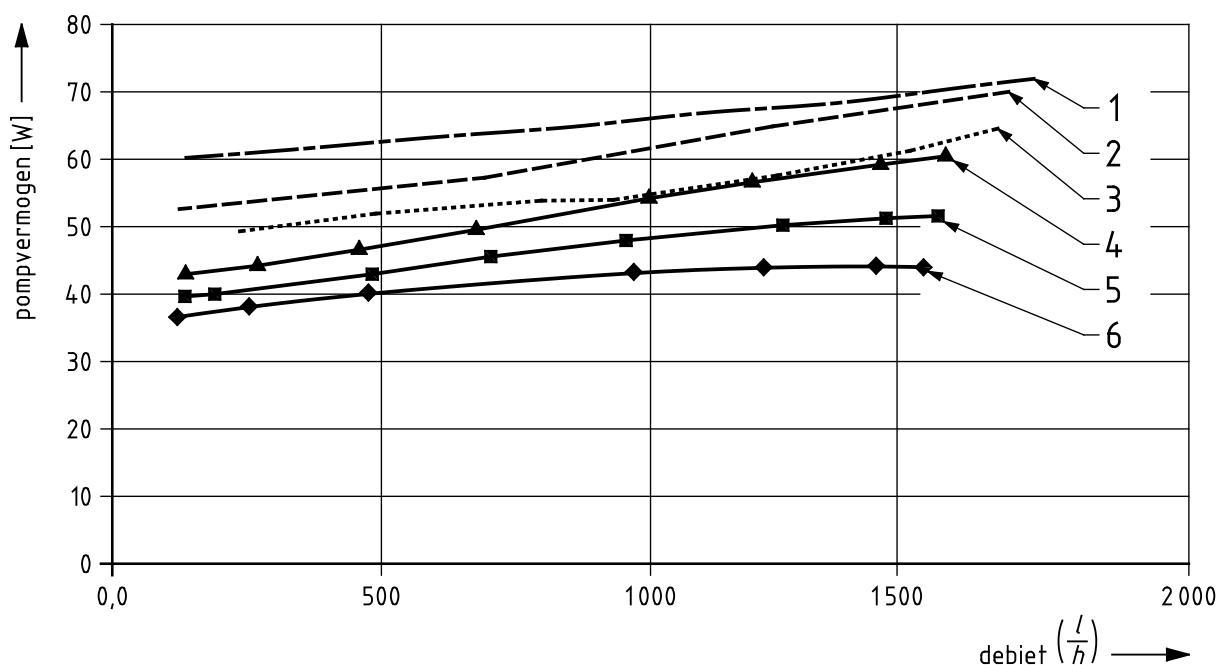
**Legenda**

- 1 gemeten ventilatorvermogen  
 2 benadering ventilatorvermogen

**Figuur 0.1 — Illustratie gemeten ventilatorvermogen plus lineaire benadering****0.2.3.2 Pompvermogen bij standenregeling**

Voor het bepalen van het ventilatorvermogen als functie van de stand wordt de hoogste gemeten waarde van het pompvermogen per stand gebruikt. Dit wegens de vlakke karakteristieken die in de regel worden aangetroffen en de onmogelijkheid om vooraf aan te geven op welke plaats in de karakteristieken de pomp daadwerkelijk zal draaien.

Een illustratie van de pompkarakteristieken is gegeven in figuur 0.2.



#### Legenda

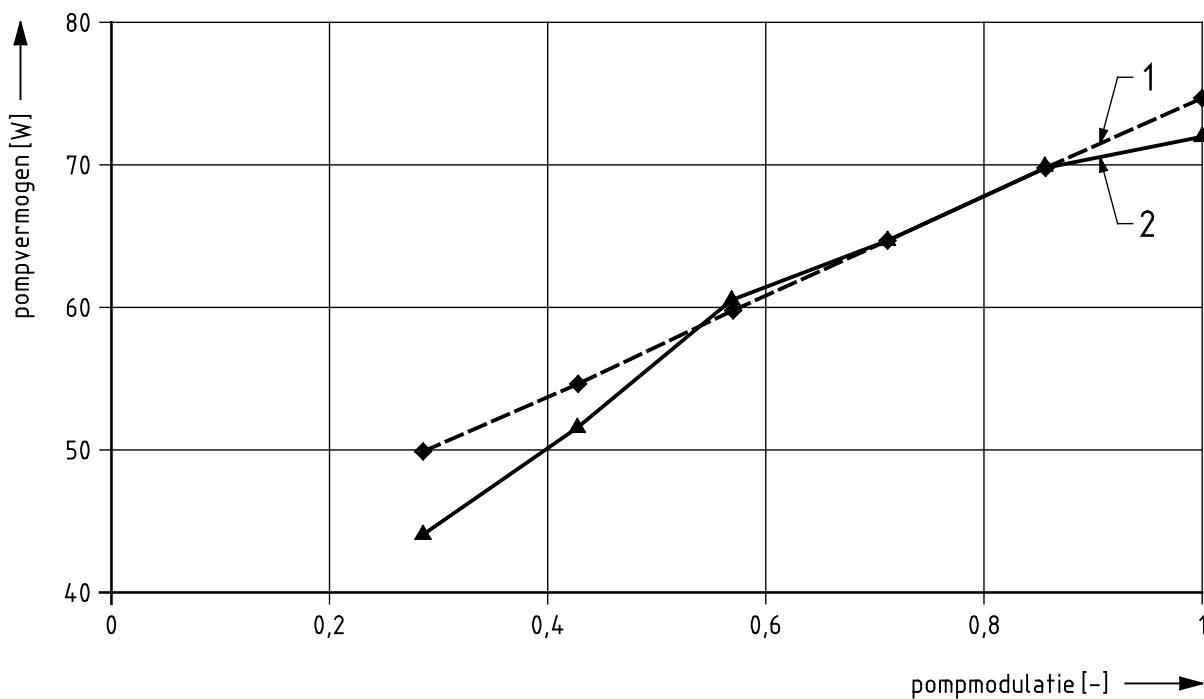
- 1 stand 7
- 2 stand 6
- 3 stand 5
- 4 stand 4
- 5 stand 3
- 6 stand 2

**Figuur 0.2 — Illustratie gemeten pompvermogen per stand**

#### 0.2.3.3 Pompvermogen bij modulerende pomp

Voor het bepalen van het pompvermogen als functie van de pomppmodulatie wordt een lineaire benadering gemaakt over het interval waarin de pomp voor de cv functioneert, analoog aan de werkwijze voor de ventilator. Ook hiervoor wordt per modulatie-instelling de hoogste gemeten waarde van het pompvermogen gebruikt. De lineaire vergelijking heeft de volgende vorm:

$$q_{el;p}(m_p) = c + d \times m_p \quad (0.3)$$

**Legenda**

- 1 benadering pompvermogen  
2 gemeten pompvermogen

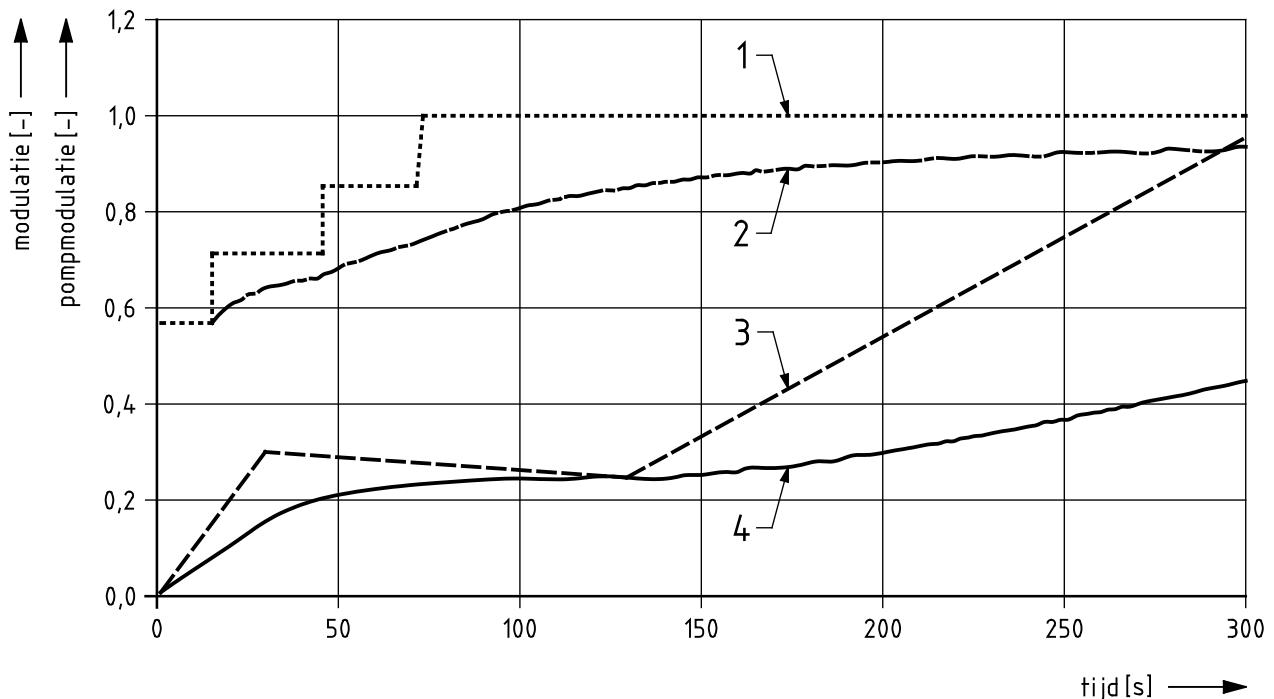
**Figuur 0.3 — Illustratie gemeten pompvermogen plus lineaire benadering****0.2.3.4 Gemiddelde belasting en pomppmodulatie**

Voor modulerende toestellen wordt het verloop van de momentane belasting in de tijd vastgelegd en omgerekend naar de gemiddelde (voortschrijdende) belasting. De gemiddelde aantijd en belasting worden zo bepaald dat zij voldoen aan de regels volgens tabel 0.1.5

**Tabel 0.2 — Illustratie berekende gemiddelde belasting en gemiddelde pomppmodulatie**

Aantijd s	Gemiddelde belasting	Gemiddelde pomppmodulatie
60	0,22	0,71
120	0,25	0,84
180	0,28	0,90
240	0,35	0,92
300	0,45	0,94

In het voorbeeld van tabel 0.2 ligt de gemiddelde aantijd tussen 240 s en 300 s. Bij een gemiddelde aantijd van 240 s bedraagt het product van de gemiddelde belasting (bij de gemiddelde aantijd) en de gemiddelde aantijd 84 (< 120). Bij een gemiddelde aantijd van 300 s bedraagt het product van de gemiddelde belasting (bij de gemiddelde aantijd) en de gemiddelde aantijd 135 (> 120).



#### Legenda

- 1 momentane pomppmodulatie [-]
- 2 gemiddelde pomppmodulatie [-]
- 3 momentane belasting [-]
- 4 gemiddelde belasting [-]

Figuur 0.4 — Illustratie momentane en gemiddelde belasting en pomppmodulatie

## Bijlage P (normatief)

# Bepalingsmethode voor gebiedsmaatregelen

### P.1 Inleiding

In deze bijlage wordt de bepalingsmethode voor de bijdrage van de energie-infrastructuur op gebiedsniveau aan de energieprestatie van een gebouw beschreven. De basis voor deze bijlage is NEN 7125:2017 waarbij een aantal aanpassingen zijn doorgevoerd om deze bijlage in lijn te brengen met beleidmatige keuzes waaronder:

- het vervallen van de mogelijkheid om duurzame elektriciteit en gas die getransporteerd worden via het landelijke netwerk, te alloceren aan specifieke afnemers. Uitzondering hierop vormt het elektriciteitsgebruik van elektrische opwekkers dat heeft plaatsgevonden in de flexmodus;
- de keuze van het ministerie van Economische zaken en Klimaat voor het bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissie van een WKK met derving;
- bij het bepalen van de RER<sub>PrenTot</sub>-indicator, het aandeel hernieuwbare energie en restwarmte, wordt zowel de hoeveelheid hernieuwbare energie als de hoeveelheid restwarmte en/of -koude in het aandeel hernieuwbare energie en restwarmte meegerekend.

OPMERKING 1 Het betrekken van de hoeveelheid restwarmte en/of -koude in de RER<sub>PrenTot</sub>-indicator is een beleidmatige keuze en gebaseerd op artikel 15 lid 3 van DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources.

OPMERKING 2 Lokaal geproduceerde hernieuwbare elektriciteit en gas, die niet getransporteerd worden via het landelijke netwerk, kunnen nog steeds worden gebruikt.

### P.2 Belangrijkste uitgangspunten van deze bijlage

#### P.2.1 Overzicht

- a) Toepasbaarheid voor nieuwbouw en bestaande bouw, utiliteitsbouw en woningbouw, dus ook voor zowel de nieuwe als de bestaande energie-infrastructuur.

Zo veel mogelijk is voor de verschillende energiesystemen dezelfde bepalingsmethode gebruikt, maar soms zijn er verschillen vanwege beschikbaarheid van gegevens of verschil in toepassing.

- b) De primaire energiefactor van een energiesysteem.

De energieprestatie van een energiesysteem (collectieve warmte- of koudevoorziening) wordt uitgedrukt met één primaire energiefactor, waarin de volgende onderdelen zijn opgenomen:

- de bijdrage van hernieuwbare warmte- of koudeopwekkers;
- het rendement van warmte- of koudeopwekkers;
- de verliezen van het distributienet;
- het hulpenergiegebruik;

- de waardering van de energiedragers (brandstof, elektriciteit);
- lokaal opgewekte elektriciteit.

Voor energiesystemen vindt de omrekening van verschillende energiedragers naar primaire energie plaats als de opwekkingsrendementen van verschillende opwekkers, de energiefactoren van de hierbij gebruikte energiedrager(s) en het totale hulpenergieverbruik worden gecombineerd tot één primaire energiefactor voor het gehele energiesysteem.

c) Als referentie zijn de klimaatgegevens van NEN 5060:2018+A1:2021 aangehouden.

d) Bepaling op jaar- en maandbasis.

De bepaling van de primaire energiefactor voor het gehele energiesysteem wordt op jaarbasis uitgevoerd, met uitzondering van:

- de opbrengstberekening van zonnecollectoren die op maandbasis wordt uitgevoerd;
- de bepaling van de distributieverliezen die naar keuze wordt uitgevoerd op maandbasis of op basis van het aantal uren met dezelfde buitentemperatuur.

Indien gewenst mogen voor afwijkende situaties berekeningen op maandbasis, uurbasis of op basis van het aantal uren met dezelfde bedrijfstoestand, worden uitgevoerd, bijvoorbeeld voor voorzieningen die sterk worden beïnvloed door of dynamisch reageren op wisselende buitencondities.

Voor het bepalen van de bijdrage van voorzieningen met een thermische opslagcapaciteit voor dagopslag of langer, zijn praktijkgegevens of een berekening met een uurmethode vereist. Dit is niet in deze norm uitgewerkt.

e) Beschikbaarheid en status van de gegevens van alle percelen in het gebied.

Als alle woningen en gebouwen in één bouwaanvraag worden behandeld zijn de in deze norm gevraagde gegevens in principe bekend en bepaald volgens NTA 8800.

Als dit niet het geval is, moeten voor de ontbrekende gegevens aannamen worden gedaan.

f) Eenduidige omschrijving van het hoofdtype en de gebiedsbegrenzing van een systeem voor externe warmte-, koude- of warmtapwaterlevering en vastleggen van de temperatuur van de warmte- of koudelevering en van eventuele limitaties aan de retourtemperatuur of begrenzing van het beschikbaar vermogen. Dit moet in een verklaring worden vastgelegd.

**OPMERKING** Met name voor bijvoorbeeld een WKO/koudwaternet dat o.a. als warmtebron voor warmtepompen dient of een laagtemperatuursysteem met boosterwarmtepompen in de aangesloten gebouwen zijn de beschikbare temperaturen en vermogens van belang.

## P.2.2 Vaste versus forfaitaire getalswaarden

In deze bijlage worden zowel vaste als forfaitaire rekenwaarden gehanteerd.

Forfaitaire rekenwaarden zijn die rekenwaarden waarbij NTA 8800 explicet aangeeft dat een afwijkende waarde kan worden toegepast. Het betreft vooral rekenwaarden voor de prestatie van een installatiecomponent.

Alle overige waarden zijn vaste of beleidsmatige getallen, omrekeningsgetallen, getallen die een standaardgebruik, standaardomstandigheden of een standaardwaardering uit oogpunt van rechtsgelijkheid vastleggen. Het betreft bijvoorbeeld de rekenwaarden voor fysische stofeigenschappen en de energiefactor van de verschillende energiedragers.

Ook bij deze vaste waarden kunnen zich situaties voordoen waarin de behoefte bestaat af te wijken, bijvoorbeeld omdat deze norm niet (voldoende) is toegesneden op een innovatieve oplossing.

In beide gevallen behoort, om een resultaat te verkrijgen waaraan dezelfde status kan worden toegekend als aan het resultaat van een bepaling volgens deze norm, bij de gevolgde methode wel rekening te zijn gehouden met de randvoorwaarden en de opgelegde waarden die bij de ontwikkeling van deze norm zijn gehanteerd.

### P.2.3 Kwaliteitsverklaring en kwaliteitsborging

De waardering van de energie-infrastructuur op gebiedsniveau (gebiedsmaatregel) is momenteel alleen mogelijk met een gecontroleerde kwaliteitsverklaring. Omdat een gebiedsmaatregel (bijvoorbeeld stadsverwarming) zowel energie levert aan nieuwbouw als bestaande bouw en een nieuw gebouw bij oplevering geldt als een bestaande gebouw, is het hebben van een gecontroleerde kwaliteitsverklaring voor de leverancier van de energie ook bij nieuwbouw vrijwel een praktische voorwaarde geworden.

Voor een kwaliteitsverklaring voor de gebiedsmaatregelen moet worden aangetoond dat alle maatregelen op gebiedsniveau zo zijn/worden gerealiseerd dat aannemelijk kan worden gemaakt dat de geclaimde energieprestatie van de gebiedsmaatregelen gehaald kan worden. Als de geclaimde prestatie op de kwaliteitsverklaring van de gebiedsmaatregelen voldoende is onderbouwd, wordt de kwaliteitsverklaring opgenomen in de database 'Gecontroleerde verklaringen' van het Bureau Controle en Registratie Gelijkwaardigheid (BCRG).

Voor de kwaliteitsborging mag worden verwacht dat de prestatie van de energie-infrastructuur wordt gemonitord en gerapporteerd. Dit geldt ook voor afspraken om te waarborgen dat de energieprestatie aan de toegezegde minimumwaarde voldoet; bijvoorbeeld in de vorm van een prestatiecontract.

Voor een nieuwe of vernieuwde energie-infrastructuur kan ervoor worden gekozen om met conservatieve aannamen te werken, bijvoorbeeld met behulp van correctiefactoren, waardoor men voldoende zekerheid heeft om aan de beoogde energieprestatie te voldoen.

Gecontroleerde en goedgekeurde kwaliteitsverklaring zijn beperkt geldig. Na deze periode kan de verklaring niet meer worden gebruikt en is een update nodig. Hiermee wordt de prestatie van de gebiedsmaatregel regelmatig gemonitord en gerapporteerd.

Een kwaliteitsverklaring voor een klein systeem voor externe warmte- en/of koudelevering op basis van uitsluitend forfaitaire waarden volgens P.6.4 kent geen beperking van de geldigheidstermijn zolang het systeem niet wordt uitgebreid, aangepast of een andere energiemix wordt gebruikt.

Bij een klein systeem voor externe warmte- of koudevoorziening kunnen P.6.1.2.2, P.6.2.2, P.6.3 en P.6.4 worden overgeslagen als uitsluitend gebruik wordt gemaakt van de forfaitaire waarden. Indien geen gebruik wordt gemaakt van uitsluitend forfaitaire waarden, moeten deze paragrafen wel worden doorlopen.

## P.3 Onderwerp en toepassingsgebied

### P.3.1 Algemeen

NTA 8800 geeft termen, definities en de bepalingsmethode van de energieprestatie van maatregelen op gebiedsniveau en vormt een onderdeel van de bepaling van de energieprestatie van een woning of woongebouw of utiliteitsgebouw (perceel). De energieprestatie voor maatregelen op gebiedsniveau wordt per energiesysteem uitgedrukt met één primaire energiefactor. In die primaire energiefactor zijn de bijdragen opgenomen van:

- hernieuwbare warmte- of koudeopwekkers;
- het rendement van warmte- of koudeopwekkers;
- verliezen van het distributienet;
- het hulpenergiegebruik;
- de waardering van de energiedragers (brandstof, elektriciteit);
- lokaal opgewekte elektriciteit.

Een kenmerk van de energie-infrastructuur op gebiedsniveau is dat eindgebruikers afhankelijk zijn van derden voor de energieprestatie van de woning of het gebouw. Dit brengt verplichtingen met zich mee voor de eigenaar/exploitant van de desbetreffende energie-infrastructuur, zoals de waarborg tot levering van energie met een gegarandeerde maximum primaire energiefactor.

Voor de energie-infrastructuur wordt op basis van het type distributienet een onderscheid gemaakt tussen twee typen:

- 1) een lokaal of gebiedsgebonden distributienet;
- 2) een landelijk energietransportnetwerk, niet toegestaan.

Omdat het niet is toegestaan om hernieuwbare energie (elektriciteit en gas) die via een landelijk netwerk wordt getransporteerd te alloceren aan specifieke afnemers wordt deze optie verder niet uitgewerkt. De uitzondering hierop betreft het elektriciteitsgebruik van elektrische opwekkers in de flexmodus (P.6.5.4.11). Voor transport via een lokaal of gebiedsgebonden distributienet is dit hieronder uitgewerkt, waarbij tevens is aangegeven welke opwekkingstypen of bronnen van elektriciteit, warmte en koude kunnen worden ingezet.

### P.3.2 Distributie via een lokaal of gebiedsgebonden distributienet

Gebiedsgebonden distributie kan via een aantal verschillende soorten netwerken:

- Distributie van warmte of koude via een distributienet.  
Hiermee kunnen o.a. de volgende warmte- en koudebronnen worden benut:

- 1) collectieve elektriciteitsopwekking met brandstofverbruik en met mogelijkheid van (rest)warmtelevering of aftapwarmte (WKK);
- 2) warmte en restwarmte zonder (extra) brandstofverbruik:
  - a) collectieve thermische zonne-energiesystemen;
  - b) aardwarmte/geothermie;

- c) restwarmte van afvalverbranding, zonder elektriciteitsproductie;
  - d) industriële restwarmte;
  - e) restwarmte uit tuinbouwkassen;
- 3) warmte door brandstofverbruik en gebruik hernieuwbare (omgevings)warmte:
- a) elektrische warmtepompen (EWP) (diverse warmtebronnen);
  - b) gasmotorwarmtepompen (GMWP) (diverse warmtebronnen);
  - c) gaswarmtepompen (absorptie en adsorptie (AWP)) (diverse warmtebronnen);
- 4) warmte door duurzaam brandstofverbruik: ketels (biobrandstof);
- 5) warmte door fossiel brandstofverbruik: ketels (gas, olie, overige fossiele brandstoffen);
- 6) mogelijke warmtebronnen (temperatuur < 70 °C) voor collectieve warmtepompen en/of koudebronnen voor vrije koeling of koudelevering/koelmachines:
- a) aquifer/grondwater (ook aangeduid als warmte-koudeopslag of WKO);
  - b) bodem;
- 7) koelmachine:
- a) elektrische koelmachine (diverse typen – diverse koudebronnen);
  - b) gasmotorkoelmachine (diverse typen – diverse koudebronnen);
  - c) door warmte gedreven koelmachine (diverse typen – diverse koudebronnen).
- Distributie van afwijkende gasmengsels (groen gas en biogas, eventueel in combinatie met aardgas).
- Distributie van elektriciteit van een hernieuwbare bron waarbij sprake is van elektriciteitsproductie met een directe fysieke koppeling waarbij geen gebruik wordt gemaakt van het landelijke netwerk.

**OPMERKING** Omdat biogas een andere kwaliteit heeft dan het reguliere aardgas, heeft het netwerk een lokaal of gebiedsgebonden karakter. Op dit netwerk kunnen alleen toestellen worden aangesloten die voor het afwijkende gasmengsel geschikt zijn.

Voor de levering van warmte en koude zijn uiteenlopende typen distributiesystemen mogelijk.

## P.4 Toepassing en bepaling energieprestatie voor gebiedsmaatregelen

### P.4.1 Toepassing

De bepaling van de energieprestatie voor gebiedsmaatregelen vormt een onderdeel van de bepaling van de energieprestatie van een woning, woongebouw of utiliteitsgebouw (verder in deze norm aangeduid als ‘woningen’ of ‘gebouwen’).

Deze norm geeft de bepalingsmethode voor de energieprestatie van de volgende gebiedsmaatregelen:

- a) collectieve warmtevoorziening;
- b) collectief circulatiesysteem voor warmtapwaterbereiding;
- c) collectieve koudevoorziening;
- d) collectieve elektriciteitsproductie met een directe fysieke koppeling waarbij geen gebruik wordt gemaakt van het landelijke netwerk;
- e) levering van biobrandstoffen aan woningen of gebouwen via een lokaal of gebiedsgebonden energietransportnetwerk.

Voor de eerste drie maatregelen wordt voor de gehele collectieve warmte- of koudevoorziening, bestaande uit warmte- of koudeopwekkers, primair en secundair warmte- of koudenet inclusief hulpenergiegebruik, de energieprestatie bepaald, uitgedrukt in een primaire energiefactor op jaarbasis. De energieprestatie omvat de bijdrage van verschillende energiedragers, zoals uitgewerkt in P.4.5. Voor de collectieve elektriciteitsproductie wordt de totale productie door hernieuwbare bronnen met een directe fysieke verbinding met de specifieke gebruiker(s) bepaald.

Voor gebouwen die geheel of gedeeltelijk gebruik maken van biobrandstoffen via een lokaal of gebiedsgebonden energietransportnetwerk met een directe fysieke verbinding met de specifieke gebruiker(s) wordt de energiefactor van deze biobrandstoffen bepaald, zoals uitgewerkt in P.4.3.

#### **P.4.2 Globale bepalingsmethode energieprestatie collectieve warmte- of koudevoorziening**

De energieprestatie van een collectieve warmte- of koudevoorziening wordt bepaald in drie stappen.

- 1) Bepaal per type van de warmte- of koudevoorziening, de omvang van de energie-infrastructuur en de bepalingsmethode, volgens P.5:
  - a) bepaal het hoofdtype van de energie-infrastructuur;
  - b) bepaal de gebiedsbegrenzing van de energie-infrastructuur;
  - c) bepaal in het geval van collectieve warmtevoorziening het type warmtapwaterbereiding en of dit binnen de systeemgrens valt;
  - d) bepaal de methode die wordt gevuld voor het bepalen van de primaire energiefactor.
- 2) Bepaal, voor zover vereist, de totale gebruiksoppervlakte en de warmtebehoefte voor de collectieve warmtevoorziening, het collectieve circulatiesysteem en de koudebehoefte voor de collectieve koudevoorziening in het gebied, volgens P.8.

**OPMERKING** Als alle woningen en gebouwen in één bouwaanvraag worden behandeld, zijn de voor deze norm benodigde gegevens in principe bekend en bepaald volgens NTA 8800.

Als dit niet het geval is, kunnen voor de ontbrekende gegevens in NTA 8800 aannamen worden gedaan, zoals uitgewerkt in P.8. Aangeraden wordt in aanvulling hierop de prestatie van de energie-infrastructuur voor dit gebied te monitoren en te rapporteren.

Als alternatief hiervoor kan ervoor worden gekozen om met conservatieve aannamen te werken, bijvoorbeeld met behulp van correctiefactoren, waardoor men voldoende zekerheid heeft om aan de beoogde energieprestatie te voldoen.

- 3) Bepaal de primaire energiefactor van een collectieve warmte- of koudevoorziening volgens P.6.

#### P.4.3 Globale bepalingsmethode energieprestatie biobrandstoffen via een lokaal of gebiedsgebonden energietransportnetwerk

De energieprestatie van biobrandstoffen die via een lokaal of gebiedsgebonden energietransportnetwerk met een directe fysieke verbinding met de specifieke gebruiker(s) worden gedistribueerd wordt uitgedrukt in de primaire energiefactor en wordt als volgt bepaald:

- voor biogas wordt de primaire energiefactor  $f_{P;del;bg}$  bepaald volgens P.4.5;
- Als in een of meer woningen en/of gebouwen toestellen worden toegepast met een constant of wisselend mengsel van biogas en aardgas, dat door een specifiek net ter beschikking wordt gesteld, dan moet de resulterende primaire energiefactor  $f_{P;del;mbf}$  worden bepaald volgens de benadering die in P.4.5 is beschreven.

#### P.4.4 Energiefactoren collectieve warmte- of koudevoorziening

Bepaal de dimensiooze primaire energiefactor voor afgenoemenergie voor energiedrager externe warmtelevering met een collectieve warmtevoorziening ( $ci = dh$ ), waarbij het gebouw is aangesloten op het *secundaire net*, volgens:

$$f_{P;del;dh} = f_{P;HD;sec;tot} \quad (\text{P.1})$$

Bepaal de dimensiooze primaire energiefactor voor afgenoemenergie voor energiedrager externe warmtelevering met een collectieve warmtevoorziening ( $ci = dh$ ), waarbij het gebouw is aangesloten op het *primaire net*, volgens:

$$f_{P;del;dh} = f_{P;HD;prim;tot} \quad (\text{P.2})$$

Bepaal de dimensiooze primaire energiefactor voor afgenoemenergie voor energiedrager externe warmtelevering met een collectief circulatiesysteem voor warmtapwaterbereiding ( $ci = dw$ ) volgens:

$$f_{P;del;dw} = f_{P;WD;tot} \quad (\text{P.3})$$

Bepaal de dimensiooze primaire energiefactor voor afgenoemenergie voor energiedrager externe koudelevering met een collectieve koudevoorziening ( $ci = dc$ ) volgens:

$$f_{P;del;dc} = f_{P;CD;tot} \quad (\text{P.4})$$

waarin:

$f_{P;del;ci}$  is de dimensiooze primaire energiefactor voor afgenoemenergie voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  met de opties:

- warmtelevering met collectieve warmtevoorziening ( $ci = dh$ ); te onderscheiden naar aansluiting op het primaire of secundaire net;
- warmtelevering met een collectief circulatiesysteem voor warm tapwater ( $ci = dw$ );
- koudelevering met een collectieve koudevoorziening ( $ci = dc$ );

$f_{P;XD;tot}$  is de energiefactor voor de warmte- of koudelevering door het energiesysteem aan de afnemers, zoals bepaald volgens P.6 (daar worden ook de indices nader verklaard).

#### P.4.5 Getalswaarden primaire energiefactor

Voor de primaire energiefactor gelden de getalswaarden uit tabel 5.2 en tabel 5.5.

Als in de collectieve warmte- of koudevoorziening een opwekkingstoestel met een constant of wisselend mengsel van biobrandstoffen en fossiele brandstoffen wordt gestookt, dan moet op basis van historische gegevens en/of gesloten contracten een conservatieve benadering van het aandeel van de biobrandstoffen worden bepaald. In de bepaling van het primaire opwekkingsrendement wordt vervolgens de resulterende primaire energiefactor gebruikt. De index voor dit mengsel van biobrandstof en fossiele brandstof is  $mbf$  en kan per situatie een verschillende waarde hebben.

Als in de collectieve warmte- of koudevoorziening geheel of gedeeltelijk gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare elektriciteit die een directe fysieke verbinding heeft met het opwerksysteem dan moet op basis van historische gegevens en/of gesloten contracten een conservatieve benadering van het aandeel van de hernieuwbare elektriciteit worden bepaald. In de bepaling van het primaire opwekkingsrendement wordt vervolgens de resulterende primaire energiefactor gebruikt.

**OPMERKING** Onder ‘conservatieve benadering’ wordt verstaan dat bij een verder constante situatie op basis van historische gegevens en/of gesloten contracten een waarde van hoogstens het gemiddelde van het aandeel van de hernieuwbare energiedrager moet worden aangehouden.

#### P.4.6 Bepaling CO<sub>2</sub>-emissie

**OPMERKING** De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van een collectieve warmte- of koudevoorziening,  $K_{CO_2;HD/WD/CD;tot}$ , wordt bepaald in P.6.1.2.1, waarbij  $K_{CO_2;ci}$  is gegeven in tabel 5.3 en tabel 5.6.

Als in de collectieve warmte- of koudevoorziening een opwekkingstoestel met een constant of wisselend mengsel van biobrandstoffen en fossiele brandstoffen wordt gestookt, dan wordt het aandeel van de biobrandstoffen gebruikt om de resulterende CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt  $K_{CO_2;mbf}$  te bepalen.

Als in een of meer woningen en/of gebouwen toestellen worden toegepast met een constant of wisselend mengsel van biogas en aardgas, dat door een specifiek net ter beschikking wordt gesteld, dan behoort de onder P.4.5 beschreven benadering te worden gevuld om de resulterende  $K_{CO_2}$  te bepalen. Vooralsnog is de bepaling van de jaarlijkse hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissie van een gebouw,  $m_{CO_2}$ , informatief.

### P.5 Bepaling type, omvang en bepalingsmethode van de energie-infrastructuur

#### P.5.1 Principe

Bepaal het type en de omvang van de energie-infrastructuur als volgt:

- 1) bepaal het hoofdtype van de energie-infrastructuur, volgens P.5.2;
- 2) bepaal de gebiedsbegrenzing van de energie-infrastructuur, volgens P.5.3;
- 3) bepaal het type warmtapwaterbereiding, volgens P.5.4;
- 4) bepaal de methode die wordt gevuld voor het bepalen van de energieprestatie, volgens P.5.5;
- 5) leg de resultaten vast, volgens P.5.5.

## P.5.2 Bepaling type energie-infrastructuur

Distributie via een lokaal of gebiedsgebonden distributienet.

Dit betreft distributie via een specifieke infrastructuur. De volgende energiesystemen zijn mogelijk:

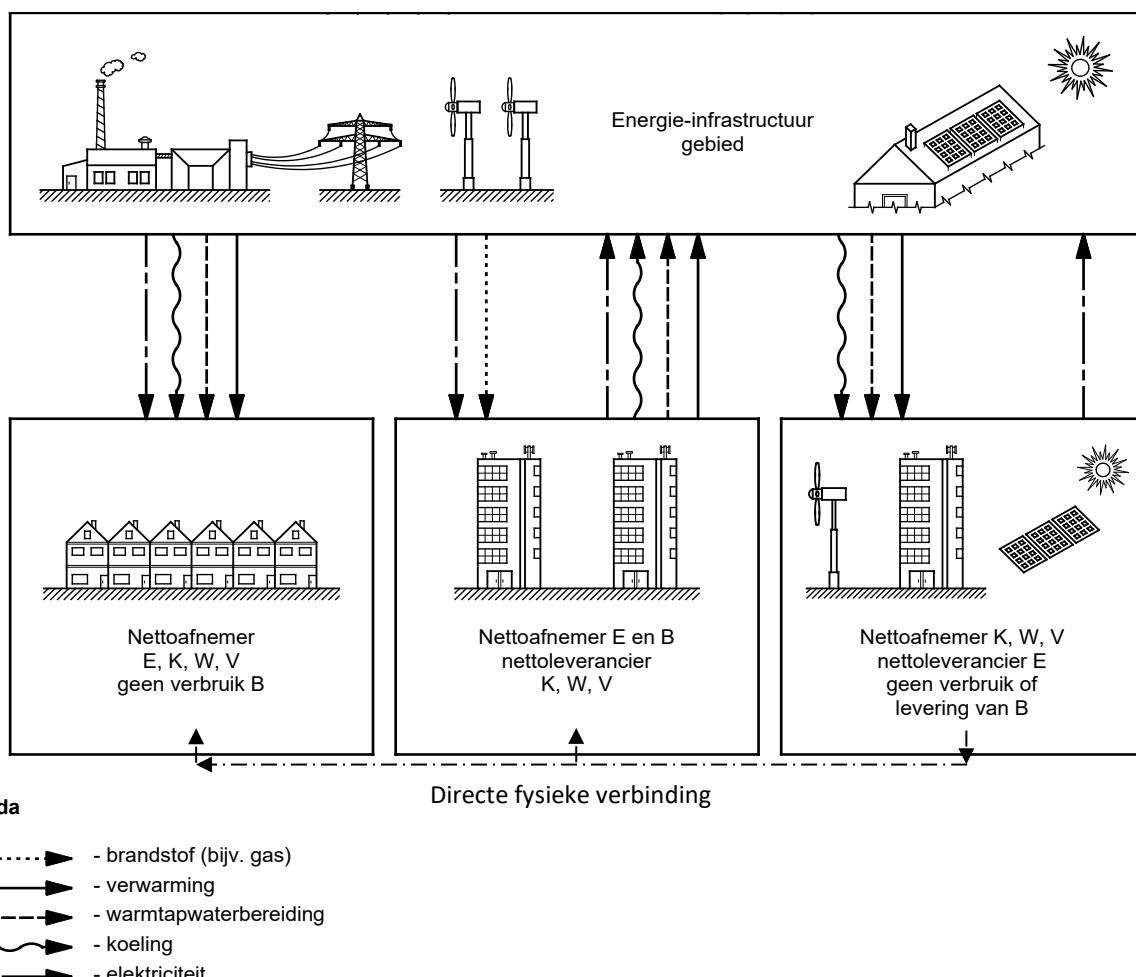
- a) collectieve warmtevoorziening;
- b) collectief circulatiesysteem voor warmtapwater;
- c) collectieve koudevoorziening;
- d) bereiding en distributie van afwijkende gasmengsels.

## P.5.3 Bepaling gebiedsbegrenzing energie-infrastructuur

### P.5.3.1 Principe

De gebiedsbegrenzing van de desbetreffende energie-infrastructuur kent twee domeinen (zie fig. P.1):

- 1) het perceel;
- 2) het gebied dat van een eigen energie-infrastructuur is voorzien, en waarvan de effecten aan de woningen en gebouwen in dat gebied kunnen worden toegekend (distributie via een lokaal of gebiedsgebonden distributienet);



**Figuur P.1 — Schema van de driedeling gebouw/perceel (EPG), gebied/wijk (EMG) en regio/landelijk**

### P.5.3.2 Collectieve warmte- en/of koudevoorziening

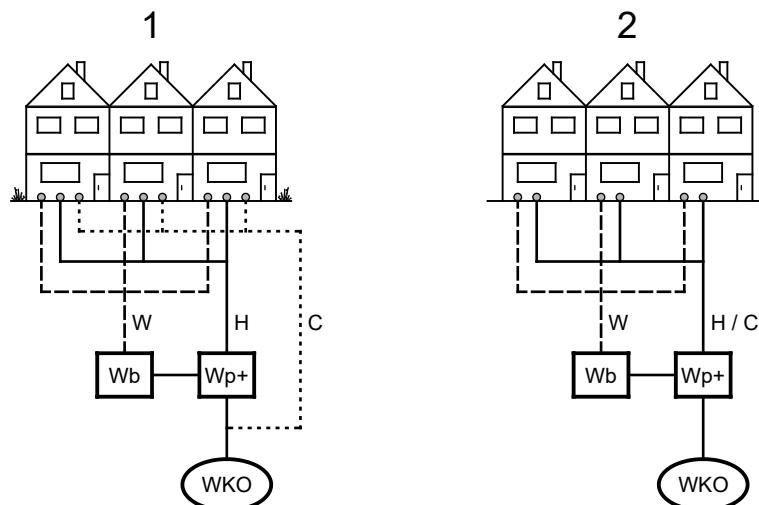
Als de energie-infrastructuur bestaat uit onder andere een collectieve warmte- en/of koudevoorziening dan moet het gebied zowel het gehele systeem voor collectieve warmte- en/of koudevoorziening, inclusief eventuele warmte en/of koudebronnen, als alle op dit warmte- en/of koudenet aangesloten woningen en gebouwen omvatten (zie figuur P.2).

Een uitzondering hierop vormt de stadsverwarming: dit zijn grote systemen voor warmte- en/of koudedistributie met één primair net en verschillende secundaire netten. Bij grote systemen voor warmte- en/of koudedistributie wordt een onderscheid gemaakt tussen het primaire net en de secundaire netten. In dat geval wordt het gebied beperkt tot één secundair net of een groep van secundaire netten met alle daarop aangesloten woningen en gebouwen. De warmte- en koudelevering door het primaire net worden dan als warmte- en koudelevering vanuit een regionaal net aan het gebied beschouwd (zie figuur P.3).

De grens tussen het primaire en secundaire net wordt gevormd door het onderstation. In een onderstation bevindt zich meestal een warmtewisselaar waardoor het water van het primaire en secundaire net wordt gescheiden en waardoor de warmte van het primaire net aan het secundaire net wordt overgedragen.

Voor de warmteopwekking, het warmtetransport en de warmtelevering door het primaire net kan de energieprestatie expliciet worden bepaald en toegepast.

Het is ook mogelijk de energieprestatie van de gehele collectieve warmtevoorziening te bepalen, inclusief de verliezen en het hulpenergiegebruik van de secundaire netten. Dit is een keuze die verder is uitgewerkt in P.5.5.

**Legenda**

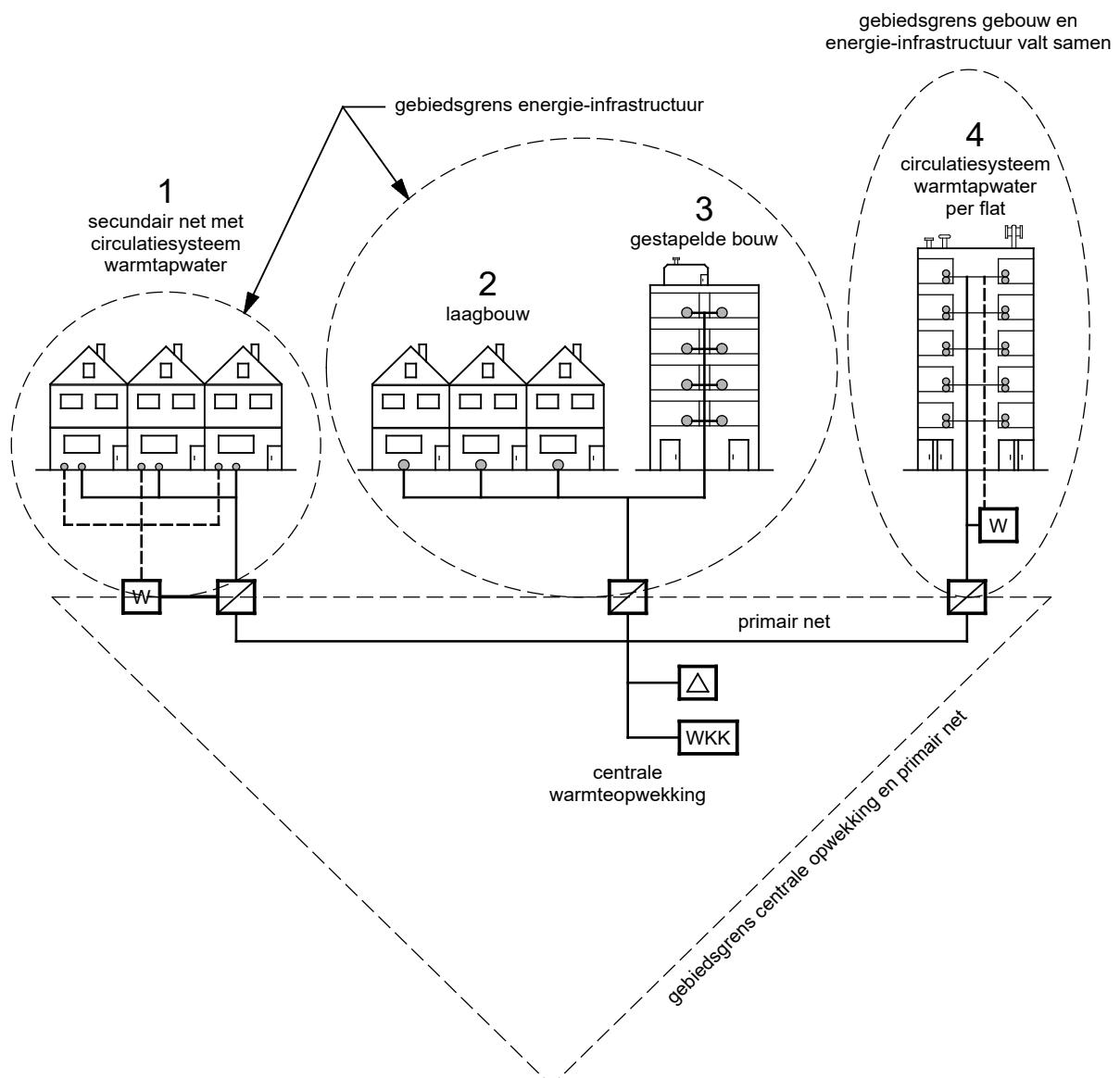
- ○ telwerken warmte/koude en warm tapwater
- warm tapwater via collectief circulatiesysteem
- \_\_\_\_\_ verwarming en warmtapwaterbereiding via collectief warmtenet
- W warm tapwater via collectief circulatiesysteem
- H verwarming via collectief warmtenet
- C koeling
- Wb** warmtapwaterbereiding
- Wp+** warmtepomp en bijstook
- WKO** warmte-koude-opslag

**OPMERKING 1** Systeem 1 heeft aparte circulatiesystemen voor verwarming en koeling; systeem 2 heeft een gemeenschappelijk circulatiesysteem voor verwarming en koeling, dat centraal overschakelt van verwarmen naar koelen ('change-over').

**OPMERKING 2** De circulatiesystemen zijn hier als enkele lijn getekend maar bestaan uit een aanvoer- en retourleiding met een circulatiepomp.

**OPMERKING 3** In dit voorbeeld omvat het gebied het hele opwekkings- en distributiesysteem plus alle aangesloten gebouwen.

**Figuur P.2 — Twee voorbeelden van een systeem voor warmte- en koudedistributie, zonder primair net**

**Legenda**

- ○ telwerken warmte en warm tapwater
- ○ afleverset voor warmte en warmtapwaterbereiding
- warm tapwater via collectief circulatiesysteem
- \_\_\_\_\_ verwarming en warmtapwaterbereiding via collectieve warmtevoorziening
- [W] door collectieve warmtevoorziening verwarmd voorraadvat
- [ ] onderstation
- [Δ] gasketel (bijstook)
- [WKK] warmtekrachtkoppeling

**OPMERKING 1** Het warmtedistributienet is hier als enkele lijn getekend maar omvat een aanvoer- en retourleiding met een circulatiepomp.

**OPMERKING 2** In dit voorbeeld omvat ieder gebied uitsluitend een secundair distributiesysteem plus alle daarop aangesloten gebouwen. De verschillende gebieden worden van warmte voorzien door het primaire net.

**Figuur P.3 — Voorbeeld van een systeem voor warmtedistributie met WKK en bijstookketels, met onderscheid tussen primair en secundair net**

#### P.5.4 Bepaling type warmtapwaterbereiding

Als bij de warmtapwaterbereiding gebruik wordt gemaakt van een collectieve warmtevoorziening dan zijn verschillende typen warmtapwaterbereiding mogelijk, die verschillen in de bepalingsmethode met zich meebrengen.

Bepaal het type warmtapwaterbereiding, uit de volgende keuzemogelijkheden.

- 1) Warmtapwaterbereiding **op de percelen**, waarbij de benodigde warmte wordt geleverd door een collectieve warmtevoorziening, zoals geschetst in figuur P.4. Hierbij zijn onder andere de volgende varianten mogelijk:

- a) warmtapwaterbereiding via een warmtewisselaar;

**OPMERKING 1** Dit type warmtapwaterbereiding omvat voornamelijk individuele afleversets voor woningen. Hierbij wordt de volledige warmtevraag door de collectieve warmtevoorziening geleverd.

- b) warmtapwaterbereiding via een warmtewisselaar en een voorraadvat behorende bij de (collectieve) gebouwinstallatie;

**OPMERKING 2** Dit type warmtapwaterbereiding omvat voornamelijk collectieve gebouwinstallaties voor warm tapwater in gestapelde bouw of utiliteitsbouw. Incidenteel worden individuele circulatiesystemen toegepast. Hierbij wordt de volledige warmtevraag door de collectieve warmtevoorziening geleverd.

- c) warmtapwaterbereiding via een (booster)warmtepomp en een voorraadvat, waarbij de bronwarmte wordt geleverd door een collectieve warmtevoorziening op lage temperatuur.

**OPMERKING 3** Met dit type warmtapwaterbereiding kan een collectieve warmtevoorziening worden toegepast met een temperatuur onder 60 °C, waarbij door inzet van een (booster)warmtepomp warm tapwater van een voldoende hoge temperatuur (60 °C of hoger) kan worden geleverd. Hierbij wordt de volledige warmtevraag door de collectieve warmtevoorziening geleverd.

**OPMERKING 4** Indien warmtapwaterbereiding plaatsvindt volgens a) (warmingwaterbereiding via een warmtewisselaar) of b) (warmingwaterbereiding via een warmtewisselaar en een voorraadvat behorende bij de (collectieve) gebouwinstallatie), bedraagt de (ontwerp)aanvoertemperatuur,  $\theta_{\text{sup}}$ , van het systeem voor externe warmtelevering continu meer dan 70 °C.

- 2) Warmtapwaterbereiding **buiten de percelen** maar in het gebied, waarbij het warme tapwater wordt geleverd door een collectief circulatiesysteem warm tapwater, dat geheel of gedeeltelijk buiten de percelen ligt, zoals geschetst in figuur P.5. Hierbij zijn de volgende varianten mogelijk:

- a) warmtapwaterbereiding via een warmtewisselaar en/of een voorraadvat, waarbij de warmte wordt geleverd door een zelfstandige warmtevoorziening;

**OPMERKING 5** Dit type warmtapwaterbereiding omvat circulatiesystemen voor warm tapwater waarop verschillende woningen of gebouwen zijn aangesloten en bijv. met een warmtepomp of WKK rechtstreeks worden verwarmd.

- b) warmtapwaterbereiding via een warmtewisselaar en/of een voorraadvat, waarbij de warmte wordt geleverd door een collectieve warmtevoorziening.

**OPMERKING 6** Dit type warmtapwaterbereiding omvat circulatiesystemen voor warm tapwater waarop verschillende woningen of gebouwen zijn aangesloten, verwarmd door een primaire collectieve warmtevoorziening met de warmtapwaterbereiding in het onderstation.

- 3) Warmtapwaterbereiding **buiten de percelen** maar in het gebied via een warmtewisselaar en/of een voorraadvat, waarbij het warme tapwater wordt geleverd door een collectief circulatiesysteem warm tapwater en waarbij de warmte wordt geleverd door een collectieve warmtevoorziening zoals geschetst in figuur P.3, optie 1.

OPMERKING 7 Dit type warmtapwaterbereiding omvat collectieve circulatiesystemen warm tapwater waarop verschillende woningen of gebouwen zijn aangesloten, verwarmd door een collectieve warmtevoorziening, waarbij de warmtapwaterbereiding zich tussen het onderstation of de centrale warmteopwekking en de percelen bevindt.

OPMERKING 8 Deze configuratie wordt naar verwachting in de praktijk niet of nauwelijks toegepast en is niet verder uitgewerkt. Deze configuratie kan op dezelfde wijze worden behandeld als type 2.

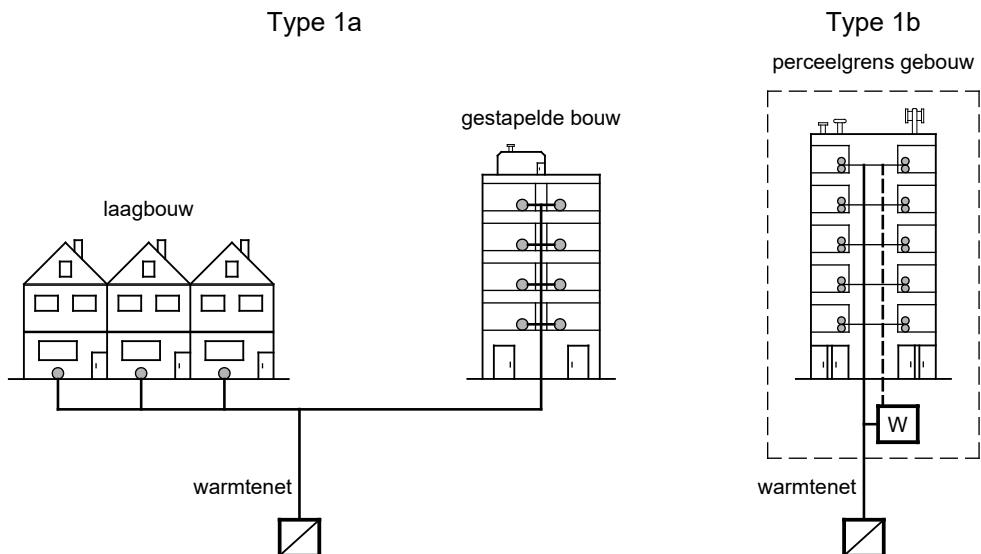
De bepalingsmethode voor en toepassing van de primaire energiefactor wordt bepaald door het type warmtapwaterbereiding.

1) Warmtapwaterbereiding **op de percelen**.

Hierbij wordt de benodigde warmte geleverd door een *collectieve warmtevoorziening* (HD), die tevens de benodigde warmte voor verwarming levert. De warmtevraag voor verwarming en warm tapwater wordt voor alle op deze wijze aangesloten percelen opgeteld. De voor deze collectieve warmtevoorziening bepaalde primaire energiefactor, is voor zowel verwarming als warm tapwater van toepassing.

2) Warmtapwaterbereiding **buiten de percelen** maar in het gebied.

Hierbij wordt het warm tapwater geleverd door een *collectief circulatiesysteem warm tapwater* (WD), gescheiden van de collectieve warmtevoorziening. Voor de verschillende collectieve energiesystemen voor verwarming en warm tapwater worden verschillende primaire energiefactoren bepaald en toegepast.

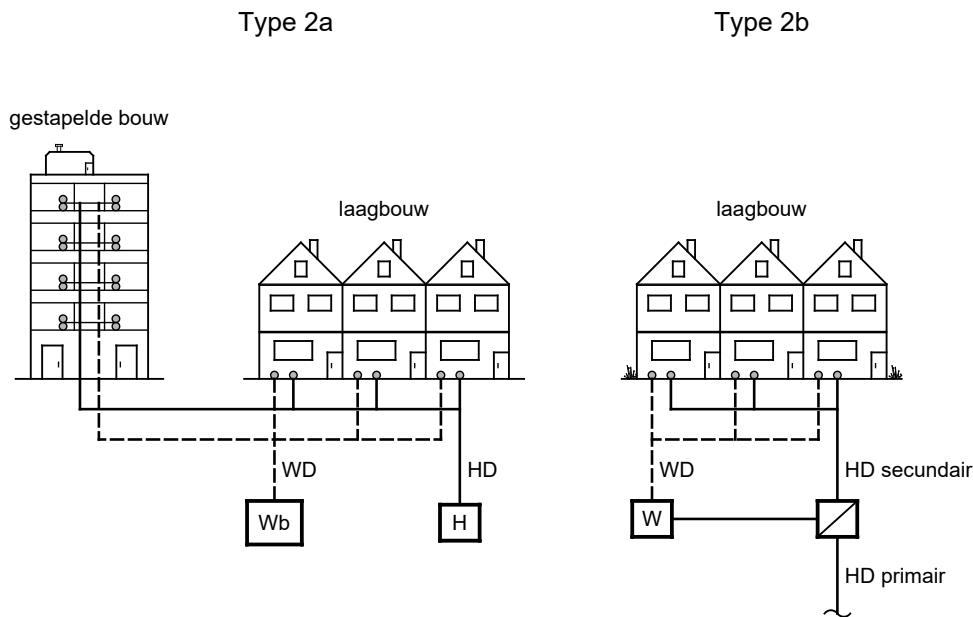
**Legenda**

- ○ telwerken warmte en warm tapwater
- ○ afleverset voor warmte en warmtapwaterbereiding
- warm tapwater via collectief circulatiesysteem
- \_\_\_\_\_ verwarming en warmtapwaterbereiding via collectieve warmtevoorziening
- [W] door collectieve warmtevoorziening verwarmd voorraadvat
- [X] onderstation of zelfstandige warmteopwekking

**OPMERKING 1** Type 1a heeft individuele warmtapwaterbereiding via een warmtewisselaar (afleverset); type 1b heeft collectieve warmtapwaterbereiding via een warmtewisselaar en voorraadvat met een circulatiesysteem voor warm tapwater in het gebouw.

**OPMERKING 2** De circulatiesystemen zijn hier als enkele lijn getekend maar bestaan uit een aanvoer- en retourleiding met een circulatiepomp.

**Figuur P.4 — Voorbeelden van warmtapwaterbereiding op de percelen**

**Legenda**

- ○ telwerken warmte en warm tapwater
- warm tapwater via collectief circulatiesysteem
- verwarming en warmtapwaterbereiding via collectief warmtenet
- WD collectief circulatiesysteem voor warm tapwater
- HD collectieve warmtevoorziening
- [Wb] zelfstandige warmtapwaterbereiding
- [H] zelfstandige warmteopwekking voor verwarming
- [W] door collectieve warmtevoorziening verwarmd voorraadvat
- [□] onderstation

**OPMERKING 1** Type 2a heeft collectieve warmtapwaterbereiding met een zelfstandige warmtevoorziening (warmtepomp of WKK); type 2b heeft collectieve warmtapwaterbereiding in het onderstation van een collectieve warmtevoorziening.

**OPMERKING 2** De circulatiesystemen zijn hier als enkele lijn getekend maar bestaan uit een aanvoer- en retourleiding met een circulatiepomp.

**Figuur P.5 — Voorbeelden warmtapwaterbereiding buiten de percelen maar in het gebied, met aparte circulatiesystemen voor verwarming en warm tapwater**

### P.5.5 Vastleggen gebiedsgegevens

De gegevens die zijn vastgesteld volgens P.5, moeten worden vastgelegd en gepresenteerd bij de bepaling van de energiefactor van het desbetreffende energiesysteem.

## P.6 Bepaling primaire energiefactor collectief energiesysteem

### P.6.1 Primaire energiefactor

#### P.6.1.1 Principe

Een collectief energiesysteem (index XD) betreft een van de volgende voorzieningen:

- 1) collectieve warmtevoorziening (index HD);
- 2) collectief circulatiesysteem voor warm tapwater (index WD);
- 3) collectieve koudevoorziening (index CD).

De uitgangspunten van de bepalingsmethode zijn:

- a) Alle ingaande en uitgaande energiestromen van een collectief energiesysteem worden verwerkt tot een primaire energiefactor van het energiesysteem.
- b) De volgende factoren bepalen de primaire energiefactor van het collectieve energiesysteem:
  - 1) warmte- of koudelevering door het collectieve energiesysteem;
  - 2) distributieverliezen collectief distributienet:  
dit zijn de warmte- of koudeverliezen van de leidingen van het energiesysteem;
  - 3) warmte- of koudelevering aan het collectieve distributienet door de warmte- of koudeopwekkers en hernieuwbare bronnen;
  - 4) opwekkingsrendement van de warmte- of koudeopwekkers:  
dit omvat tevens de verliezen van eventuele warmte- of koudeopslag;

**OPMERKING 1** Het betreft hier de warmte- en koudeopslag op de bedrijfstemperatuur van het distributienet, voor zover deze opslag gecombineerd is met de warmte- of koudeopwekkers. Warmte- en koudeopslag in bijvoorbeeld aquifers in het distributienet vallen hierbuiten.

- 5) elektrisch hulpenergiegebruik:  
dit omvat het hulpenergiegebruik van het distributiesysteem door circulatiepompen en het hulpenergiegebruik van de warmte- of koude opwekking voor elektronica, pomp, ventilator enz.;
  - 6) energiefactor van de energiedragers:  
de waarde wordt bepaald volgens P.4.5; als (deels) gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare energiedragers, dan moet de (gewogen) waarde van de energiedrager worden toegepast.
  - 7) opgewekte hernieuwbare elektriciteit:  
binnen een collectief energiesysteem kan ook sprake zijn van het opwekken van hernieuwbare elektriciteit. In dat geval moet deze installatie aantoonbaar fysiek gekoppeld zijn met het collectieve energiesysteem. Bij de berekening van de primaire energiefactor van het collectieve energiesysteem mag alleen dat deel van de opgewekte hernieuwbare elektriciteit meegerekend worden dat op jaarbasis ook daadwerkelijk gebruikt wordt binnen het collectieve energiesysteem. De 'te veel' opgewekte hernieuwbare elektriciteit mag niet toegerekend worden aan de primaire energiefactor van het collectieve energiesysteem.
- c) alle in P.6 berekende verliezen worden als niet nuttig terugwinbaar beschouwd;

- d) de berekening wordt in principe uitgevoerd op jaarbasis; voor sommige onderdelen kan een andere tijdbasis worden aangehouden;
- e) voor de bepalingsmethode van het distributierendement van het distributienet zijn drie mogelijkheden; de keuze wordt bepaald door de beschikbare gegevens (historische gegevens of berekende waarden); per energiesysteem zijn twee van de volgende drie gegevens vereist (het derde gegeven wordt hieruit berekend):
  - 1) warmtelevering door het desbetreffende distributienet;
  - 2) warmtelevering aan het desbetreffende distributienet;
  - 3) warmteverlies van het desbetreffende distributienet;
- f) de bepalingsmethode voor het rendement van de warmte- of koudeopwekking en het hulpenergiegebruik kan gebruik maken van zowel historische als berekende gegevens als een combinatie daarvan, waaronder:
  - 1) historische bedrijfsgegevens en gesloten contracten voor de energiefractie voor warmte- of koudelevering door de opwekkers;
  - 2) specifieke (praktijk)gegevens voor het toestelrendement of het thermisch en elektrisch omzettingsgetal van WKK;
  - 3) historische bedrijfsgegevens of berekende waarden voor hulpenergiegebruik;
- g) voor bestaande energiesystemen wordt gebruik gemaakt van historische bedrijfsgegevens; pas als deze in onvoldoende mate of met onvoldoende nauwkeurigheid beschikbaar zijn, kunnen berekende waarden worden gebruikt; historische gegevens moeten als gewogen gemiddelden worden bepaald over een periode van minimaal drie jaar;
- h) voor nieuwe energiesystemen mag gebruik worden gemaakt van ontwerpgegevens; voor systemen die worden uitgebreid mag voor de uitbreiding gebruik worden gemaakt van ontwerpgegevens;

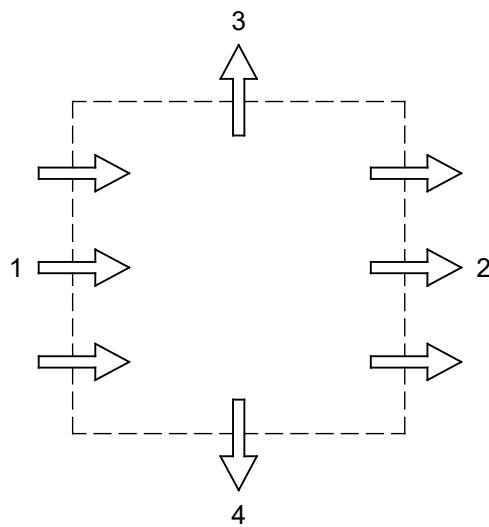
**OPMERKING 2** In deze gevallen bepaalt het Bureau Controle en Registratie Gelijkwaardigheid (BCRG) de gewenste garanties en ijkmomenten.

Zowel warmte- als koudelevering wordt als een absolute (positieve) waarde gegeven.

Figuur P.6 geeft schematisch de energiestromen van een energiesysteem, bij een 'black-box' benadering.

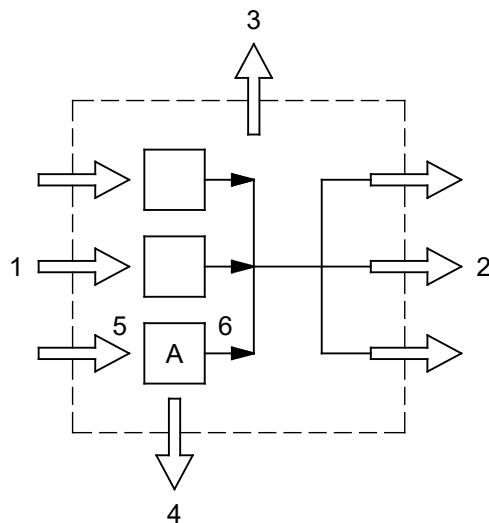
Figuur P.7 geeft schematisch de energiestromen van een energiesysteem, inclusief de belangrijkste energiestromen binnen de systeengrens.

Energiesystemen kunnen in serie worden toegepast, zoals een primaire collectieve warmtevoorziening die warmte levert aan gesloten secundaire collectieve warmtevoorzieningen. Figuur P.8 geeft schematisch de energiestromen van serieschakeling van twee energiesystemen. Voor de afzonderlijke energiesystemen wordt de energiefactor bepaald volgens de hieronder gegeven methode. De energiefactor van het primaire net is daarbij een invoergegeven voor het secundaire net. Bij serieschakeling van een primair en secundair net wordt de index HD vervangen door HD<sub>prim</sub> en HD<sub>sec</sub>, zodat de energiefactor wordt gegeven als  $f_{P,HD,prim,tot}$  resp.  $f_{P,HD,prim,sec,tot}$ .

**Legenda**

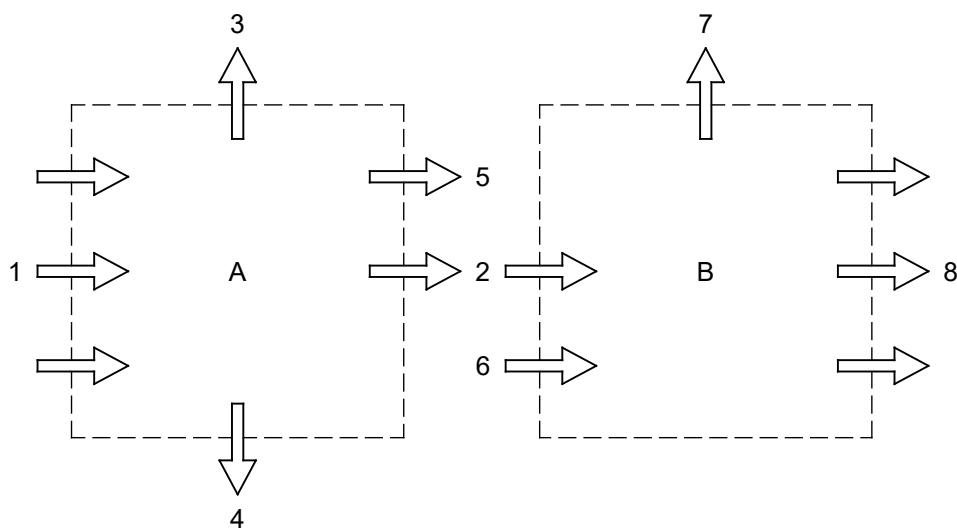
- 1 energiegebruik door het energiesysteem per energiedrager  $ci$ ;  $E_{XD;in,ci}$
- 2 warmte- of koudelevering door het energiesysteem aan afnemer  $i$ ;  $Q_{XD,out;i}$
- 3 warmte- of koudeverlies van het energiesysteem, waaronder het warmte- / of koudeverlies van het distributienet;  $Q_{XD,dis;ls}$
- 4 energielevering elektriciteit door energiesysteem;  $E_{XD;exp}$

**Figuur P.6 — Schema energiestromen van een collectief energiesysteem in ‘black-box’ benadering**

**Legenda**

- A warmte- of koudeopwekker  $gi$
- 1 energiegebruik door het energiesysteem per energiedrager  $ci$ ;  $E_{XD;in,ci}$ , inclusief de verschillende posten voor afgenoemde elektrische hulpenergie;  $W_{XD;aux;xxx}$
- 2 warmte- of koudelevering door het energiesysteem aan afnemer  $i$ ;  $Q_{XD,out;i}$
- 3 warmte- of koudeverlies van het energiesysteem, waaronder het warmte- / of koudeverlies van het distributienet;  $Q_{XD,dis;ls}$
- 4 energielevering elektriciteit door energiesysteem;  $E_{XD;exp}$
- 5 energiegebruik door het energiesysteem per warmte- of koudeopwekker  $gi$  en energiedrager  $ci$ ;  $E_{XD;in,gi,ci}$
- 6 warmte- of koudelevering door de warmte- of koudeopwekkers aan het distributienet; in totaal;  $Q_{XD;in,tot}$

**Figuur P.7 — Schema energiestromen van een collectief energiesysteem, inclusief energiestromen binnen de systeemgrens**



#### Legenda

- A primaire collectieve warmtevoorziening
  - B secundaire collectieve warmtevoorziening of circulerend warmtapwatersysteem
- 1 energiegebruik door energiesysteem A per energiedrager  $ci$ ;  $E_{XD;in,ci}$ , inclusief de verschillende posten voor afgenoemde elektrische hulpenergie; A:  $W_{XD;aux;xxx}$
  - 2 warmtelevering door energiesysteem A aan energiesysteem B; A:  $Q_{XD,out;i} = B:E_{XD,in,dh}$
  - 3 warmteverlies van energiesysteem A, waaronder het warmte- / of koudeverlies van het distributienet; A:  $Q_{XD,dis;ls}$
  - 4 energielevering elektriciteit door energiesysteem A; A:  $E_{XD;exp}$
  - 5 warmtelevering door energiesysteem A aan afnemer  $i$  (aansluiting op primair net); A:  $Q_{XD,out;i}$
  - 6 energiegebruik door energiesysteem B per energiedrager  $ci$ ; B:  $E_{XD;in,ci}$ , inclusief de verschillende posten voor afgenoemde elektrische hulpenergie; B:  $W_{XD;aux;xxx}$
  - 7 warmteverlies van energiesysteem B, waaronder het warmte- / of koudeverlies van het distributienet; B:  $Q_{XD,dis;ls}$
  - 8 warmtelevering door energiesysteem B aan afnemer  $i$  (aansluiting op secundair net of circulerend warmtapwatersysteem); B:  $Q_{XD,out;i}$

**Figuur P.8 — Schema energiestromen van een serieschakeling van twee collectieve energiesystemen, uitgewerkt voor een collectieve warmtevoorziening**

De algemene rekenregels en de distributieverliezen zijn hieronder gemeenschappelijk uitgewerkt voor de verschillende energiesystemen. De bepaling van het rendement van de warmte- of koudeopwekking en van het hulpenergiegebruik gebeurt in afzonderlijke paragrafen:

- 1) collectieve warmtevoorziening (opwekking: P.6.5, hulpenergie: P.6.8);
- 2) collectief circulatiesysteem voor warm tapwater (opwekking: P.6.6, hulpenergie: P.6.9);
- 3) collectieve koudevoorziening (opwekking: P.6.7, hulpenergie: P.6.10).

**OPMERKING 4** Voor de bepalingsmethode van de primaire energiefactor voor collectieve energiesystemen zijn de volgende drie mogelijkheden beschikbaar:

- a) Bepaling van de primaire energiefactor voor een compleet collectief energiesysteem op basis van historische gegevens van warmte- of koudelevering of warmte- of koudeverbruik (kortweg: bepaling op basis van historische gegevens).

Deze methode kan alleen worden toegepast voor bestaande collectieve energiesystemen. Hierbij wordt voor bestaande collectieve energiesystemen een primaire energiefactor bepaald voor aansluiting van gebruikers op het primaire net en voor aansluiting op een van de secundaire netten. Deze methode is tevens toegelaten voor bestaande collectieve energiesystemen die worden uitgebreid met nieuwe secundaire netten omdat een uitbreiding van het net slechts tot een marginale wijziging in de primaire energiefactor leidt. Hierbij behoort de primaire energiefactor te worden herberekend als de warmteafgifte via het net met meer dan 10 % stijgt ten opzichte van de laatste situatie waarvoor de primaire energiefactor is bepaald.

- b) Bepaling van de primaire energiefactor voor een compleet collectief energiesysteem op basis van de berekende warmte- of koudebehoefte (kortweg: bepaling op basis van berekende gegevens). Deze methode is de enige mogelijke methode voor nieuwe collectieve energiesystemen. Deze methode mag tevens worden toegepast voor bestaande collectieve energiesystemen.
- c) Bepaling van de primaire energiefactor voor een compleet collectief energiesysteem, voor het bestaande primaire circuit op basis van historische gegevens en voor het nieuwe secundaire circuit op basis van de berekende warmte- of koudebehoefte (kortweg: bepaling op basis van historische en berekende gegevens). Dit betreft een mix van de eerste twee methoden, die alleen geschikt is voor bestaande collectieve energiesystemen. Hierbij wordt afgezien van de mogelijkheid om alle aansluitingen op alle secundaire circuits met één waarde te waarderen, maar wordt gekozen voor differentiatie naar secundair net. Dit vergt een goede administratie van de verschillende netten en waarderingen om dubbeltellingen en emissies te voorkomen.

Per gebied behoort per energiefunctie één methode te worden toegepast.

### P.6.1.2 Rekenregels primaire energiefactor

#### P.6.1.2.1 Bepaling primaire energiefactor

Bepaal, wanneer uitsluitend gemeten waarden voor alle in- en uitgaande energiestromen gebruikt worden, de primaire energiefactor van het energiesysteem  $f_{P, XD; tot}$ , volgens:

$$f_{P, XD; tot} = \frac{\sum_{ci} \{E_{XD;in1;ci} \times f_{P,del;ci}\} - E_{XD;exp1;el} \times f_{P,exp;el} + \sum_{ci} \{E_{XD;in2;ci} \times f_{P,del;ci} \times \Delta \varepsilon_{chp;el} \times f_{P,exp;el}\}}{Q_{XD,out;tot}} \quad (P.6)$$

OPMERKING 1 Bovenstaande situatie is schematisch weergegeven in figuur P.6.

Bepaal, wanneer berekende en eventueel gemeten waarden voor de in- en uitgaande energiestromen gebruikt worden, de primaire energiefactor van het energiesysteem  $f_{P, XD; tot}$ , volgens:

$$f_{P, XD; tot} = \frac{f_{XD;gen;tot}}{\eta_{XD;dis}} + \frac{W_{XD;aux;tot}}{Q_{XD,out;tot}} \times f_{P,del;el} \quad (P.7)$$

Bepaal hiervoor de warmte- of koudelevering door het energiesysteem,  $Q_{XD,out;tot}$ , volgens:

$$Q_{XD,out;tot} = \sum_i Q_{XD,out;i} \quad (P.8)$$

waarin:

$f_{P;XD;tot}$	is de dimensiooze primaire energiefactor voor de warmte- of koudelevering door het energiesysteem aan de afnemers;
$E_{XD;in1;ci}$	is het energiegebruik door het energiesysteem per energiedrager $ci$ op jaarbasis, voor alle opwekkers met uitzondering van WKK met derving, bepaald volgens P.6.1.3.3, in kWh;
$f_{P;del;ci}$	is de dimensiooze primaire energiefactor voor afgenoemde energie voor de desbetreffende energiedrager $ci$ (gas, olie, elektriciteit enz.), bepaald volgens P.4.5; als (deels) gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare energiedragers dan moet de (gewogen) waarde van de energiedrager worden toegepast;
$E_{XD;exp1;el}$	is de energielevering van elektriciteit door het specifieke warmte- of koudeleverende energiesysteem op jaarbasis, voor alle opwekkers met uitzondering van WKK met derving, bepaald volgens P.6.1.3.3, in kWh;
$f_{P;exp;el}$	is de dimensiooze primaire energiefactor voor geëxporteerde elektriciteit afkomstig van voorziening $gi$ , bepaald volgens P.4.5;
$E_{XD;in2;ci}$	is het energiegebruik door het energiesysteem per energiedrager $ci$ op jaarbasis, uitsluitend voor WKK met derving, bepaald volgens P.6.1.3.3, in kWh;
$\Delta\&chp;el$	is de jaargemiddelde derving van het elektrische omzettingsgetal van de warmtekrachtinstallatie bij warmtelevering;
$Q_{XD;out;tot}$	is de totale warmte- of koudelevering door het energiesysteem aan alle afnemers op jaarbasis, in kWh;
$f_{XD;gen;tot}$	is de primaire energiefactor van de warmte- of koudelevering door de gezamenlijke warmte- of koudeopwekkers aan het warmte- of koudenet, volgens P.6.5.4 (XD = HD), P.6.6.5 (XD = WD) of P.6.7.4 (XD = CD);
$\eta_{XD;dis}$	is het dimensiooze distributierendement van het distributienet per jaar, volgens formule (P.10);
$W_{XD;aux;tot}$	is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van het collectieve energiesysteem, volgens P.6.8 (XD = HD), P.6.9 (XD = WD) of P.6.10 (XD = CD), in kWh;
$f_{P;del;el}$	is de dimensiooze primaire energiefactor voor op het eigen perceel afgenoemde energie voor de energiedrager elektriciteit ( $ci = el$ ), bepaald volgens P.4.5. Als (deels) gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare energiedragers dan moet de (gewogen) waarde van de energiedrager worden toegepast;
$Q_{XD;out,i}$	is de warmte- of koudelevering door het energiesysteem aan afnemer $i$ op jaarbasis, bepaald volgens P.6.1.3.1, in kWh.

De resulterende waarde voor  $f_{P;XD;tot}$  moet naar boven worden afgerond naar een veelvoud van 0,01.

**OPMERKING 2** Bepaal, wanneer uitsluitend gemeten waarden voor alle in- en uitgaande energiestromen gebruikt worden, de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van het energiesysteem,  $K_{CO_2;XD;tot}$ , voor WKK met derving, zoals toegelicht onder P.6.5.4.6.

Het rendement (de energiefactor) van de referentiecentrale wordt uitsluitend gebruikt om te bepalen welk deel van de fossiele brandstof en emissie van de WKK wordt toegeschreven aan de warmtelevering.

$$K_{CO2;XD;tot} = \frac{\sum_{ci} \{E_{XD;in1;ci} \times K_{CO2;del;ci}\} - E_{XD;exp1;el} \times K_{CO2;exp;el} + \sum_{ci} \{E_{XD;in2;ci} \times K_{CO2;del;ci} \times \Delta\epsilon_{chp;el} \times f_{P;exp;el}\}}{Q_{XD;out;tot}}$$

Bepaal, wanneer berekende en eventueel gemeten waarden voor de in- en uitgaande energiestromen gebruikt worden, de primaire energiefactor van het energiesysteem  $K_{CO2;XD;tot}$ , volgens:

$$K_{CO2;XD;tot} = \frac{K_{CO2;XD;gen;tot}}{\eta_{XD;dis}} + \frac{W_{XD;aux;tot}}{Q_{XD;out;tot}} \times K_{CO2;del;el} \quad (P.9)$$

waarin:

$K_{CO2;del;ci}$  is de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde energie voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), bepaald volgens P.4.6, in kg/kWh.

$K_{CO2;exp;el}$  is de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor geëxporteerde elektriciteit, bepaald volgens P.4.6 in kg/kWh.

$K_{CO2;XD;gen;tot}$  is de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de van de warmte- of koudelevering door de gezamenlijke warmte- of koudeopwekkers aan het warmte- of koudenet, volgens P.6.5.4 (XD = HD), P.6.6.5 (XD = WD) of P.6.7.4 (XD = CD), in kg/kWh.

### P.6.1.2.2 Bepaling distributierendement energiesysteem

Er zijn drie bepalingsmethoden van het distributierendement. De gekozen bepalingsmethode hangt af van de beschikbare gegevens.

Bepaal het distributierendement van het energiesysteem,  $\eta_{XD;dis}$ , volgens:

$$\eta_{XD;dis} = \frac{Q_{XD;out;tot}}{Q_{XD;in;tot}} \quad (P.10)$$

- a) Als de *warmtelevering door het distributienet* en de *warmtelevering aan het distributienet* bekend zijn, dan zijn beide posten uit formule (P.10) bekend.
- b) Als het *warmteverlies* van het distributienet en de *warmtelevering aan het distributienet* bekend zijn, bepaal dan de *warmtelevering door het distributienet*,  $Q_{XD;out;tot}$ , volgens:

$$Q_{XD;out;tot} = Q_{XD;in;tot} - Q_{XD;dis;ls} \quad (P.11)$$

- c) Als de *warmtelevering door het distributienet* en het *warmteverlies* van het distributienet bekend zijn, bepaal dan de *warmtelevering aan het distributienet*,  $Q_{XD;in;tot}$ , volgens:

$$Q_{XD;in;tot} = Q_{XD;out;tot} + Q_{XD;dis;ls} \quad (P.12)$$

waarin:

- $\eta_{XD,dis}$  is het dimensiooze distributierendement van het distributienet per jaar;
- $Q_{XD,out,tot}$  is de totale warmte- of koudelevering door het energiesysteem aan alle afnemers op jaarbasis, in kWh;
- $Q_{XD,in,tot}$  is de totale warmte- of koudelevering door de warmte- of koudeopwekkers aan het distributienet op jaarbasis, in kWh;
- $Q_{XD,dis,ls}$  is het warmte- of koudeverlies van het distributienet per jaar, volgens P.6.2.2, in kWh.

### P.6.1.3 Rekenwaarden energie-, warmte- of koudelevering door of aan het distributienet

#### P.6.1.3.1 Rekenwaarden warmte- of koudelevering door het distributienet

De rekenwaarden voor de warmte- of koudelevering door het distributienet op jaarbasis,  $Q_{XD,out,i}$ , kunnen op verschillende wijzen worden bepaald, afhankelijk van de beschikbare gegevens.

Voor de warmte- of koudelevering door het energiesysteem kan gebruik worden gemaakt van:

- Berekende warmte- of koudelevering door het energiesysteem.  
Hiervan kan gebruik worden gemaakt wanneer geen historische data beschikbaar zijn, zoals bij een nieuw energiesysteem en bij de aansluiting van nieuwbouw op een bestaand energiesysteem. Een bepalingsmethode is uitgewerkt in P.8.
- Warmte- of koudelevering door het energiesysteem op basis van praktijkgegevens.  
Hiervan moet gebruik worden gemaakt bij een bestaand energiesysteem en bij bestaande gebouwen die op een energiesysteem worden aangesloten. De praktijkgegevens moeten over een periode van minimaal drie jaar zijn bepaald. In de hieruit verkregen gegevens moeten de volgende invloedsfactoren zijn beschouwd:
  - bij een collectieve warmtevoorziening: constant aandeel in de warmtelevering voor de bereiding van warm tapwater;
  - de invloed van de buitentemperatuur (graaddagen);
  - veranderingen in de aantallen aangesloten woningen en gebouwen.

#### P.6.1.3.2 Rekenwaarde warmtelevering aan het distributienet

De rekenwaarden voor de totale warmte- of koudelevering door de warmte- of koudeopwekkers aan het distributienet op jaarbasis,  $Q_{XD,int,tot}$ , moeten bepaald worden op basis van praktijkgegevens bij een bestaand distributienet. De praktijkgegevens moeten over een periode van minimaal drie jaar zijn bepaald. In de hieruit verkregen gegevens moeten de volgende invloedsfactoren zijn beschouwd:

- bij een collectieve warmtevoorziening: constant aandeel in de warmtelevering voor de bereiding van warmtapwater;
- de invloed van de buitentemperatuur (graaddagen);
- veranderingen in de aantallen aangesloten woningen en gebouwen.

Als geen praktijkgegevens beschikbaar zijn, dan moeten deze gegevens berekend worden volgens formule (P.12).

### P.6.1.3.3 Rekenwaarde energielevering aan het energiesysteem

De rekenwaarden voor de primaire energielevering per energiedrager  $ci$  aan het energiesysteem op jaarbasis,  $E_{XD;in,ci}$ , moeten bepaald worden op basis van praktijkgegevens, voor een bestaand energiesysteem.

Als het specifieke warmte- of koudeleverende energiesysteem ook elektriciteit levert dan moeten de rekenwaarden voor de energielevering van elektriciteit door het energiesysteem op jaarbasis,  $E_{XD;exp}$ , bepaald worden op basis van praktijkgegevens, voor een bestaand energiesysteem.

De praktijkgegevens moeten over een periode van minimaal drie jaar zijn bepaald. In de hieruit verkregen gegevens moeten de volgende invloedsfactoren zijn beschouwd:

- bij een collectieve warmtevoorziening: constant aandeel in de warmtelevering voor de bereiding van warmtapwater;
- de invloed van de buitentemperatuur (graaddagen);
- veranderingen in de aantallen aangesloten woningen en gebouwen.

## P.6.2 Distributieverliezen distributienet

### P.6.2.1 Principe

Als de energieprestatie van het energiesysteem uitsluitend wordt bepaald op basis van praktijkgegevens, dan hoeven de distributieverliezen niet te worden berekend op basis van de netgegevens. In de andere situaties is berekening vereist.

De verliezen van een distributienet worden bepaald door:

- de leidinglengte;
- de diameter;
- de warmteweerstand van de leiding met isolatie;
- het temperatuurverschil tussen de leiding en zijn omgeving;
- de verliezen van een eventueel buffervat;
- de bedrijfstijd.

De bepalingsmethode maakt een onderscheid tussen grondgedekte en bovengrondse leidingen, grenzend aan buitenlucht, kruipruimte of inpandige ruimte.

De verliezen van een net worden bepaald voor alle delen van het distributiesysteem die deel uitmaken van een collectief distributienet, inclusief de leidingdelen die zich in gebouwen en in kruipruimten onder gebouwen bevinden. Leidingdelen waarvan het verlies al volgens hoofdstuk 9, 10 of 13 is bepaald, behoren niet tot een collectief distributienet.

**OPMERKING 1** De grens tussen het collectieve distributienet en de binnenvestiging wordt getrokken voor de warmtemeter (het overdrachtpunt) en/of de afleverset. Dit overdrachtpunt (warmtemeter en/of afleverset) vormt meestal de basis voor de afrekening tussen de exploiterende organisatie van het collectieve systeem en de gebruikers van de energie.

Voor een collectieve warmtevoorziening geldt:

- 1) De collectieve warmtevoorziening wordt onder andere gebruikt als bron voor warmtapwaterbereiding.

In het collectieve warmtenet circuleert het warme water gedurende het gehele jaar. De temperatuur moet 's zomers zo hoog zijn dat warm tapwater op de minimaal vereiste temperatuur kan worden geleverd. In de winter kan de temperatuur hoger liggen ten behoeve van de verwarming.

- 2) De collectieve warmtevoorziening uitsluitend wordt gebruikt voor verwarming.

In het collectieve warmtenet circuleert het warme water gedurende het gehele jaar of slechts een gedeelte van het jaar, afhankelijk van de bedrijfswijze. De temperatuur van het warme water kan verschillende waarden hebben, ook afhankelijk van de bedrijfswijze. Een stooklijn is een veel toegepaste bedrijfswijze.

Voor een circulatiesystemen voor warm tapwater geldt:

- 1) Circulatiesystemen voor warm tapwater zijn in de regel permanent in bedrijf bij vrijwel constante bedrijfstemperaturen.

Voor een collectieve koudevoorziening geldt:

- 1) De distributieverliezen van het koudenet moeten worden bepaald als de koeling bedreven wordt op een aanvoertemperatuur onder 10 °C. Anders zijn de distributieverliezen nul.
- 2) In een collectief koudenet circuleert koud water gedurende een deel van het jaar of het gehele jaar. Het collectieve koudenet is in bedrijf als de circulatiepomp is ingeschakeld. In de regel zijn deze systemen alleen in de zomer in bedrijf. De verliezen worden tijdens de bedrijfstijd bepaald door de leidinglengte, de specifieke koudeverliezen en het temperatuurverschil tussen de leiding en zijn omgeving.

De bepaling van het verlies kan per maand of per aantal uren met dezelfde buitentemperatuur worden uitgevoerd.

**OPMERKING 2** De maandmethode is vooral geschikt voor systemen die op een constante temperatuur worden bedreven. Als de watertemperatuur in het distributienet een functie is van de buitentemperatuur, dan is de bepaling van het verlies per buitentemperatuur wellicht de eenvoudigste methode.

**OPMERKING 3** Voor een klein systeem voor externe warmte- en/of koudelevering en nieuwe aansluiting op een secundair warmte- of koudenet is in P.6.4 een forfaitaire bepalingsmethode op basis van het aantal aansluitingen gegeven.

### P.6.2.2 Rekenregels distributieverlies distributienet

Als een collectief koudenet bedreven wordt op een temperatuur van 10 °C of hoger, dan bedraagt het distributieverlies van het koudenet  $Q_{XD;dis;ls} = 0$ .

In alle andere gevallen moet het verlies van het distributienet volgens een van de twee hieronder gegeven bepalingsmethoden worden bepaald: per maand of per buitentemperatuur.

Bepaal het distributieverlies van het distributienet  $Q_{XD;dis;ls}$  per jaar volgens de maandmethode:

$$Q_{XD;dis;ls} = \sum_{mi} Q_{XD;dis;ls;mi} \quad (\text{P.13})$$

waarin:

$$Q_{XD;dis;ls;mi} = \frac{t_{mi}}{1000} \times \sum_j \frac{L_j \times (\theta_{XD;circ;mi} - \theta_{ext;avg;mi,j})}{R_{XD;dis;j}} \quad (P.14)$$

voor alle leidingdelen  $j$  waaruit het distributienet is opgebouwd.

Bepaal het totale distributieverlies van het distributienet  $Q_{XD;dis;ls}$  per jaar volgens de methode per buitentemperatuur:

$$Q_{XD;dis;ls} = \sum_{\theta ei} \left\{ \frac{t_{\theta ei}}{1000} \times \sum_j \frac{L_j \times (\theta_{XD;circ;\theta ei} - \theta_{ext;\theta ei})}{R_{XD;dis;j}} \right\} \quad (P.15)$$

waarin:

$Q_{XD;dis;ls}$  is het totale warmteverlies van het distributienet per jaar inclusief eventuele buffervaten, in kWh;

$Q_{XD;dis;ls;mi}$  is het warmteverlies van het distributienet inclusief eventuele buffervaten, voor maand  $mi$ , in kWh;

$t_{mi}$  is de duur van de maand  $mi$ , overgenomen van tabel 17.1 in h;

$L_j$  is de lengte van leidingdeel  $j$ , volgens de (ontwerp)gegevens van het distributienet, in m;

$\theta_{XD;circ;mi}$  is de gemiddelde temperatuur van het water in het distributienet tijdens bedrijf, voor maand  $mi$ , bepaald volgens de ontwerp- of bedrijfsgegevens, in °C.

**OPMERKING** Deze temperatuur is het maandgemiddelde van de aanvoer- en retourtemperatuur van de warmte- of koudeopwekkers van het distributienet, waarvoor de maandgemiddelde waarden van de temperatuurregeling van het distributienet, mogen worden gebruikt.

$\theta_{ext;avg;mi,j}$  is de gemiddelde omgevingstemperatuur van leidingdeel  $j$  voor maand  $mi$ ;

$t_{\theta ei}$  is de lengte van de periode met buitentemperatuur  $\theta_{ext;i}$ , volgens tabel P.16, in h;

$\theta_{XD;circ;\theta ei}$  is de gemiddelde temperatuur van het water in het distributienet tijdens bedrijf, bij een omgevingstemperatuur  $\theta_{ext;i}$ , bepaald volgens de ontwerp- of bedrijfsgegevens, in °C;

$\theta_{ext;\theta ei}$  is de omgevingstemperatuur, in °C;

$R_{XD;dis;j}$  is de specifieke warmteweerstand van leidingdeel  $j$ , bepaald volgens P.6.3, in K·m/W.

De gemiddelde omgevingstemperatuur voor (grondgedekte) leidingen grenzend aan buitenlucht, is de gemiddelde buitentemperatuur  $\theta_{e;avg;mi}$  voor maand  $mi$ , overgenomen van tabel 17.1, in °C.

Voor (grondgedekte) leidingen grenzend aan een kruipruimte is dit de gemiddelde kruipruimtemperatuur  $\theta_{cs;avg;mi}$  voor maand  $mi$ , volgens formule (P.16), in °C.

De gemiddelde omgevingstemperatuur voor geïsoleerde leidingen in een inpandige ruimte, is de maandgemiddelde binnentemperatuur op basis van (ontwerp)gegevens.

Bepaal de temperatuur van de kruipruimte  $\theta_{cs;avg;mi}$  per maand  $mi$  volgens:

$$\theta_{cs;avg;mi} = 11,2 + 0,08 \times \theta_{e;avg;mi} \quad (\text{P.16})$$

waarin:

- $\theta_{cs;avg;mi}$  is de temperatuur van de kruipruimte per maand  $mi$ , in °C;
- $\theta_{e;avg;mi}$  is de gemiddelde buitentemperatuur voor maand  $mi$ , overgenomen van tabel 17.1, in °C.

**OPMERKING 2** Als de aanvoer- en retourleiding afzonderlijk zijn aangelegd, behoren beide leidingen afzonderlijk in rekening te worden gebracht op de bovenstaande bepalingsmethode. Als de aanvoer- en retourleiding als één leiding met gezamenlijke isolatie zijn aangelegd, behoort deze gecombineerde leiding als één geheel te worden beschouwd.

**OPMERKING 3** De verliezen van een eventueel buffervat behoren te worden bepaald en meegenomen bij het bepalen van de totale verliezen,  $Q_{XD;dis;ls}$ , van het distributienet. Hiervoor mag de methode zoals beschreven in 13.6 worden toegepast uitgaande van de werkelijke temperatuurniveaus.

### P.6.3 Rekenregels warmteweerstand leidingen

Bepaal voor grondgedekte leidingen de specifieke warmteweerstand volgens:

$$R_{HD;dis;j} = f_{x;j} \times \left( \sum_i \left[ \frac{1}{2\pi \times \lambda_{k;j,i}} \times \ln \left( \frac{D_{u;j,i}}{d_{u;j,i}} \right) \right] + \frac{1}{2\pi \times \lambda_{g;j}} \times \ln \left( \frac{4 \times h_j}{D_{u;j}} \right) \right) \quad (\text{P.17})$$

Bepaal voor geïsoleerde leidingen in lucht de specifieke warmteweerstand volgens:

$$R_{HD;dis;j} = f_{x;j} \times \left( \sum_i \left[ \frac{1}{2\pi \times \lambda_{k;j,i}} \times \ln \left( \frac{D_{u;j,i}}{d_{u;j,i}} \right) \right] + \frac{1}{\pi \times h_{a;j} \times D_{u;j}} \right) \quad (\text{P.18})$$

waarin:

- $R_{HD;dis;j}$  is de specifieke warmteweerstand van leidingdeel  $j$ , in K·m/W;
- $f_{x;j}$  is de dimensioze correctiefactor voor extra warmteverlies als gevolg van de buigeling en/of onvolkomen afwerking van de isolatie en voor minder warmteverlies doordat twee leidingen in één sleuf in de grond zijn aangebracht van leidingdeel  $j$ , bepaald volgens tabel P.1;

$\lambda_{k;j,i}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van laag  $i$  van leidingdeel  $j$ , bepaald volgens NEN-EN-ISO 8497, naar boven afgerond in stappen van 0,001, in W/(m·K);

**OPMERKING** Tabel E.10 geeft representatieve waarden voor nieuwbouw en forfaitaire waarden voor bestaande bouw.

$D_{u;j,i}$  is de buitendiameter van laag  $i$  van leidingdeel  $j$ , volgens de (ontwerp)gegevens van het distributiesysteem, in m;

- $d_{u,j,i}$  is de binnendiameter van laag  $i$  van leidingdeel  $j$ , volgens de (ontwerp)gegevens van het distributiesysteem, in m;
- $\lambda_{gj}$  is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond boven leidingdeel  $j$ , bepaald volgens tabel P.1, in W/(m·K);
- $h_j$  is de afstand tussen de bovenzijde van de buitenste laag van de leiding met isolatie en andere vormen van bekleding en het grondoppervlak (ook aangeduid als de dekking), volgens de (ontwerp)gegevens van het distributiesysteem, in m;
- $D_{u,j}$  is de buitendiameter van de isolatie van leidingdeel  $j$ , volgens de (ontwerp)gegevens van het distributiesysteem, in m;
- $h_{a,j}$  is de warmteoverdrachtcoëfficiënt aan de buitenzijde van de leiding/isolatie ten gevolge van straling en convectie, bepaald volgens tabel P.1, in W/(m<sup>2</sup>·K).

#### P.6.4 Rekenwaarden distributieverlies distributienet

Er is een forfaitaire methode beschikbaar voor het bepalen van de distributieverliezen van een distributienet op basis van een verlies per kleinverbruikersaansluitingen (aansluitwaarde < 100 kW). Deze methode kan worden toegepast op:

- een klein systeem voor externe warmte- of koudelevering;
- een klein systeem voor externe warmtapwaterlevering via een collectief circulatiesysteem;
- een nieuw secundair warmtenet dat wordt aangesloten op een bestaand primair warmtenet;
- een nieuw secundair koudenet dat wordt aangesloten op een bestaand primair koudenet;
- nieuwe aansluitingen op een bestaand secundair warmte- of koudenet.

OPMERKING 1 Een secundair warmte- of koudenet is gedefinieerd in 3.1.31 en P.5.3.2.

Bij deze benadering is het niet nodig dat de leidinglengten, leidingdiameter en isolatie van de leidingen bekend zijn. Zijn deze gegevens wel bekend, dan kunnen deze worden gebruikt voor een gedetailleerde bepaling van het distributieverlies van het distributienet volgens P.6.2.2.

Het forfaitaire distributieverlies  $Q_{\text{HD;dis;ls}}$  wordt bepaald door:

$$Q_{\text{HD;dis;ls}} = Q_{n;\text{dis;ls}} \times n_{\text{HD}}$$

waarin:

- $Q_{n;\text{dis;ls}}$  is het warmteverlies van het warmtenet, per jaar, in kWh;
- $Q_{\text{HD;dis;ls}}$  is het warmteverlies per aansluiting op het kleine systeem voor externe warmtevoorziening of secundaire net, volgens tabel P.0;
- $n_{\text{HD}}$  is het aantal kleinverbruikersaansluitingen (aansluitwaarde < 100 kW) op het kleine systeem voor externe warmtevoorziening of secundaire net.

Om het totale distributieverlies van het distributienet van een klein systeem voor externe collectieve warmtevoorziening of secundaire warmtenet te bepalen moet het berekende verlies worden vermeerderd met het verlies van de op dit systeem aangesloten grootverbruikers ( $\geq 100$  kW per aansluiting) volgens P.6.2.2.

Indien er tussen de warmteopwekking en de afnemers ook een primair net aanwezig is, moet het berekende distributieverlies worden verhoogd met het verlies over het primaire net. Het verlies over het primaire net moet worden berekend op basis van 6.2.2.

Het forfataire distributieverlies  $Q_{WD;dis;ls}$  voor een klein systeem voor externe warmtapwaterlevering via een collectief circulatiesysteem wordt bepaald door:

$$Q_{WD;dis;ls} = Q_{n;dis;ls} \times n_{WD}$$

waarin:

$Q_{WD;dis;ls}$  is het warmteverlies van het warmtapwatersnet, per jaar, in kWh;

$Q_{n;dis;ls}$  is het warmteverlies per aansluiting op het kleine systeem voor externe warmtapwaterlevering via een collectief circulatiesysteem, volgens tabel P.0;

$n_{WD}$  is het aantal kleinverbruikersaansluitingen op het kleine systeem voor externe warmtapwaterlevering via een collectief circulatiesysteem.

Om het totale distributieverlies van het distributienet van een klein systeem voor externe collectieve warmtapwaterlevering te bepalen moet het berekende verlies worden vermeerderd met het verlies van de op dit systeem aangesloten grootverbruikers ( $\geq 100$  kW per aansluiting) volgens P.6.2.2.

Indien er tussen de warmteopwekking en de afnemers ook een primair net aanwezig is, moet het berekende distributieverlies worden verhoogd met het verlies over het primaire net. Het verlies over het primaire net moet worden berekend op basis van 6.2.2.

**Tabel P.0 — Forfataire verliezen per kleinverbruikersaansluiting (aansluitwaarde < 100 kW) voor kleine systemen voor externe warmtelevering en warmtelevering door een secundair net, in kWh per jaar**

$\theta_{sup} / \theta_{ret}$ °C <sup>a</sup>	90/60 <sup>b</sup>	90/50	70/40	50/40	35/25
Grondgebonden aansluitingen (één aansluiting per perceel)	3 410	2 870	2 350	2 240	985
Aansluitingen binnen één gebouw <sup>c</sup>	1 750	1 515	1 180	1 125	480
$\theta_{sup}$ is de ontwerpaanvoertemperatuur van het warmtenet; $\theta_{ret}$ is de ontwerpreturntemperatuur van het warmtenet. <sup>a</sup> Indien de ontwerpreturntemperatuur van het warmtenet niet overeenkomt met de gegeven waarde, moet de eerstvolgende hogere waarde worden aangehouden. <sup>b</sup> Temperatuurniveau voor een klein systeem voor externe warmtapwaterlevering via een collectief circulatiesysteem of wanneer het temperatuurniveau van het warmtenet onbekend is. <sup>c</sup> Het gegeven verlies is van toepassing op meerdere aansluitingen binnen de gebouwschil van een of meerdere gebouwen. Dit betreft dan zowel de inpandige verliezen als de verliezen in de terreinleidingen tot aan de opwekker van een klein systeem voor externe warmtelevering of het onderstation.					

De verliezen per aansluiting zijn gebaseerd op aangesloten kleinverbruikers (maximaal < 100 kW per aansluiting). Voor grootverbruikers moet het verlies worden bepaald op basis van leidinglengten, leidingdiameters, leidingisolatie, enz. volgens P.6.2 en zijn deze waarden niet van toepassing.

Het forfataire distributieverlies  $Q_{CD;dis;ls}$  voor een klein systeem voor externe koudelevering of een nieuw secundair koudenet dat wordt aangesloten op een bestaand primair koudenet, bedraagt voor

systemen met een aanvoertemperatuur  $\theta_{\text{sup}}$  van  $< 10^{\circ}\text{C}$  15 % ( $\eta_{\text{CD;dis}} = 0,15$ ) op jaarbasis van de totaal geleverde koude per jaar (som van alle aansluitingen,  $n_{\text{CD}}$ ). In alle andere gevallen bedraagt het distributieverlies van het koudenet  $Q_{\text{CD;dis;ls}} = 0$ .

**OPMERKING 2** De verliezen van een buffervat in een klein systeem voor externe warmte- of koudelevering dat wordt ingezet om te voorkomen dat opwekkers te frequent in- en uitschakelen (schakelbuffers), zijn verdisconteerd in de forfataire waarde voor het forfataire verlies conform tabel P.0 en hoeven bij gebruik van deze forfataire waarden niet expliciet bepaald te worden.

In onderstaande tabel P.1 staan de volgende gegevens:

- de forfataire waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond boven leidingdeel  $j$ ;
- de waardeoverdrachtcoëfficiënt aan de buitenzijde van de leiding/isolatie ten gevolge van straling en conventie;
- de correctiefactor voor extra warmteverlies als gevolg van de beugeling en/of onvolkomen afwerking van de isolatie van leidingdeel  $j$ .

**Tabel P.1 — Rekenwaarden bij de bepaling van de specifieke warmteweerstand van geïsoleerde leidingen (forfataire waarden)**

Coëfficiënt of factor	Forfataire waarde	Voorwaarden
$\lambda_{g;j}$	1,75 W/(m·K)	Geen
$h_{a;j}$	8 W/(m <sup>2</sup> ·K)	Voor leidingen in een besloten ruimte
	25 W/(m <sup>2</sup> ·K)	Voor alle overige leidingen die grenzen aan lucht
$f_{x;j}$	1,05	Voor twee geïsoleerde leidingen in één sleuf in de grond, zonder harde verbindingen tussen leiding en buitenmantel  OPMERKING 1 Bijvoorbeeld een stalen leiding met PUR-isolatie en PE-mantel.
	1,00	Voor twee geïsoleerde leidingen in één sleuf in de grond, met harde verbindingen tussen leiding en buitenmantel  OPMERKING 2 Bijvoorbeeld een stalen leiding met steenwolisolatie en stalen mantel, die met beugels (afstandhouders en vaste punten) aan de leiding is bevestigd.
	0,80	Voor twee oude geïsoleerde leidingen in een glijdend systeem voorzien van betonputten met vaste punten en compensatoren  OPMERKING 3 Bijvoorbeeld een stalen leiding met isolatie van cellenbeton en afwerking met bandage en bitumen. Komt bijna uitsluitend voor bij oude leidingen met verouderde isolatie.
	0,90	Voor geïsoleerde leidingen in opbouw of inbouw  OPMERKING 4 De correctiefactor $f_{x;j}$ is kleiner dan 1 als de extra verliezen domineren. Alleen als er winst optreedt, zoals bij twee leidingen in één sleuf in de grond, kan de waarde groter dan 1 zijn.
	1,00	Voor een enkele geïsoleerde leiding in één sleuf in de grond, zonder harde verbindingen tussen leiding en buitenmantel  OPMERKING 5 Bijvoorbeeld een combinatie van aanvoer- en retourleiding van een circulatiesysteem warm water, als één geheel uitgevoerd met PUR-isolatie en PE-mantel.

De forfaitaire waarde van de gemiddelde temperatuur van het warm tapwater in het collectieve circulatiesysteem tijdens bedrijf,  $\theta_{WD;circ;mi}$ , bedraagt 65 °C.

## P.6.5 Energiefactor warmteopwekking voor collectieve warmtevoorziening (XD = HD)

### P.6.5.1 Principe

De primaire energiefactor van de warmteopwekking is de verhouding tussen het primaire energiegebruik en de nuttige warmtelevering. Hierin zijn het primaire opwekkingsrendement en de energiefactor van de verschillende warmteopwekkers verwerkt.

De hierbij vereiste hulpenergie wordt afzonderlijk bepaald in P.6.8.

De warmteopwekking kan met één of met verschillende toestellen gebeuren. Voor ieder toestel wordt het opwekkingsrendement  $\eta_{HD;gen;gi}$  en de energiefractie in de warmtelevering  $F_{HD;gen;gi}$  bepaald. Dit opwekkingsrendement heeft betrekking op de energiedrager en is nog niet verrekend naar primaire energie.

De energiefractie van het opwekkingstoestel wordt bepaald volgens P.6.5.3.

Het opwekkingsrendement wordt bepaald door de specificaties van het toestel en de condities waaronder het gedurende een jaar wordt gebruikt. Het opwekkingsrendement van de afzonderlijke opwekkingstoestellen kan op verschillende manieren worden bepaald:

- Op basis van historische data.  
Voor bestaande warmteopwekkers mag het rendement worden bepaald door de gemeten warmteproductie te delen door het gemeten brandstofverbruik.
- Forfaitaire rekenwaarden, zoals bepaald volgens P.6.5.4.

Als een zonnecollector wordt toegepast dan zal de warmtelevering hiermee, bepaald volgens P.6.5.4.8, altijd preferent zijn. Het is mogelijk dit eerst in mindering te brengen op de warmtelevering aan het warmtenet op jaarbasis, voordat de resterende warmtelevering wordt bepaald. Als die resterende warmtelevering door verschillende warmteopwekkers wordt verzorgd, is er één preferent. De energiefractie van deze preferente warmteopwekker wordt bepaald op basis van die resterende warmtelevering aan het warmtenet.

### P.6.5.2 Rekenregels energiefactor

Bepaal de primaire energiefactor van de warmtelevering door de gezamenlijke warmteopwekkers aan het warmtenet,  $f_{HD;gen;tot}$ , volgens:

$$f_{HD;gen;tot} = \sum_{gi} (F_{HD;gen;gi} \times f_{HD;gen;gi}) \quad (\text{P.19})$$

Bepaal de primaire energiefactor van de warmtelevering door een specifieke warmteopwekker  $gi$ , met uitzondering van warmtekrachtinstallaties (P.6.5.4.5 en P.6.5.4.6), gebruikte restwarmte (P.6.5.4.7), elektrische opwekkers in de flexmodus (P.6.5.4.11) en collectieve warmtevoorziening (P.6.5.4.9), aan het warmtenet volgens:

$$f_{HD;gen;gi} = \frac{f_{P;del;gi,ci}}{\eta_{HD;gen;gi}} \quad (\text{P.20})$$

waarin:

- $f_{\text{HD;gen;tot}}$  is de primaire energiefactor van de warmtelevering door de gezamenlijke warmteopwekkers aan het warmtenet;
- $F_{\text{HD;gen};gi}$  is de dimensieloze energiefractie voor de warmtelevering door de warmteopwekkers aan het warmtenet, volgens P.6.5.3;
- $f_{\text{HD;gen};gi}$  is de primaire energiefactor van de warmtelevering door warmteopwekker  $gi$ ;
- $f_{\text{P;del};gi;ci}$  is de dimensieloze primaire energiefactor  $f_{\text{P;del};ci}$  voor afgenoemde energie door warmteopwekker  $gi$  voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), volgens P.4.5;
- $\eta_{\text{HD;gen};gi}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor de warmtelevering, van warmteopwekker  $gi$ , volgens P.6.5.4.

**OPMERKING 1** Voor warmtekrachtinstallaties (P.6.5.4.5 en P.6.5.4.6) en collectieve warmtevoorziening (P.6.5.4.9) is de primaire energiefactor al bepaald in de desbetreffende paragrafen.

**OPMERKING 2** De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de warmtelevering door de gezamenlijke warmteopwekkers aan het warmtenet,  $K_{\text{CO}_2;\text{HD;gen;tot}}$ , wordt bepaald volgens:

$$K_{\text{CO}_2;\text{HD;gen;tot}} = \sum_{gi} (F_{\text{HD;gen};gi} \times K_{\text{CO}_2;\text{gen};gi}) \quad (\text{P.21})$$

Bepaal de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de warmtelevering door een specifieke warmteopwekker,  $K_{\text{CO}_2;\text{gen};gi}$ , met uitzondering van warmtekrachtinstallaties (P.6.5.4.5 en P.6.5.4.6), gebruikte restwarmte (P.6.5.4.7), elektrische opwekkers in de flexmodus (P.6.5.4.11) en collectieve warmtevoorziening (P.6.5.4.9), aan het warmtenet volgens:

$$K_{\text{CO}_2;\text{gen};gi} = \frac{K_{\text{CO}_2;gi;ci}}{\eta_{\text{HD;gen};gi}} \quad (\text{P.22})$$

waarin:

- $K_{\text{CO}_2;gi;ci}$  is de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde energie door warmteopwekker  $gi$  voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), volgens P.4.6, in kg/kWh.

## P.6.5.3 Energiefractie

### P.6.5.3.1 Principe

Als het warmtenet slechts één opwekkingstoestel of verschillende opwekkingstoestellen met identiek opwekkingsrendement en identieke brandstof omvat, dan geldt dat de waarde van de energiefractie  $F_{\text{HD;gen;gref}} = 1$ .

De energiefractie van de preferente opwekker kan volgens verschillende methoden bepaald worden:

— Historische waarde

Deze methode is alleen toepasbaar voor een bestaande collectieve warmtevoorziening waarin geen grote wijzigingen in de warmtelevering en de wijze van warmteopwekking optreden. De

dimensioze energiefractie van de preferente opwekker  $F_{\text{HD;gen;gpref}}$  moet worden bepaald op basis van praktijkgegevens over een periode van minimaal drie jaar.

— Bepaling, zoals uitgewerkt onder P.6.5.3.2 voor een afzonderlijk jaar

Deze methode is alleen toepasbaar als de preferente warmteopwekker met het nominale vermogen onbelemmerd wordt ingezet voor de collectieve warmtevoorziening. De methode kan worden toegepast voor nieuwe netten of bestaande netten waar nieuwe warmteopwekkers worden ingezet.

— Overige methoden

In situaties met bijvoorbeeld belemmeringen in de onbeperkte inzet van warmteopwekkers en wijzigingen in de warmtelevering en de wijze van warmteopwekking zijn bovenstaande methoden minder bruikbaar. Hiervoor is nog geen methode beschikbaar. Op basis van contracten of simulaties kan de energiefractie voor de verschillende warmteopwekkers bepaald worden.

De energiefractie van warmteopwekkers in systemen die gebruik maken van een buffer, mag op basis van een simulatie worden onderbouwd.

### P.6.5.3.2 Bepaling energiefractie

De volgende methode is alleen van toepassing als de preferente opwekker onbelemmerd het hele jaar rond kan worden ingezet voor het warmtenet. De methode kan worden toegepast voor nieuwe netten of bestaande netten waar nieuwe warmteopwekkers worden ingezet.

**OPMERKING** Van een onbelemmerde inzet van de preferente warmteopwekker voor het warmtenet is sprake als deze altijd inzetbaar is, behoudens onderbrekingen voor onderhoud. Voorbeelden van belemmeringen zijn het uitschakelen van WKK i.v.m. de opbrengst van de elektriciteitsproductie, terwijl er warmtevraag is. Voor nieuwe netten kan de te verwachten bedrijfswijze bijvoorbeeld worden afgeleid uit contractuele verplichtingen ten aanzien van de warmtelevering.

Als meer dan één opwekkingstoestel met identiek opwekkingsrendement en identieke energiedrager (brandstof) wordt toegepast, dan worden deze toestellen gelijkgesteld aan één opwekkingstoestel met een totaal nominale vermogen dat gelijk is aan de som van de nominale vermogens van deze toestellen.

De energiefractie wordt bepaald voor het opwekkingstoestel dat de voorrang heeft bij warmtelevering (preferent is). De energiefractie is een functie van de waarde van de  $\beta$ -factor die een uitdrukking is van de verhouding van het nominale thermisch vermogen van het preferente opwekkingstoestel voor warmtelevering en de warmtevraag onder ontwerpcondities.

De getalswaarde van de  $\beta$ -factor wordt bepaald volgens P.6.5.3.3, waarna de energiefractie van de preferente warmteopwekker  $F_{\text{HD;gen;gpref}}$  wordt bepaald volgens tabel P.2.

Voor collectieve zonnecollectoren wordt de energiefractie op afwijkende wijze bepaald, zoals gegeven in P.6.5.4.10.

**Tabel P.2 — Energiefractie preferente warmteopwekker(s) ( $F_{\text{HD;gen;gpref}}$ ) als functie van  $\beta_{\text{HD;gen}}$  (forfaitaire waarden)**

$\beta_{\text{HD;gen}}$	$F_{\text{HD;gen;gpref}}$
0,00	0
0,10	0,45
0,20	0,70
0,30	0,84
0,40	0,92
0,50	0,96
0,60	0,98
0,70	1,00
0,80	1,00
0,90	1,00

waarin:

$\beta_{\text{HD;gen}}$  is de verhouding tussen het nominale vermogen van de preferente opwekkingstoestellen en het nominale vermogen van het warmteafgifte-systeem voor het desbetreffende gebied, bepaald volgens P.6.5.3.3;

$F_{\text{HD;gen;gpref}}$  is de dimensieloze energiefractie in de warmtelevering van de preferente opwekkingsvoorziening of opwekkingsvoorzieningen.

Voor tussenliggende waarden van  $\beta$  moet lineair worden geïnterpoleerd.

Voor het bepalen van het preferente geschakelde toestel gelden de volgende regels.

- a) Hernieuwbare warmteopwekkers, zoals geothermie en collectieve zonnecollectoren, leveren preferente warmte.
- b) Bij toepassing van een warmtepomp in combinatie met een of meer andere warmteopwekkingstoestellen, geldt de warmtepomp als preferent geschakeld opwekkingstoestel.
- c) Bij toepassing van warmtekracht in combinatie met een of meer andere warmteopwekkingstoestellen, geldt warmtekracht als preferent geschakeld warmteopwekkingstoestel.
- d) Bij gezamenlijke toepassing van warmtekracht en warmtepompen mogen beide toestellen als preferent geschakeld warmteopwekkingstoestel worden aangemerkt.
- e) In alle andere gevallen geldt het toegepaste opwekkingstoestel met het hoogste rendement als preferent geschakeld opwekkingstoestel.

Voor een warmtenet met warmtepompen of warmtekracht moet het nominale thermische vermogen van de warmtepomp(en) of warmtekracht worden opgegeven.

Als verschillende toestellen worden ingezet als niet-preferente opwekker, met een vaste volgorde van preferentie, dan kan de aanpak voor het preferente toestel worden herhaald voor de combinatie van preferent en eerstvolgend toestel.

Hierbij wordt eerst de  $\beta$ -factor opnieuw bepaald volgens P.6.5.3.3, maar nu met het gezamenlijk vermogen van preferent en eerstvolgend toestel in de teller. Hiermee wordt de gezamenlijke energiefractie van het preferente en eerstvolgende toestel bepaald volgens tabel P.2. Het verschil met de eerder gevonden energiefractie van het preferente toestel is de energiefractie van het eerstvolgende toestel.

Deze aanpak kan worden herhaald voor ieder volgende toestel in de volgorderegeling

Als deze methode niet van toepassing is of als onvoldoende gegevens beschikbaar zijn, moet de energiefractie voor de overige niet-preferentie toestellen worden bepaald volgens:

$$F_{\text{HD;gen};gi} = \frac{(1 - F_{\text{HD;gen};\text{gpref}}) \times P_{\text{HD;gen};gi}}{\sum_{gi \neq \text{gpref}} P_{\text{HD;gen};gi}} \quad (\text{P.23})$$

waarin:

$F_{\text{HD;gen};gi}$  is de dimensiooze energiefractie voor de warmtelevering, die opwekker  $gi$  levert aan het warmtenet;

$F_{\text{HD;gen};\text{gpref}}$  is de dimensiooze energiefractie voor de warmtelevering, die het preferente warmteopwekkingstoestel levert aan het warmtenet, volgens P.6.5.3;

$P_{\text{HD;gen};gi}$  is het totale nominale vermogen van het niet-preferente warmteopwekkingstoestel  $gi$  in het warmtenet, in kW.

**OPMERKING 1** De energiefractie van de niet-preferente toestellen wordt naar rato van het nominale vermogen verdeeld over deze toestellen.

**OPMERKING 2** Als de vermogensverhouding  $\beta_{\text{HD;gen}}$  niet bekend is, kan deze bij meerdere toestellen op 0,5 worden gesteld voor het toestel met de hoogste preferentie.

### P.6.5.3.3 Bepaling $\beta$ -factor

Bepaal de verhouding tussen het nominale vermogen van de preferente warmteopwekkingstoestellen en het referentievermogen van het warmteopwekkingssysteem:

$$\beta_{\text{HD;gen}} = \frac{P_{\text{HD;gen};\text{gpref}}}{P_{\text{HD;gen};\text{ref}}} \quad (\text{P.24})$$

waarin:

$\beta_{\text{HD;gen}}$  is de verhouding tussen het nominale vermogen van het/de preferente warmteopwekkingstoestel(len)  $\text{gpref}$  en het referentievermogen van het warmteopwekkingssysteem voor het warmtenet;

$P_{\text{HD;gen};\text{gpref}}$  is het totale nominale vermogen van het/de preferente warmteopwekkingstoestel(len)  $\text{gpref}$ , in kW;

$P_{\text{HD;gen};\text{ref}}$  is het referentievermogen van het warmteopwekkingssysteem voor het warmtenet, in kW.

Bepaal het referentievermogen van het warmteopwekkingssysteem als de warmteopwekking uitsluitend warmte levert aan het warmtenet:

$$P_{\text{HD;gen;ref}} = \frac{Q_{\text{HD;in;tot}}}{8\,800} \times 3,6 \quad (\text{P.25})$$

**OPMERKING** Het getal 8 800 is het afgeronde product van de benuttingsgraad van de maximale warmtevraag op jaarbasis (waarde 0,28) en de duur van het jaar in Ms (31,536) voor de warmteopwekking t.b.v. externe warmtelevering.

waarin:

$P_{\text{HD;gen;ref}}$  is het referentievermogen van het warmteopwekkingssysteem voor het warmtenet, in kW;

$Q_{\text{HD;in;tot}}$  is de totale warmtelevering door de warmteopwekkers aan het warmtenet op jaarbasis, in kWh, zoals bepaald volgens P.6.1.

#### P.6.5.4 Rekenwaarden opwekkingsrendement

##### P.6.5.4.1 Algemeen

Voor het opwekkingsrendement,  $\eta_{\text{HD;gen};gi}$ , van een opwekkingstoestel  $gi$ , gelden de rekenwaarden zoals hieronder gegeven voor de onderscheiden voorzieningen (onderweglatig van de index van opwekker  $gi$ ).

Voor warmtekrachtinstallaties (P.6.5.4.5 en P.6.5.4.6) en collectieve warmtevoorziening (P.6.5.4.9) is geen opwekkingsrendement maar de energiefactor gegeven.

Als een andere dan de forfaitaire waarde wordt overgelegd, moeten de meetomstandigheden waaronder de waarde is vastgesteld, representatief zijn voor het temperatuurniveau waarop de installatie wordt gebruikt. De voor het gebruik van de installatie benodigde (elektrische) hulpenergie moet worden verdisconteerd (rekening houdend met het verschil in conversiefactor voor de omrekening naar primaire energie) of apart in rekening worden gebracht.

Voor bestaande toestellen mag op basis van historische gegevens van de in- en uitgaande energiestromen het opwekkingsrendement worden bepaald.

##### P.6.5.4.2 Met gas of olie gestookte ketels

Voor het opwekkingsrendement  $\eta_{\text{HD;gen}}$  van met gas of olie gestookte ketels gelden de rekenwaarden volgens tabel P.3.

**Tabel P.3 — Opwekkingsrendement voor met gas of olie gestookte ketels (forfataire waarden)**

<b>Warmteopwekkingsinstallatie</b>	<b>Opwekkingsrendement</b> $\eta_{HD;gen}$ (-)	
Ontwerptemperatuurniveau verwarmingssysteem	LT <sup>a</sup>	HT <sup>a</sup>
a) conventionele ketel	0,70	0,70
b) VR-ketel	0,75	0,75
c) HR-100-ketel	0,875	0,85
d) HR-104-ketel	0,905	0,875
e) HR-107-ketel	0,925	0,90
waarin:		
conventionele ketel	is een met gas gestookte ketel zonder nadere aanduiding, of een met olie gestookte ketel;	
VR-ketel	is een met gas gestookte ketel met een vollastrendement van ten minste 88,5 % op onderwaarde;	
HR-100-, HR-104-, HR-107-ketel	is een met gas gestookte ketel met een deellaastrendement van ten minste 100 %, 104 % respectievelijk 107 % op onderwaarde.	

<sup>a</sup> Voor indeling LT en HT, zie tabel P.4.

Bepaal de indeling van hogetemperatuur- respectievelijk lagetemperatuurverwarmingssystemen (HT-respectievelijk LT-systeem) volgens tabel P.4.

Voor het bepalen van afwijkende rendementswaarden voor ketels op basis van genormeerde testmethoden of vergelijkbare metingen bij één bedrijfsconditie, moet de volgende aanpak worden gevuld:

- bepaling vollastrendement van het toestel bij 80/60 (HT) of 60/40 (LT);
- aftrek van 5%-punt van dit vollastrendement bij buitenopstelling van de ketel.

Afwijkende benaderingen van de bedrijfscondities van het toestel zijn uitsluitend toegelaten als deze zijn onderbouwd op basis van de toegepaste of ontworpen bedrijfswijze van de installatie en het toestel.

Als voor het bepalen van het ketelrendement geen beproevingsnorm van kracht is, moet de fabrikant/leverancier garantiewaarden voor het vollastrendement geven die met een garantiemeting worden getoetst.

**Tabel P.4 — Indeling HT- en LT-systeem voor warmteopwekking en -afgifte**

Warmteafgifte		Warmteopwekking	
Gemiddelde ontwerp-temperatuur warmteafgifte °C	Aanvullende voorwaarden voor het afgiftesysteem	Indeling voor de warmteopwekker	Voorbeelden <sup>b</sup> $\theta_{\text{sup}} / \theta_{\text{ret}}$ °C
$\theta_{\text{em;avg}} > 50^{\circ}\text{C}$	-	HT	90/70, 80/60, 70/50
$\theta_{\text{em;avg}} \leq 50^{\circ}\text{C}$	Systeem met menginjectie met pomp in het afgiftesysteem, zonder retourbegrenzing <sup>c, d</sup>	HT	90/70, 80/60, 70/50
$\theta_{\text{em;avg}} \leq 50^{\circ}\text{C}$	Systeem met menginjectie met pomp in het afgiftesysteem, met retourbegrenzing <sup>d</sup>	LT	70/30, 60/40, 55/45
$\theta_{\text{em;avg}} \leq 50^{\circ}\text{C}$	Direct systeem <sup>e</sup> zonder menginjectie <sup>c</sup>	LT	60/40, 55/45, 45/38

<sup>a</sup>  $\theta_{\text{em;avg}}$  is de getalswaarde van het gemiddelde van de ontwerpvaanvoer- en -retourtemperatuur voor de warmteafgifte, in °C. Met bijvoorbeeld de ontwerpgegevens kan worden aangetoond of de LT-afgifte ( $\theta_{\text{em;avg}} \leq 50^{\circ}\text{C}$ ) van toepassing is.  
<sup>b</sup>  $\theta_{\text{sup}}$  is de ontwerpvaanvoertemperatuur van het warmteopwekkingssysteem ten behoeve van het warmtenet;  
<sup>c</sup>  $\theta_{\text{ret}}$  is de ontwerpreturntemperatuur van het warmteopwekkingssysteem ten behoeve van het warmtenet.  
<sup>c</sup> Menginjectiesysteem  
Een systeem waarbij het water van de warmteopwekker wordt gemengd met retourwater om zo met een lagere temperatuur te worden toegevoerd aan (een deel van) het warmteafgiftesysteem. Toepassing van dergelijke systemen maakt het mogelijk om HT- en LT- afgiftesystemen uit te voeren met één warmteopwekker. De aanvoertemperatuur van de opwekker wordt bepaald door het afgiftesysteem met de hoogste aanvoertemperatuur. Bij deze systemen is de inzet van een of meer aanvullende pompen vereist.  
<sup>d</sup> Retourbegrenzing  
Een retourbegrenzing in een verwarmingssysteem heeft tot doel om een maximale retourtemperatuur naar de warmteopwekker te garanderen. Een retourbegrenzing kan bijvoorbeeld bestaan uit een thermostatisch bediende klep. Deze behoort dan te zijn afgesteld op een maximale retourtemperatuur van 45 °C. Ook is het mogelijk om een hydraulisch menginjectiesysteem toe te passen waarbij de aanvoer van de warmteopwekker de retour van de warmteopwekker niet kan beïnvloeden.  
<sup>e</sup> Direct systeem  
Een systeem waarbij het water van de warmteopwekker direct wordt toegevoerd naar het gehele warmteafgiftesysteem. Toepassing van dergelijke systemen vereist een uniforme ontwerptemperatuur voor het gehele afgiftesysteem.

OPMERKING 1 Toestellen behoren te voldoen aan het *Besluit rendementseisen cv-ketels*, de Nederlandse implementatie van de *Europese Boiler Efficiency Directive*.

OPMERKING 2 VR-ketel: bedoeld is een met gas gestookte ketel met een vollastrendement van ten minste 88,5 % op onderwaarde, gemeten volgens NEN-EN 297 resp. NEN-EN 483 resp. NEN-EN 15502:reeks en/of die voldoet aan de criteria volgens de keuringseisen voor gastoestellen.

Ketels met het Gaskeur, zoals door Kiwa afgegeven, voldoen aan de eis voor een VR-ketel.

OPMERKING 3 HR-100-, HR-104-, HR-107-ketel: bedoeld is een met gas gestookte ketel met een deellastrendement van ten minste 100 %, 104 % respectievelijk 107 % op onderwaarde, gemeten volgens NEN-EN 677 resp. NEN-EN 15502:reeks.

Ketels met het Gaskeur HR-label, zoals door Kiwa afgegeven vanaf 1 juli 2015, voldoen aan de eis voor een HR-107-ketel.

Ketels met het Gaskeur HR-100-, HR-104- respectievelijk HR-107-label, zoals door Kiwa afgegeven vanaf 1997 tot 1 juli 2015, voldoen aan de eis voor een HR-100-, HR-104-, resp. HR-107-ketel.

Ketels met het Gaskeur CV-HR-label, zoals door Kiwa afgegeven tot 1997, voldoen aan de eis voor een HR-100-ketel.

OPMERKING 4 Het onderscheid naar het gemiddelde van de ontwerpaanvoer- en -retourtemperatuur voor de warmteafgifte is gebaseerd op de invloed die het temperatuurniveau heeft op het opwekkingsrendement, rekening houdend met de gebruikelijke dimensionering van verwarmingsinstallaties.

OPMERKING 5 Het in tabel P.3 gegeven rendement voor HR-ketels bij een collectieve installatie is gebaseerd op bedrijfsvoering bij een temperatuur van minimaal 80/60 (HT) of 60/40 (LT) en een opstelling in een ruimte buiten de begrenzing voor de energieprestatiebepaling.

De omgevingsverliezen van het toestel moeten te allen tijde als verliezen worden beschouwd. Als hierover geen verdere gegevens bekend zijn, moet het bij een omgevingstemperatuur van 20 °C bepaalde opwekkingsrendement worden verminderd met 5 %.

OPMERKING 6 De verliezen in de tabel zijn berekend naar een gemiddelde omgevingstemperatuur van 5 °C.

NEN-EN 15316-4-1 geeft twee deellastmodellen om op basis van gemeten toestelprestaties het deellastrendement voor de gegeven bedrijfscondities te bepalen. Voor de bepaling van gebruiksrendementen op basis van gelijkwaardigheid of kwaliteitsverklaring, mogen de deellastmodellen uit NEN-EN 15316-4-1 niet worden gebruikt. Het gebruik van getalswaarden en benaderingen uit de informatieve bijlagen bij NEN-EN 15316-4-1 is in het kader van NTA 8800 niet toegelaten.

#### P.6.5.4.3 Met vaste biobrandstof gestookte ketels

Bepaal het opwekkingsrendement van met vaste biobrandstoffen gestookte verbrandingstoestellen  $\eta_{HD;gen}$  op de volgende wijze:

- Bepaal het opwekkingsrendement op onderwaarde, volgens NEN-EN 303-5.  
Voor toestellen met een nominale vermogen boven 300 kW moet het rendement op een vergelijkbare wijze worden bepaald.
- Bepaal het opwekkingsrendement op bovenwaarde, deel hiervoor het opwekkingsrendement op onderwaarde door 1,08.
- Verminder het rendement met 0,05.

OPMERKING Momenteel is er geen normatieve methode beschikbaar om het opwekkingsrendement van met vaste biobrandstoffen gestookte verbrandingstoestellen en luchtverwarmingen te bepalen. Bij de hier gegeven aanpak wordt het vollastrendement, zoals bepaald bij cv-temperaturen van 60 °C / 80 °C en een

opstellingsplaats op kamertemperatuur, gelijkgesteld aan het jaargemiddelde opwekkingsrendement. Het jaargemiddelde opwekkingsrendement wordt wellicht te hoog ingeschat omdat in deze benadering de eventuele start-stopverliezen verwaarloosd zijn. Het jaargemiddelde opwekkingsrendement wordt wellicht te laag ingeschat omdat in deze benadering de eventuele lagere bedrijfstemperaturen, bij toepassing van bijvoorbeeld een stooklijn, verwaarloosd zijn. Overigens wordt een deel van de met vaste biobrandstoffen gestookte verbrandingstoestellen op een constant hoog temperatuurniveau bedreven. Het rendement wordt bij buitenopstelling met vijf procentpunten verminderd, zoals dit ook voor met gas en olie gestookte ketels gebeurt. Als een afwijkende bepalingsmethode gevuld wordt voor een jaargemiddeld opwekkingsrendement, behoren de bovengenoemde en eventueel andere rendement beïnvloedende factoren hierin te worden betrokken.

#### P.6.5.4.4 Warmtepompen

Voor de toepassing van een warmtepomp in een warmtenet dat uitsluitend voor de verwarmingsfunctie van woningen en gebouwen wordt gebruikt en met een stooklijn wordt bedreven, geldt het opwekkingsrendement volgens tabel P.5.

Als voor het bepalen van de prestaties van een warmtepomp geen beproevingssnorm van kracht is, moet de fabrikantleverancier garantiewaarden voor de prestaties geven die met een garantiemetting worden getoetst.

**Tabel P.5 — Opwekkingsrendementen  $\eta_{HD;gen}$  van warmtepompen, als de aanvoertemperatuur volgens een stooklijn wordt geregeld  
(forfaitaire waarden)**

<b>Opwekker gi</b>	<b>Temperatuurniveaus van de opwekkers</b>									
	$\theta_{sup} \leq 30^{\circ}\text{C}$	$30^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 35^{\circ}\text{C}$	$35^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 40^{\circ}\text{C}$	$40^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 45^{\circ}\text{C}$	$45^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 50^{\circ}\text{C}$	$50^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 55^{\circ}\text{C}$	$55^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 60^{\circ}\text{C}$	$60^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 65^{\circ}\text{C}$	$65^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 70^{\circ}\text{C}$	$70^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 75^{\circ}\text{C}$
<b>EWP</b>										
Bodem	3,55	3,4	3,25	3,1	2,95	2,8	2,4	2,2	2,1	2,0
Buitenlucht	3,40	3,25	3,15	3,05	2,90	2,80	2,4	2,2	2,1	2,0
Grondwater/aquifer (< 15 °C)	5,0	4,7	4,45	4,2	3,9	3,6	3,0	2,8	2,6	2,5
Oppervlaktewater	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	2,8	2,6	2,4	2,3
Brontemperatuur $\geq 15^{\circ}\text{C}$ en $< 20^{\circ}\text{C}$ <sup>d</sup>	5,4	5,0	4,7	4,4	4,1	3,7	3,1	2,9	2,7	2,5
Brontemperatuur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ en $< 40^{\circ}\text{C}$ <sup>e</sup>	5,9	5,3	4,9	4,6	4,3	3,9	3,3	3,0	2,8	2,6
Brontemperatuur $\geq 40^{\circ}\text{C}$ <sup>e</sup>				10,3	8,0	6,5	5,5	4,8	4,2	3,8
<b>GWP</b>										
Bodem/buitenlucht	1,65	1,6	1,55	1,5	1,45	1,4				
Grondwater/aquifer	2,2	2,1	2,0	1,9	1,85	1,8				
Oppervlaktewater	1,95	1,9	1,85	1,8	1,75	1,7				

waarin:

EWP is een elektrische warmtepomp;

GWP is een door gas aangedreven warmtepomp (door gasmotor aangedreven warmtepomp (GMWP) of door gassorptie aangedreven warmtepomp (GASWP));

$\theta_{sup}$  is de ontwerpaanvoertemperatuur van het warmtenet, in °C.

**OPMERKING 1** Het rendement voor de warmtepompen met de bodem als bron geldt voor een parallelle bedrijfswijze. De overige rendementen gelden voor een alternatieve bedrijfswijze (brontemperatuur > 0 °C).

**OPMERKING 2** Onder 'bodem' wordt verstaan een bodemwarmtewisselaar die de warmtepomp via een overdrachtmedium van bronwarmte voorziet. Daaronder vallen ook doorstroomde heipalen of energiepalen.

**OPMERKING 3** Voor warmtepompen is in de forfaitaire rekenwaarden voor het opwekkingsrendement de hulpenergie nodig voor het onttrekken van de warmte aan de bron en de energie ten behoeve van ontgooicycli voor lucht-naar-waterwarmtepompen verdisconteerd. De rendementswaarden zijn gedifferentieerd naar het type bron, waaraan de warmte wordt onttrokken.

- a) Bodem: gebruik wordt gemaakt van een verticale of horizontale bodemwarmtewisselaar waardoor met behulp van een pomp een medium stroomt dat warmte aan de bodem onttrekt en vervolgens via een warmtewisselaar afstaat aan de warmtepomp.
- b) Grondwater: gebruik wordt gemaakt van grondwater dat met behulp van een pomp wordt opgepompt, warmte via een warmtewisselaar (verdampert) afstaat aan de warmtepomp en vervolgens weer wordt teruggevoerd. Er wordt hierbij geen gebruik gemaakt van een tussenmedium.
- c) Buitenlucht: gebruik wordt gemaakt van buitenlucht die met behulp van een ventilator over een warmtewisselaar wordt geleid, waardoor de buitenlucht warmte aan de warmtepomp afstaat.

**OPMERKING 4** De COP-waarden bij een brontemperatuur van ≥ 15 °C alsmede de COP-waarden bij een ontwerptemperatuur van > 55 °C zijn bepaald op basis van een conservatieve theoretische benadering. Om die reden is er bij een grafische weergave een trendbreuk in de COP-waarden zichtbaar. Het uitgangspunt voor het medium voor bronnen met een temperatuur ≥ 15 °C is een vloeistof.

**OPMERKING 5** Het opwekkingsrendement  $\eta_{HD;gen}$  van warmtepompen bij  $70^{\circ}\text{C} < \theta_{sup} \leq 75^{\circ}\text{C}$  is ook van toepassing voor systemen waarmee warmtapwaterbereiding op de percelen plaatsvindt en de systeemtemperatuur niet via een stooklijn wordt geregeld maar een vaste waarde heeft en is uitgevoerd volgens: a) (warmtapwaterbereiding via een warmtewisselaar) of b) (warmtapwaterbereiding via een warmtewisselaar en een voorraadvat behorende bij de (collectieve) gebouwinstallatie), P.5.4.

**OPMERKING 6** Bij een systeem voor externe warmtelevering dat een constante temperatuur levert (dus niet geregeld wordt op basis van een stooklijn) aan het overdrachtpunt (afleverset), behoort een correctie op het in tabel P.5 gegeven opwekkingsrendement te worden toegepast bij een temperatuurniveau van de opwekker ≤ 70 °C.

#### P.6.5.4.5 Warmtekrachtinstallaties zonder derving

Voor gasmotoren en andere vormen van warmtekrachtinstallaties (WKK) waarbij de elektriciteitsproductie *niet* afneemt door onttrekking van warmte (restwarmte) wordt de term primaire energiefactor bepaald volgens:

$$f_{HD;gen;chp} = \frac{\text{MAX}[0; (f_{P;del,ci} - \varepsilon_{chp;el} \times f_{P;exp;el})]}{\varepsilon_{chp;th}} \quad (\text{P.26})$$

waarin:

- $f_{HD;gen;chp}$  is de primaire energiefactor voor de warmtelevering, van opwekker *gi* voor WKK;
- $f_{P;del,ci}$  is de dimensiooze primaire energiefactor  $f_{P;del,ci}$  voor afgenoemde energiedrager *ci* (gas, olie, elektriciteit enz.), bepaald volgens P.4.5;
- $\varepsilon_{chp;th}$  is het dimensiooze jaargemiddelde thermische omzettingsgetal van de WKK;
- $\varepsilon_{chp;el}$  is het dimensiooze jaargemiddelde elektrische omzettingsgetal van de WKK;

$f_{P;\text{exp};\text{el}}$  is de dimensioze primaire energiefactor voor geëxporteerde elektriciteit, bepaald volgens P.4.5.

OPMERKING 1 In de primaire energiefactor van WKK is de bijdrage van zowel de opgewekte warmte als elektriciteit verwerkt.

Hierbij is het niet van belang of deze WKK alle geleverde warmte of slechts een deel van de geleverde warmte aan het desbetreffende gebied levert. In beide situaties wordt uitgegaan van dezelfde verhouding tussen warmte- en elektriciteitslevering.

Ontleen het dimensioze jaargemiddelde thermische omzettingsgetal,  $\varepsilon_{\text{chp};\text{th}}$ , en het elektrische omzettingsgetal,  $\varepsilon_{\text{chp};\text{el}}$ , aan tabel P.6.

OPMERKING 2 Bepaal de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt,  $K_{\text{CO}_2;\text{gen};\text{gi}}$ , volgens:

$$K_{\text{CO}_2;\text{gen};\text{chp}} = \frac{(K_{\text{CO}_2;\text{del},ci} - \varepsilon_{\text{chp};\text{el}} \times K_{\text{CO}_2;\text{exp};\text{el}})}{\varepsilon_{\text{chp};\text{th}}} \quad (\text{P.27})$$

waarin:

$K_{\text{CO}_2;\text{del},ci}$  is de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde energie voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), bepaald volgens P.4.6, in kg/kWh;

$K_{\text{CO}_2;\text{exp};\text{el}}$  is de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde energie voor geëxporteerde elektriciteit, bepaald volgens P.4.6, in kg/kWh.

**Tabel P.6 — Thermisch en elektrisch omzettingsgetal van WKK (forfaitaire waarden)**

<b>Bouwjaar WKK</b>	<b>Tot en met 2006</b>		<b>Na 2006</b>		
	$\varepsilon_{\text{chp};\text{th}}$ (-)	$\varepsilon_{\text{chp};\text{el}}$ (-)	$\varepsilon_{\text{chp};\text{th}}$ (-)	$\varepsilon_{\text{chp};\text{th}}$ (-)	$\varepsilon_{\text{chp};\text{el}}$ (-)
<b>Elektrisch vermogen Pe van warmtekrachtinstallatie</b>					
	-	-	LT <sup>a</sup>	HT	-
2 kW < Pe ≤ 20 kW	0,57	0,26	0,57	0,55	0,28
20 kW < Pe ≤ 200 kW	0,54	0,27	0,51	0,49	0,30
200 kW < Pe ≤ 500 kW	0,50	0,32	0,52	0,50	0,32
500 kW < Pe ≤ 1 000 kW	0,44	0,35	0,46	0,44	0,35
1 000 kW < Pe ≤ 25 MW	0,40	0,36	0,41	0,39	0,37

a Voor indeling in LT of HT, zie tabel P.4.  
Het van toepassing zijn van LT behoort bijvoorbeeld met de ontwerpgegevens te worden aangetoond.

Voor bestaande warmtenetten mogen de rekenwaarden voor het thermische en elektrische omzettingsgetal worden bepaald op basis van praktijkgegevens over een periode van minimaal drie jaar.

Als voor het bepalen van het thermische en elektrische omzettingsgetal van een nieuwe WKK geen beproevingsnorm van kracht is, moet de fabrikant/leverancier garantiewaarden voor de prestaties geven die met een garantiemeting worden getoetst.

#### P.6.5.4.6 Warmtekrachtinstallaties met derving

Voor STEG-centrales, eventueel bedreven met een afvalverbrandingsinstallatie, en andere vormen van WKK waarbij de elektriciteitsproductie afneemt door onttrekking van warmte (aftapwarmte), wordt de primaire energiefactor bepaald volgens:

$$f_{\text{HD;gen;chp}} = \frac{f_{\text{p;del};ci} \times \Delta \varepsilon_{\text{chp;el}} \times f_{\text{p;exp;el}}}{\varepsilon_{\text{chp;th}}} \quad (\text{P.28})$$

waarin:

- $f_{\text{HD;gen;chp}}$  is de primaire energiefactor voor de warmtelevering, van opwekker  $gi$  voor WKK;
- $\Delta \varepsilon_{\text{chp;el}}$  is de jaargemiddelde derving van het elektrische omzettingsgetal van de warmtekrachtinstallatie bij warmtelevering;
- $f_{\text{p;exp;el}}$  is de dimensiooze primaire energiefactor voor geëxporteerde elektriciteit, bepaald volgens P.4.5;
- $f_{\text{p;del};ci}$  is de dimensiooze primaire energiefactor  $f_{\text{p;del};ci}$  voor afgenoemde energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), ontleend aan tabel 5.2 of bepaald volgens P.4.5;
- $\varepsilon_{\text{chp;th}}$  is het dimensiooze jaargemiddelde thermische omzettingsgetal van de warmtekrachtinstallatie.

De forfaitaire rekenwaarde voor de verhouding tussen elektriciteitsderving  $\Delta \varepsilon_{\text{chp;el}}$  en het dimensiooze jaargemiddelde thermische omzettingsgetal van de WKK  $\varepsilon_{\text{chp;th}}$  bedraagt:

$$\frac{\Delta \varepsilon_{\text{chp;el}}}{\varepsilon_{\text{chp;th}}} = 0,18 \quad (\text{P.29})$$

**OPMERKING** Met een primaire energiefactor  $f_{\text{p;exp;el}} = 1,45$  (tabel 5.2) levert dit voor een STEG-centrale een primaire energiefactor van 0,261, wat overeenkomt met een primair opwekkingsrendement van 3,83.

Als de warmte vrijkomt als bijproduct van een AVI met elektriciteitsproductie, dan wordt de primaire energiefactor  $f_{\text{p;del};wi}$  voor een AVI ( $wi$ ) toegepast, bepaald volgens P.4.5.

Voor bestaande warmtenetten mogen de rekenwaarden voor het thermische omzettingsgetal en de jaargemiddelde derving van het elektrische omzettingsgetal worden bepaald op basis van praktijkgegevens over een periode van minimaal drie jaar.

Als voor het bepalen van het thermische en elektrische omzettingsgetal van een nieuwe WKK geen beproevingsnorm van kracht is moet de fabrikant/leverancier garantiewaarden voor de prestaties geven die met een garantiemeting worden getoetst.

Het rendement (de energiefactor) van de referentiecentrale wordt uitsluitend gebruikt om te bepalen welk deel van de fossiele brandstof en emissie van de WKK wordt toegeschreven aan de warmtelevering.

$$K_{CO2;gen;chp} = \frac{K_{CO2;del;ci} \times \Delta \varepsilon_{chp;el} \times f_{P;exp;el}}{\varepsilon_{chp;th}} \quad (P.30)$$

waarin:

- $K_{CO2;del;ci}$  is CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde energie voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), bepaald volgens P.4.6, in kg/kWh.;
- $K_{CO2;exp;el}$  is CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde energie voor geëxporteerde elektriciteit, bepaald volgens P.4.6, in kg/kWh.

#### P.6.5.4.7 Restwarmte

Restwarmte wordt beschikbaar gemaakt met een specifiek hulpenergiegebruik voor restwarmte (rw)  $f_{rw;aux;spec}$  van 0,07 kWh<sub>e</sub>/kWh<sub>rw</sub>. Conform definitie 3.130 is de energiefactor van restwarmte  $f_{HD;gen} = 0$ . De hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie  $W_{HD;aux;gen;rw}$  en de primaire energiefactor  $f_{P;del;rw}$  voor restwarmte (rw) worden bepaald door:

$$W_{HD;aux;gen;rw} = Q_{HD;gen;rw} \times f_{rw;aux;spec}$$

$$f_{P;del;rw} = \frac{W_{HD;aux;gen;rw} \times f_{P;del;el}}{Q_{HD;gen;rw}}$$

waarin:

- $W_{HD;aux;gen;rw}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie voor het beschikbaar maken van restwarmte (rw), in kWh;
- $Q_{HD;gen;rw}$  is de jaarlijkse hoeveelheid restwarmte die ingezet wordt door het externe warmteleveringssysteem, in kWh;
- $f_{rw;aux;spec}$  is het specifieke hulpenergiegebruik voor het beschikbaar maken van restwarmte (rw) in kWh<sub>e</sub>/kWh<sub>rw</sub>;
- $f_{P;del;rw}$  is de primaire energiefactor van restwarmte (rw) aangeleverd aan de opwekker van de externe energievoorziening;
- $f_{P;del;el}$  is de primaire energiefactor van de elektriciteitsproductie (el) volgens tabel 5.2.

Als een afwijkende waarde van het specifieke hulpenergiegebruik  $f_{rw;aux;spec}$  voor het beschikbaar maken van restwarmte (rw) wordt toegepast, moet daarin het benodigde hulpenergiegebruik van onder andere pompen, ventilatoren, regelingen, beveiliging, enz. zijn verwerkt.

$$K_{CO2;gen;rw} = \frac{W_{HD;aux;gen;rw} \times K_{CO2;del;el}}{Q_{HD;gen;rw}}$$

waarin:

- $K_{CO2;gen;rw}$  is de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde restwarmte, in kg/kWh;
- $W_{HD;aux;gen;rw}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie voor het beschikbaar maken van restwarmte (rw), in kWh;

$Q_{\text{HD;gen;rw}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid restwarmte die ingezet wordt door het externe warmteleveringssysteem, in kWh;

$K_{\text{CO}_2;\text{del;el}}$  is de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde elektriciteit volgens tabel 5.3, in kg/kWh.

#### P.6.5.4.8 Geothermische energie

Het thermisch opwekkingsrendement van geothermie  $\eta_{\text{HD;gen;geo}}$  is de verhouding tussen de door geothermie geleverde warmte in kWh en de hiervoor benodigde elektrische hulpenergie in kWh, exclusief het hulpenergiegebruik van het warmtenet, volgens opgave van de ontwerper of op basis van bedrijfsgegevens.

Voor het thermisch opwekkingsrendement van geothermie  $\eta_{\text{HD;gen;geo}}$  geldt een forfaitaire rekenwaarde van 20.

Voor bestaande geothermische bronnen mogen de rekenwaarden voor het thermisch opwekkingsrendement worden bepaald op basis van praktijkgegevens over een periode van minimaal drie jaar.

Bepaal het nominaal vermogen van geothermie volgens:

$$P_{\text{HD;geo;nom}} = \varphi_{\text{HD;geo;nom}} \times \rho_{\text{W;geo}} \times c_{\text{p;w;geo}} \times (\theta_{\text{HD;W;sup}} - \theta_{\text{HD;W;ret}}) \times 10^{-3} \quad (\text{P.31})$$

waarin:

$P_{\text{HD;geo;nom}}$  is het nominaal vermogen van geothermie, in kW;

$\varphi_{\text{HD;geo;nom}}$  is het nominaal debiet over de geothermische bron, in m<sup>3</sup>/s;

$\rho_{\text{W;geo}}$  is de soortelijke massa van water uit de geothermische bron, in kg/m<sup>3</sup>;

$c_{\text{p;w;geo}}$  is de soortelijke warmte van water uit de geothermische bron, in J/kg·K;

$\theta_{\text{HD;W;sup}}$  is de gemiddelde aanvoertemperatuur van water uit de geothermische bron, in °C;

$\theta_{\text{HD;W;ret}}$  is de gemiddelde retourtemperatuur van water naar de geothermische bron, in °C.

Bepaal het nominaal debiet, de soortelijke massa, de soortelijke warmte en de gemiddelde aanvoer- en retourtemperatuur op basis van (ontwerp)gegevens of op basis van bedrijfsgegevens.

OPMERKING 1 Het nominaal debiet is het brondebiet dat in de milieu- en/of winningsvergunning is opgenomen.

OPMERKING 2 Bij geothermie gaat het om water met een vaak hoge zoutconcentratie. Hierdoor wijkt de dichtheid en de soortelijke warmte af van gebruikelijke waarden: 1 000 kg/m<sup>3</sup> resp. 4 190 J/kg·K. Ter oriëntatie: een oplossing van 10 % keukenzout heeft een dichtheid van ca. 1 080 kg/m<sup>3</sup> en een soortelijke warmte van ca. 3 700 J/kg·K.

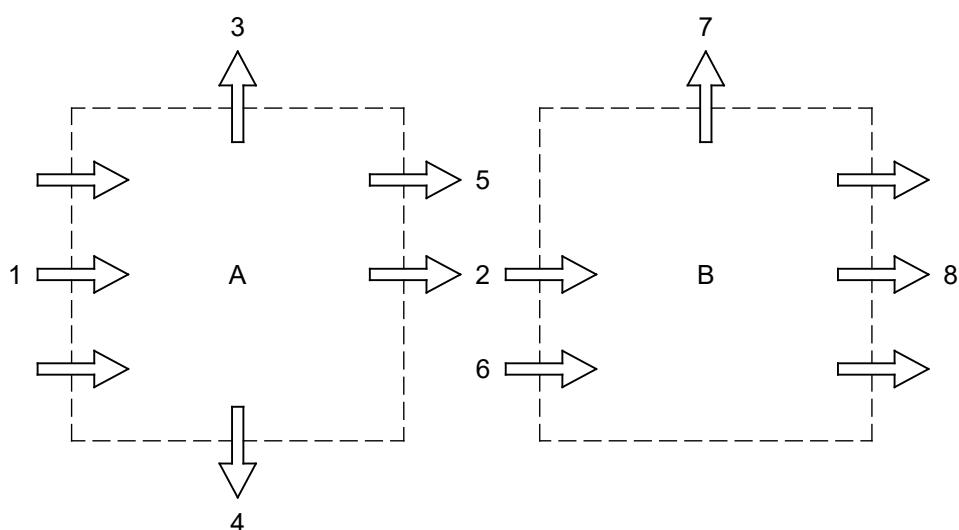
Voor de bepaling van de energiefractie moet worden getoetst of de aanvoertemperatuur van de geothermie,  $\theta_{\text{HD;W;sup}}$  hoog genoeg is voor de ontwerptemperatuur van het distributienet. Als de aanvoertemperatuur van de geothermie te laag is, is een vorm van bijverwarming nodig om de gewenste temperatuur te bereiken.

**OPMERKING 3** Voor de bepaling van de energiefactie bij een te lage aanvoertemperatuur is nog geen methode beschikbaar. Deze situatie behoort op basis van gelijkwaardigheid te worden aangepakt.

#### P.6.5.4.9 Voorgeschakelde collectieve warmtevoorziening

Als een energiesysteem B geheel of gedeeltelijk van warmte voorzien wordt door een ander energiesysteem A, dan wordt eerst de energiefactor van het energiesysteem A bepaald en als invoer gebruikt voor systeem B. De primaire energiefactor van de door B gebruikte warmte,  $f_{HD;gen;hd}$ , is gelijk aan de primaire energiefactor  $f_{P,XD(A);tot}$  van energiesysteem A.

**OPMERKING** De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de door B gebruikte warmte  $K_{CO2;gen;hd}$ , is gelijk aan de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt  $K_{CO2;XD(A);tot}$  van het energiesysteem A.



**Figuur P.9 — Schema van een serieschakeling van twee collectieve energiesystemen**

#### P.6.5.4.10 Collectieve zonnecollector

##### P.6.5.4.10.1 Principe

Een gedeelte van de warmtebehoefte van het warmtenet kan worden geleverd door zonnewarmte.

De bijdrage van een zonne-energiesysteem aan de warmtebehoefte van het warmtenet wordt bepaald als  $Q_{H;ren;si,mi}$  en/of  $Q_{W;ren;si,mi}$  volgens 13.7.2.2.

Vervolgens wordt de energiefactie van de warmtelevering van een zonne-energiesysteem bepaald.

Het hulpenergiegebruik van de collectieve zonnecollector wordt afzonderlijk berekend. De door de zonnecollector geleverde warmte betreft dus vrije warmte, zonder opwekkingsrendement. Dit wordt weergegeven met een primaire energiefactor van 0.

**OPMERKING 1** Er is nog geen breed geaccepteerde systeempoging beschikbaar voor zonne-energiesystemen met een ruimteverwarmingsfunctie die aangeeft wat de resterende bijdrage van het naverwarmingstoestel is. Bovendien is er te weinig ervaring met deze systemen in Nederland om een duidelijke lijn in de systeemopbouw te identificeren. Om deze redenen wordt de invloed van het zonne-energiesysteem voor de verwarmingsfunctie, in tegenstelling tot zonne-energiesystemen voor de verwarming van tapwater, uitgedrukt in de term 'zonbijdrage'.

**OPMERKING 2** Zonne-energiesystemen met uitsluitend een verwarmingsfunctie komen niet veel voor. De meeste installaties zijn zonnecombisystemen en leveren hun ingevangen zonnewarmte aan ruimteverwarming en warm tapwater. Als de zonnewarmte alleen ten goede komt aan warmtapwater, is sprake van een zonneboiler.

**OPMERKING 3** Warmteverliezen van het zonne-energiesysteem kunnen in het verwarmingsseizoen de warmtebehoefte van de rekenzone verlagen. Ze kunnen buiten het verwarmingsseizoen de koudebehoefte vergroten. Het is zinvol om de berekende warmteverliezen te vergelijken met de warmte- en koudebehoefte.

#### P.6.5.4.10.2 Rekenregels

Bepaal de energiefactie voor de collectieve zonnecollector volgens:

$$F_{\text{HD;gen;gpref}} = \frac{\sum_{mi} Q_{\text{HD;sol;mi}}}{Q_{\text{HD;dis;tot;an}}} \quad (\text{P.32})$$

waarin:

- $F_{\text{HD;gen;gpref}}$  is de dimensiooze energiefactie voor de warmtelevering, die de preferente opwekker levert aan het warmtenet;
- $Q_{\text{HD;sol;mi}}$  is de bijdrage van het zonne-energiesysteem aan het warmtenet, in maand  $mi$ , bepaald volgens paragraaf 13.7.2.2, in kWh;
- $Q_{\text{HD;dis;tot;an}}$  is de totale warmte- of koudelevering door de warmte- of koudeopwekkers aan het warmtenet op jaarbasis, in kWh.

Als de bijdrage van het zonne-energiesysteem aan het warmtenet, in maand  $mi$ , wordt bepaald volgens paragraaf 13.7.2.2, bedraagt de forfaitaire waarde voor de referentitemperatuur hierbij,  $\theta_{0;mi}$ , 70 °C.

Voor het bepalen van de bijdrage van het zonne-energiesysteem per maand  $mi$  zijn de maandwaarden van de warmtelevering door de warmteopwekkers en hernieuwbare bronnen aan het warmtenet,  $Q_{\text{HD;dis;tot;mi}}$ , vereist. Deze moeten worden bepaald uit historische gegevens volgens P.8 of berekend volgens:

$$Q_{\text{HD;in;mi}} = Q_{\text{HD;out;mi}} + Q_{\text{HD;dis;ls;mi}} \quad (\text{P.33})$$

waarin:

- $Q_{\text{HD;in;mi}}$  is de warmtelevering door de warmteopwekkers aan het warmtenet, voor maand  $mi$ , in kWh;
- $Q_{\text{HD;out;mi}}$  is de warmtelevering door het warmtenet aan alle afnemers, voor maand  $mi$ , volgens P.8, in kWh;
- $Q_{\text{HD;dis;ls;mi}}$  is het warmteverlies van het warmtenet, voor maand  $mi$ , volgens P.6.2, in kWh.

De collectieve zonnecollector verbruikt geen primaire energie. De waarde van de primaire energiefactor bedraagt 0.

**OPMERKING** De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de door de collectieve zonnecollector geleverde warmte,  $K_{\text{CO}_2;\text{gen;sol}}$ , bedraagt 0.

#### P.6.5.4.11 Elektrische opwekkers in flexmodus

Voor elektrische opwekkers in de flexmodus wordt de term primaire energiefactor bepaald volgens:

$$f_{\text{HD;gen};ci} = \frac{Q_{\text{HD;elektrische opwekker;flex}} \times f_{\text{p;del;flex}} + Q_{\text{HD;elektrische opwekker;basis}} \times f_{\text{p;del;el}}}{\eta_{\text{HD;gen};gi} \times (Q_{\text{HD;elektrische opwekker;flex}} + Q_{\text{HD;elektrische opwekker;basis}})}$$

waarin:

$f_{\text{HD;gen};ci}$	is de primaire energiefactor voor warmtelevering door warmteopwekker $gi$ ;
$f_{\text{p;del;flex}}$	is de dimensiooze primaire energiefactor voor de warmte geproduceerd door elektrische opwekkers in de flexmodus conform tabel 5.5;
$f_{\text{p;del;el}}$	is de dimensiooze primaire energiefactor voor elektriciteit conform tabel 5.2 voor de warmte geproduceerd in de basismodus (normale omstandigheden);
$\eta_{\text{HD;gen};gi}$	is het dimensiooze opwekkingsrendement voor de warmtelevering van de elektrische opwekker. Voor de elektroboiler bedraagt dit typisch 99 % en voor de warmtepomp geldt de waarde uit tabel P.5;
$Q_{\text{HD;elektrische opwekker;flex}}$	is de sommatie van de warmteproductie in GJ die is geproduceerd in de flexmodus door de elektrische opwekker, in GJ;
$Q_{\text{HD;elektrische opwekker;basis}}$	is de sommatie van de warmteproductie in GJ die is geproduceerd buiten de flexmodus en wordt bepaald door de totale jaarproductie van de elektrische opwekker in GJ te verminderen met $Q_{\text{HD;elektrische opwekker;flex}}$ .

Bepaal de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt,  $K_{\text{CO}_2;\text{gen};gi}$ , volgens:

$$K_{\text{CO}_2;\text{gen};gi} = \frac{Q_{\text{HD;elektrische opwekker;flex}} \times K_{\text{CO}_2;\text{del;flex}} + Q_{\text{HD;elektrische opwekker;basis}} \times K_{\text{CO}_2;\text{del;el}}}{\eta_{\text{HD;gen};gi} \times (Q_{\text{HD;elektrische opwekker;flex}} + Q_{\text{HD;elektrische opwekker;basis}})}$$

waarin:

$K_{\text{CO}_2;\text{gen};gi}$	is de CO <sub>2</sub> -emissiecoëfficiënt van de warmtelevering door de elektrische opwekkers;
$K_{\text{CO}_2;\text{gen};flex}$	is de CO <sub>2</sub> -emissiecoëfficiënt van de warmtelevering door de elektrische opwekkers in de flexmodus volgens tabel 5.6;
$K_{\text{CO}_2;\text{gen};el}$	is de CO <sub>2</sub> -emissiecoëfficiënt van elektriciteit volgens tabel 5.3 voor de warmtelevering door de elektrische opwekkers in de basismodus (normale omstandigheden);
$\eta_{\text{HD;gen};mi}$	is het dimensiooze opwekkingsrendement voor de warmtelevering van de elektrische opwekker. Voor de elektroboiler bedraagt dit typisch 99 % en voor de warmtepomp geldt de waarde uit tabel P.5;
$Q_{\text{HD;elektrische opwekker;flex}}$	is de sommatie van de warmteproductie in GJ die is geproduceerd in de flexmodus door de elektrische opwekker, in GJ;
$Q_{\text{HD;elektrische opwekker;basis}}$	is de sommatie van de warmteproductie in GJ die is geproduceerd buiten de flexmodus en wordt bepaald door de totale jaarproductie van de elektrische opwekker in GJ te verminderen met $Q_{\text{HD;elektrische opwekker;flex}}$ .

**OPMERKING** De forfaitaire waarde voor de jaarlijkse productie in de flexmodus ( $Q_{\text{HD};\text{elektrische opwekker;flex}}$ ) wordt berekend door het opgestelde thermisch vermogen van de elektrische opwekker te vermenigvuldigen met 1 500 h, met een maximum van 15 % van de totale warmteproductie voor het warmtenetwerk.

Afwijken van deze forfaitaire waarde is alleen mogelijk op basis van historisch gerealiseerde prestaties. Dit moet onderbouwd worden met een registratie op uurbasis van de daadwerkelijke inzet van de elektroboiler afgezet tegen die uren waarop aan de voorwaarde van de price cap is voldaan.  $Q_{\text{HD};\text{elektrische opwekker; totaal}}$  moet worden onderbouwd op basis van  $Q_{\text{HD};\text{elektrische opwekker;flex}}$  en het doel van de resterende inzet (piek- en/of back-upvoorziening).

## P.6.6 Energiefactor warmteopwekking collectief circulatiesysteem warm tapwater (XD = WD)

### P.6.6.1 Principe

De primaire energiefactor van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding is de verhouding tussen het primaire energiegebruik en de nuttige warmtelevering door het systeem voor warmtapwaterbereiding aan het distributiesysteem. Hierin zijn het primaire opwekkingsrendement en de energiefactor van de verschillende warmteopwekkers verwerkt.

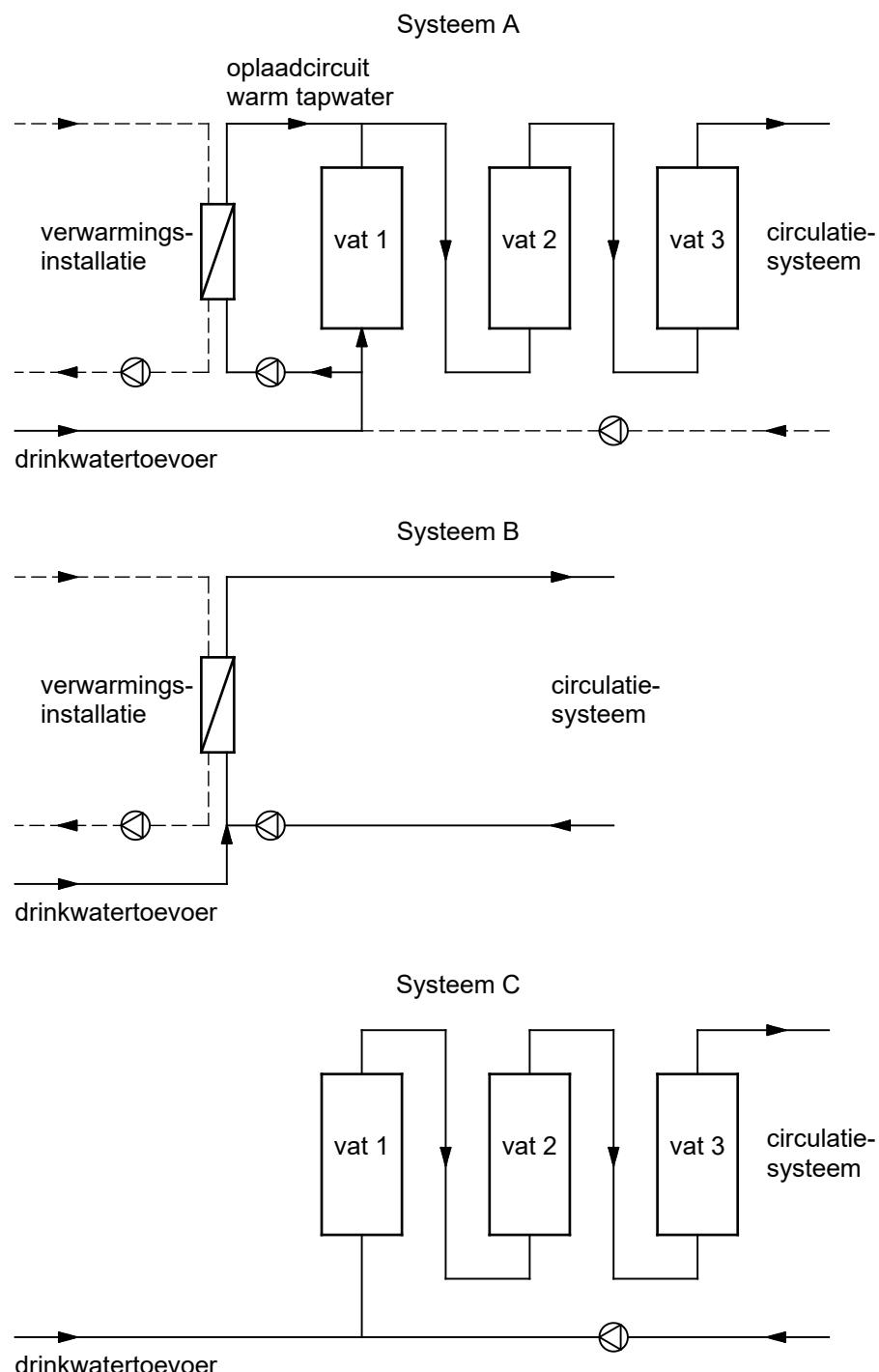
De hierbij vereiste elektrische hulpenergie wordt afzonderlijk bepaald in P.6.9.

Het systeem voor warmtapwaterbereiding is in de regel samengesteld uit afzonderlijke componenten. Hierbij zijn de volgende drie varianten mogelijk (zie figuur P.10):

- systeem A: een of meer (in serie opgestelde) indirect verwarmde warmwatervoorraadvaten, die via een warmtewisselaar worden verwarmd door het verwarmingssysteem;
- systeem B: een of meer warmtewisselaars, zonder voorraadvaten, waarmee het tapwater indirect wordt verwarmd door het verwarmingssysteem.
- systeem C: een of meer (in serie opgestelde) direct verwarmde warmwatervoorraadvaten, zoals gasboilers.

Voor de bepaling van de primaire energiefactor van systeem C op basis van het opwekkingsrendement moet gebruik worden gemaakt van de methode die in hoofdstuk 13 is gegeven.

**OPMERKING** Systeem C wordt zelden toegepast in collectieve systemen.



**Figuur P.10 — Drie systemen voor warmtapwaterbereiding**

Het systeem met indirect verwarmde warmwatervoorraadvaten kan als volgt zijn samengesteld:

- een of meer (in serie opgestelde) warmwatervoorraadvaten; hierbij treden permanente verliezen op;
- een extern oplaadcircuit met pomp (een variant met een interne warmtewisselaar per vat is ook mogelijk); hierbij treden verliezen op tijdens het opladen;

- c) leidingwerk van de verwarmingsinstallatie en pomp tussen de warmtewisselaar en de warmteopwekker(s). De verliezen van leidingdelen die ook voor verwarming worden gebruikt, worden niet toegerekend aan de warmtapwaterbereiding tijdens het verwarmingsseizoen. De verliezen van leidingdelen die uitsluitend voor de warmtapwaterbereiding worden gebruikt, worden over het gehele jaar aan de warmtapwaterbereiding toegerekend;
- d) warmteopwekker(s) zoals cv-ketels, warmtekracht, collectieve zonnecollectoren, geothermie of warmtelevering op afstand. Voor de bepaling van de warmteopbrengst of het opwekkingsrendement van deze warmteopwekkers moet worden uitgegaan van bedrijf op hoge temperatuur (90 °C / 70 °C of 80 °C / 60 °C).

In de uitvoering met uitsluitend een of meer warmtewisselaars, zonder voorraadvaten, vervallen de onderdelen a) en b).

De bepaling van de primaire energiefactor voor de 'indirecte' systemen A en B verloopt als volgt:

- 1) Bepaal de verliezen van de warmwatervoorraadvaten, het externe oplaadcircuit en het leidingwerk van de verwarmingsinstallatie tussen de warmtewisselaar en de warmteopwekker(s), voor zover aanwezig en voor zover niet al verdisconteerd in de bepaling van de opbrengst van bijvoorbeeld collectieve zonnecollectoren.
- 2) Bepaal de totale warmtevraag waarin de warmteopwekkers moeten voorzien. Dit wordt gedaan door de nuttige warmtelevering door het systeem voor warmtapwaterbereiding aan het distributiesysteem en de verliezen te sommeren, zoals bepaald onder punt 1).
- 3) Bepaal het opwekkingsrendement en de energiefractie in de warmtelevering van de verschillende warmteopwekkers, en vervolgens de primaire energiefactor.

De warmteopwekking kan met één of met verschillende toestellen gebeuren. Voor ieder toestel wordt het opwekkingsrendement  $\eta_{WD;gen;gi}$  en de energiefractie in de warmtelevering  $F_{WD;gen;gi}$  bepaald.

De energiefractie van het opwekkingstoestel wordt bepaald volgens P.6.6.3.

Als een zonnecollector wordt toegepast dan zal de warmtelevering hiervan, bepaald volgens P.6.6.5.9, altijd preferent zijn. Het is mogelijk dit eerst in mindering te brengen op de warmtelevering aan het collectieve circulatiesysteem op jaarrbasis, alvorens de resterende warmtelevering te bepalen. Als die resterende warmtelevering door verschillende warmteopwekkers wordt verzorgd, is er één preferent. De energiefractie van deze preferente warmteopwekker wordt bepaald op basis van die resterende warmtelevering aan het collectieve circulatiesysteem.

Het opwekkingsrendement wordt bepaald door de specificaties van het toestel en de condities waaronder het gedurende een jaar wordt gebruikt. De verliezen van voorraadvaten e.d. worden bepaald volgens P.6.6.4. Het opwekkingsrendement van de afzonderlijke opwekkingstoestellen wordt bepaald volgens P.6.6.5.

### P.6.6.2 Rekenregels energiefactor collectief circulatiesysteem warmtapwater

Bepaal de primaire energiefactor van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding,  $f_{WD;gen;tot}$  volgens:

$$f_{WD;gen;tot} = f_{WD;gen;tot;ex} / \eta_{WD;gen;sto} \quad (\text{P.34})$$

waarin:

- $f_{WD;gen;tot}$  is de primaire energiefactor van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, *inclusief* correctie van verliezen van de warmwatervoorraad en van het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar, inclusief de bijdrage van bijstook en hernieuwbare bronnen;
- $\eta_{WD;gen;sto}$  is het dimensieloze opslag- en omzettingsrendement van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, ten gevolge van de verliezen van de warmwatervoorraad en van het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar, bepaald volgens formule (P.35) of met de forfaitaire waarde volgens P.6.6.4.3;
- $f_{WD;gen;tot;ex}$  is de primaire energiefactor van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, *exclusief* correctie van verliezen van de warmwatervoorraad en van het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar, inclusief de bijdrage van bijstook en hernieuwbare bronnen, volgens formule (P.36);

Bepaal het dimensieloze opslag- en omzettingsrendement van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding volgens:

$$\eta_{WD;gen;sto} = \frac{Q_{WD;in;tot}}{Q_{WD;in;tot} + Q_{WD;gen;sto;ls;an} + Q_{WD;gen;p;ls;an}} \quad (\text{P.35})$$

waarin:

- $\eta_{WD;gen;sto}$  is het dimensieloze opslag- en omzettingsrendement van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, ten gevolge van de verliezen van de warmwatervoorraad en van het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar, bepaald volgens formule (P.35) of met de forfaitaire waarde volgens P.6.6.4.3;
- $Q_{WD;in;tot}$  is de totale warmtelevering door de warmteopwekkers aan het collectieve circulatiesysteem op jaarbasis, in kWh;
- $Q_{WD;gen;sto;ls;an}$  is het warmteverlies van de indirect verwarmde warmwatervoorraad, die deel uitmaakt van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, bepaald volgens P.6.6.4.1, in kWh/jaar;
- $Q_{WD;gen;p;ls;an}$  zijn de warmteverliezen van het leidingwerk tussen de warmtewisselaar en de warmteopwekker(s) en van de eventuele externe warmtewisselaar (oplaadcircuit), die deel uitmaken van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, bepaald volgens P.6.6.4.2, in kWh/jaar.

Bepaal de primaire energiefactor van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, *exclusief* de correctie van verliezen van de warmwatervoorraad en van het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar, inclusief de bijdrage van bijstook en hernieuwbare bronnen,  $f_{WD;gen;tot;ex}$ , volgens:

$$f_{WD;gen;tot;ex} = \sum_{gi} (F_{WD;gen;gi} \times f_{WD;gen;gi}) \quad (\text{P.36})$$

Bepaal de primaire energiefactor van de warmtelevering door een specifieke warmteopwekker  $gi$ , met uitzondering van warmtekrachtinstallaties (P.6.6.5.5 en P.6.6.5.6) en collectieve warmtevoorziening (P.6.6.5.9), voor warmtapwaterbereiding volgens:

$$f_{WD;gen;gi} = \frac{f_{P;del;gi,ci}}{\eta_{WD;gen;gi}} \quad (\text{P.37})$$

waarin:

- $\eta_{WD;gen;tot;ex}$  is het dimensiooze primaire equivalente opwekkingsrendement van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, exclusief de correctie van verliezen van de warmwatervoorraad en van het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar, inclusief de bijdrage van bijstook en hernieuwbare bronnen;
- $f_{WD;gen;tot;ex}$  is de primaire energiefactor van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, *exclusief* correctie van verliezen van de warmwatervoorraad en van het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar, inclusief de bijdrage van bijstook en hernieuwbare bronnen;
- $F_{WD;gen;gi}$  is de dimensiooze energiefactie voor de warmtelevering, die opwekker  $gi$  levert aan het collectieve circulatiesysteem, volgens P.6.6.3;
- $f_{P;del;gi,ci}$  is de dimensiooze primaire energiefactor voor afgenoemde energie door opwekker  $gi$  voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), bepaald volgens P.4.5;
- $\eta_{WD;gen;gi}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor de warmtelevering, van opwekker  $gi$ , volgens P.6.6.5.

OPMERKING 1 Voor warmtekrachtinstallaties (P.6.6.5.5 en P.6.6.5.6) en collectieve warmtevoorziening (P.6.6.5.9) is de primaire energiefactor al bepaald in de desbetreffende paragrafen.

OPMERKING 2 De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de warmtelevering door de gezamenlijke warmteopwekkers voor warmtapwaterbereiding,  $K_{CO2;WD;gen;tot}$  wordt bepaald volgens:

$$K_{CO2;WD;gen;tot} = \sum_{gi} (F_{WD;gen;gi} \times K_{CO2;gen;gi}) \quad (\text{P.38})$$

Bepaal de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de warmtelevering door een specifieke warmteopwekker,  $K_{CO2;gen;gi}$  met uitzondering van warmtekrachtinstallaties (P.6.6.5.5 en P.6.6.5.6) en collectieve warmtevoorziening (P.6.6.5.9), voor warmtapwaterbereiding volgens:

$$K_{CO2;gen;gi} = \frac{K_{CO2;gi,ci}}{\eta_{WD;gen;gi}} \quad (\text{P.39})$$

waarin:

- $K_{CO2;gi,ci}$  is de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde energie door opwekker  $gi$  voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), bepaald volgens P.4.6, in kg/kWh.

## P.6.6.3 Energiefractie opwekkingstoestellen collectief circulatiesysteem warmtapwater

### P.6.6.3.1 Principe

Als het collectieve circulatiesysteem slechts één opwekkingstoestel of verschillende opwekkingstoestellen met identiek opwekkingsrendement en identieke brandstof omvat, dan geldt dat de waarde van de energiefractie  $F_{WD;gen;gpref} = 1$ .

De energiefractie van de preferente opwekker kan volgens verschillende methoden bepaald worden:

- Historische waarde

Deze methode is alleen toepasbaar voor bestaande collectieve circulatiesystemen waarin geen grote wijzigingen in de warmtelevering en de wijze van warmteopwekking optreden. De dimensioleze energiefractie voor de warmtelevering van de preferente opwekker  $F_{WD;gen;gpref}$  moet worden bepaald op basis van praktijkgegevens over een periode van minimaal drie jaar.

- Bepaling, zoals uitgewerkt onder P.6.6.3.2

Deze methode is alleen toepasbaar als de preferente opwekker met het nominale vermogen onbelemmerd wordt ingezet voor het collectieve circulatiesysteem. De methode kan worden toegepast voor nieuwe netten of bestaande netten waar nieuwe warmteopwekkers worden ingezet.

- Overige methoden

In situaties met bijvoorbeeld belemmeringen in de onbeperkte inzet van warmteopwekkers en wijzigingen in de warmtelevering en de wijze van warmteopwekking zijn bovenstaande methoden minder bruikbaar. Hiervoor is nog geen methode beschikbaar en kan op basis van contracten of simulaties de energiefractie voor de verschillende warmteopwekkers bepaald worden.

De energiefractie van warmteopwekkers in systemen die gebruik maken van een buffer mag op basis van een simulatie worden onderbouwd.

### P.6.6.3.2 Bepaling energiefractie

De volgende methode is alleen van toepassing als de preferente opwekker onbelemmerd het hele jaar rond kan worden ingezet voor het collectieve circulatiesysteem. Anders moet op basis van historische gegevens (voor bestaande netten zonder veranderingen in de bedrijfswijze van de preferente warmteopwekker) of op basis van de te verwachten bedrijfswijze (voor nieuwe netten of voor bestaande netten bij veranderingen in de bedrijfswijze van de preferente warmteopwekker) de energiefractie worden bepaald.

**OPMERKING** Van een onbelemmerde inzet van de preferente warmteopwekker voor het collectieve circulatiesysteem is sprake als deze altijd inzetbaar is, behoudens onderbrekingen voor onderhoud. Voorbeelden van belemmeringen zijn het uitschakelen van WKK i.v.m. de opbrengst van de elektriciteitsproductie, terwijl er warmtevraag is. Voor nieuwe netten kan de te verwachten bedrijfswijze bijvoorbeeld worden afgeleid uit contractuele verplichten ten aanzien van de warmtelevering.

Als meer dan één opwekkingstoestel met identiek opwekkingsrendement en identieke energiedrager (brandstof) wordt toegepast, dan worden deze toestellen gelijkgesteld aan één opwekkingstoestel met een totaal nominale vermogen dat gelijk is aan de som van de nominale vermogens van deze toestellen.

Als het warmtapwatersysteem verschillende ongelijke opwekkingstoestellen omvat, dan wordt de energiefractie  $F_{WD;gen;gpref}$  waarmee het preferente opwekkingstoestel (of de preferente toestellen)  $g_{pref}$  in de warmtevraag voorziet, bepaald volgens:

$$F_{WD;gen;gpref} = \frac{0,60 \times P_{WD;gen;gpref} \times 8760 \times \eta_{WD;gen;sto}}{Q_{WD;in;tot}} \quad (\text{P.40})$$

Als  $F_{WD;gen;gpref} \geq 1$ , dan geldt:

$$F_{WD;gen;gpref} = 1 \quad (\text{P.41})$$

waarin:

$F_{WD;gen;gpref}$  is de dimensioze energiefractie voor de warmtelevering, die de preferente opwekker  $g_{pref}$  levert aan het collectieve circulatiesysteem;

$P_{WD;gen;gpref}$  is het totale nominale vermogen van het (de) preferente opwekkingstoestel(len)  $g_{pref}$ , in kW;

$\eta_{WD;gen;sto}$  is het dimensioze opslag- en omzettingsrendement van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, ten gevolge van de verliezen van de warmwatervoorraad en van het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar, bepaald volgens P.6.6.4.1 of met de forfaitaire waarde volgens P.6.6.4.3;

$Q_{WD;in;tot}$  is de totale warmtelevering door de warmteopwekkers aan het collectieve circulatiesysteem op jaarbasis, in kWh.

OPMERKING 1 Het getal 8 760 is de duur van het jaar in h.

OPMERKING 2 Het getal 0,60 is gebaseerd op de aannname dat de preferente opwekkers over 60 % van de gehele dagperiode van 24 h in vollast warmte kunnen leveren aan het voorraadsysteem. Bij een combinatie van verschillende opwekkingstoestellen met ongelijke opwekkingsrendementen wordt voor elk opwekkingstoestel de energiefractie bepaald waarmee het opwekkingstoestel in de warmtevraag voorziet. Hierbij wordt voor het preferente opwekkingstoestel (of verschillende opwekkingstoestellen met identiek opwekkingsrendement en identieke brandstof) de energiefractie bepaald. De resterende energiefractie wordt gelijk verdeeld over de overige opwekkingstoestellen.

Bepaal de energiefractie voor de overige niet-preferentie toestellen volgens:

$$F_{WD;gen;gi} = \frac{(1 - F_{WD;gen;gpref}) \times P_{WD;gen;gi}}{\sum_{gi \neq gpref} P_{WD;gen;gi}} \quad (\text{P.42})$$

waarin:

$F_{WD;gen;gi}$  is de dimensioze energiefractie voor de warmtelevering, die opwekker  $gi$  levert aan het collectieve circulatiesysteem;

$F_{WD;gen;gpref}$  is de dimensioze energiefractie voor de warmtelevering, die de preferente opwekker  $g_{pref}$  levert aan het collectieve circulatiesysteem;

$P_{WD;gen;gi}$  is het totale nominale vermogen van het warmteopwekkingstoestel  $gi$  in het collectieve circulatiesysteem, in kW.

OPMERKING De energiefractie van de niet-preferente toestellen wordt naar rato van het vermogen verdeeld over deze toestellen.

## P.6.6.4 Rekenregels en rekenwaarden voor warmteverliezen van de indirect verwarmde warmwatervoorraad, het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar

### P.6.6.4.1 Warmteverliezen van de indirect verwarmde warmwatervoorraad

Als geen voorraadvaten worden toegepast dan zijn er geen warmteverliezen van het warmwatervoorraadvat; dan geldt:  $Q_{WD;gen;sto;ls;an} = 0$ .

De indirect verwarmde warmwatervoorraad, die deel uitmaakt van het subsysteem warmteopwekking, bestaat uit een of meer indirect verwarmde warmwatervoorraadvaten.

Bepaal het warmteverlies van een of meer indirect verwarmde warmwatervoorraadvaten  $j$  door sommatie van de verliezen per vat:

$$Q_{WD;gen;sto;ls;an} = \sum_j \left( \frac{\theta_{WD;sto} - \theta_{WD;amb;sto}}{\Delta\theta_{sto;s-b}} \times Q_{sto;s-b;j} \right) \times 365 \quad (\text{P.43})$$

waarin:

$Q_{WD;gen;sto;ls;an}$  is het warmteverlies van de indirect verwarmde warmwatervoorraad, die deel uitmaakt van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, in kWh/jaar;

$\theta_{WD;sto}$  is de gemiddelde temperatuur van het water in het warmwatervoorraadvat, in °C;

$\theta_{WD;amb;sto}$  is de gemiddelde omgevingstemperatuur in de opstellingsruimte van het warmwatervoorraadvat, in °C;

$\Delta\theta_{sto;s-b}$  is het gemiddelde temperatuurverschil tussen water en omgeving tijdens het bepalen van het stilstandverlies van het warmwatervoorraadvat, in °C;

$Q_{sto;s-b;j}$  is het stilstandverlies van het warmwatervoorraadvat  $j$ , uit meting of berekening, in kWh/dag.

Het stilstandverlies kan per vat met de volgende formule worden benaderd (index  $j$  weggelaten):

$$Q_{sto;s-b} = A_{sto} \times \alpha_{sto} \times (\theta_{WD;sto} - \theta_{WD;amb;sto}) \times \frac{24}{1\,000} \quad (\text{P.44})$$

waarin:

$A_{sto}$  is de buitenoppervlakte van het warmwatervoorraadvat, in m<sup>2</sup>;

$\alpha_{sto}$  is de verliesfactor van het warmwatervoorraadvat, in W/m<sup>2</sup>·K.

Als geen specifieke gegevens bekend zijn, moeten de volgende forfaitaire rekenwaarden worden gebruikt:

$A_{sto}$   $V_{sto} / 100$  als de diameter van het vat 50 cm of meer bedraagt;

$V_{sto} / 200$  als de diameter van het vat minder dan 50 cm bedraagt;

$\alpha_{sto}$	10 W/m <sup>2</sup> ·K zonder isolatie;
	2,5 W/m <sup>2</sup> ·K met isolatie met een dikte van ten minste 1 cm rond het gehele vat;
	1,5 W/m <sup>2</sup> ·K met isolatie met een dikte van ten minste 2 cm rond het gehele vat;
	1,0 W/m <sup>2</sup> ·K met isolatie met een dikte van ten minste 3 cm rond het gehele vat;
$\theta_{WD;sto}$	70 °C;
$\theta_{WD;amb;sto}$	20 °C;

waarin:

$V_{sto}$  is de inhoud van het warmwatervoorraadvat, in dm<sup>3</sup> (l).

#### P.6.6.4.2 Warmteverliezen van het leidingwerk en een eventuele externe warmtewisselaar

Bepaal de warmteverliezen van het leidingwerk tussen de warmtewisselaar en de warmteopwekker(s) en van de eventuele externe warmtewisselaar (oplaadcircuit) door sommatie van de warmteverliezen van de leidingen  $j$  waaruit dit circulatiesysteem is opgebouwd en het warmteverlies van de externe warmtewisselaar over de relevante periode:

$$Q_{WD;gen;p;ls;an} = \{ \sum_j [ L_j \times U_j \times (\theta_{WD;circ} - \theta_{WD;amb;j}) \times f_x ] + P_{HE} \} \times 8\,760 / 1\,000 \quad (\text{P.45})$$

waarin:

$Q_{WD;gen;p;ls;an}$  zijn de warmteverliezen van het leidingwerk tussen de warmtewisselaar en de warmteopwekker(s) en van de eventuele externe warmtewisselaar (oplaadcircuit), die deel uitmaken van de warmteopwekking voor warmtapwaterbereiding, in kWh/jaar;

$L_j$  is de lengte van leidingdeel  $j$ , in m;

$U_j$  is het specifieke warmteverlies van leidingdeel  $j$ , volgens tabel P.7, in W/m·K;

$\theta_{WD;circ}$  is de jaargemiddelde temperatuur van het cv-water in het cv-circulatiesysteem tijdens bedrijf, in °C;

$\theta_{WD;amb;j}$  is de jaargemiddelde omgevingstemperatuur van leidingdeel  $j$  van het cv-circulatiesysteem, in °C;

$f_x$  is de dimensieloze correctiefactor voor extra warmteverlies als gevolg van de beugeling en onvolkomen afwerking van de isolatie;

$P_{HE}$  is het verliesvermogen van de warmtewisselaar bij bedrijfstemperaturen, in W.

Als geen specifieke gegevens bekend zijn, moeten de volgende forfaitaire rekenwaarden worden gebruikt:

$\theta_{WD;circ}$  80 °C;

$\theta_{WD;amb;j}$  20 °C;

$f_x$  1,20.

$$P_{\text{HE}} = P_{\text{HE;spec}} \times P_{\text{HE,nom}} \quad (\text{P.46})$$

waarin:

- $P_{\text{HE,nom}}$  is het nominale vermogen van de externe warmtewisselaar, in kW;
- $P_{\text{HE;spec}}$  is het specifieke verlies van de externe warmtewisselaar, in W/kW, met als forfaitaire rekenwaarden:
- 1,3 voor ongeïsoleerde externe platenwarmtewisselaar;
  - 0,2 voor externe platenwarmtewisselaar met isolatie met een dikte van minimaal 20 mm rondom.

De rekenwaarde voor het specifieke warmteverlies van een leidingdeel  $U_i$  is gegeven in onderstaande tabel.

De in de tabel gegeven waarden zijn voor koper. Voor kunststof leidingen is het specifieke warmteverlies in de regel lager, zodat de hier gegeven waarden ook als forfaitaire waarden voor kunststof leidingen mogen worden toegepast, waarbij de uitwendige diameter als maatstaf moet worden aangehouden (kunststof leidingen zijn meestal iets dikker dan koperen leidingen).

**Tabel P.7 – Indicatie  $U$ -waarden per m leiding in W/(m·K) (forfaitaire waarden)**

Diameter leiding		Isolatiedikte				
Uitwendig	Inwendig	mm				
mm	mm	0	10	15	20	25
10	8	0,407	0,165	0,136	0,114	0,106
12	10	0,453	0,184	0,154	0,136	0,124
15	13	0,539	0,211	0,174	0,154	0,138
22	19,8	0,728	0,271	0,219	0,189	0,169
28	25,6	0,880	0,321	0,256	0,219	0,194
35	32,4	1,049	0,378	0,299	0,253	0,223
42	39,4	1,211	0,435	0,341	0,287	0,251
54	51	1,477	0,531	0,412	0,343	0,299
67	63,2	1,753	0,635	0,488	0,404	0,349
80	75,8	2,018	0,737	0,563	0,464	0,399

Afwijkende rekenwaarden moeten worden bepaald volgens 9.4.2 (formule (9.33), (9.34) of (9.35)).

OPMERKING 1 Bron: Waterwerkblad 4.4 A, pag. 18 – juni 2004.

OPMERKING 2 Het getal 8 760 is de duur van het jaar in h.

**OPMERKING 3** In de formule voor de warmteverliezen wordt verondersteld dat de leidingen en de warmtewisselaar voor warmtapwaterbereiding zo regelmatig worden doorstroomd dat de gemiddelde temperatuur en bedrijfstemperatuur vrijwel gelijk zijn.

**OPMERKING 4** Bij het opstellen van deze methode zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- dezelfde formule als voor verlies circulatieleidingen warmtapwater;
- temperatuur verwarmingscircuit ten behoeve van warmtapwaterbereiding: 90 °C / 70 °C – gemiddeld 80 °C;
- voor alle leidingdelen wordt het verlies over het gehele jaar in rekening gebracht;
- het verlies van de externe (platen)warmtewisselaar wordt eveneens op het gehele jaar betrokken;
- het effect van opwarmen en afkoelen van leidingen en van de warmtewisselaar is niet verrekend, het werkelijke verlies kan daardoor lager uitvallen; dit mag op basis van gelijkwaardigheid in rekening worden gebracht;
- de verliezen van het oplaadcircuit zijn verwaarloosd, omdat dit meestal compact is uitgevoerd en in sommige installaties een onderdeel is van het circulatiesysteem, dat al wordt doorgerekend.

#### P.6.6.4.3 Rekenwaarde warmwatervoorraad

De rekenwaarde voor het dimensieloze rendement voor warm tapwater ten gevolge van de verliezen van de warmwatervoorraad en van het leidingwerk en de eventuele externe warmtewisselaar,  $\eta_{WD;gen;sto}$ , bedraagt:

- 0,90 voor installaties met minimaal 20 mm isolatie rond de warmwatervoorraad, het leidingwerk en een eventueel aanwezige externe warmtewisselaar;
- 0,80 voor installaties met minimaal 10 mm isolatie rond de warmwatervoorraad en het leidingwerk en geen isolatie van een eventueel aanwezige externe warmtewisselaar;
- 0,50 voor installaties zonder isolatie rond de warmwatervoorraad, het leidingwerk en een eventueel aanwezige externe warmtewisselaar.

#### P.6.6.5 Rekenwaarden opwekkingsrendement collectief circulatiesysteem warmtapwater

##### P.6.6.5.1 Algemeen

Voor het opwekkingsrendement,  $\eta_{WD;gen;gi}$ , van een opwekkingstoestel  $gi$ , gelden de rekenwaarden zoals hieronder gegeven voor de onderscheiden voorzieningen (onder weglatting van de index van opwekker  $gi$ ).

Voor warmtekrachtinstallaties (P.6.6.5.5 en P.6.6.5.6) en collectieve warmtevoorziening (P.6.6.5.9) is geen opwekkingsrendement maar de energiefactor gegeven.

Als een andere dan de forfaitaire waarde wordt overgelegd, moeten de meetomstandigheden waaronder de waarde die is vastgesteld, representatief zijn voor het temperatuurniveau waarop de installatie wordt gebruikt. De voor het gebruiken van de installatie benodigde (elektrische) hulpenergie moet worden verdisconteerd (rekening houdend met het verschil in conversiefactor voor de omrekening naar primaire energie) of apart in rekening worden gebracht.

Voor nieuwe toestellen of systemen is de afwijkende waarde voor het opwekkingsrendement van een toestel voor warmtapwaterbereiding in principe gelijk aan het vollastrendement van het toestel bij bedrijfstemperaturen van 60 °C / 80 °C.

Voor bestaande toestellen mag op basis van historische gegevens van de in- en uitgaande energiestromen het opwekkingsrendement worden bepaald.

### P.6.6.5.2 Met gas of olie gestookte ketels

Voor het opwekkingsrendement van met gas of olie gestookte ketels  $\eta_{WD;gen}$  gelden de rekenwaarden volgens tabel P.3 voor hoge temperatuur (HT).

Voor het bepalen van afwijkende rendementswaarden voor ketels die als niet-preferent toestel (bijstook) worden ingezet, moet de volgende aanpak worden gevuld:

- bepalen vollastrendement van het toestel bij 80/60 (HT);
- aftrek van 5 %.

Afwijkende benaderingen van de bedrijfscondities van het toestel zijn uitsluitend toegelaten als deze zijn onderbouwd op basis van de toegepaste of ontworpen bedrijfswijze van de installatie en het toestel.

Als voor het bepalen van het ketelrendement geen beproevingsnorm van kracht is, moet de fabrikantleverancier garantiewaarden voor het vollastrendement geven die met een garantiemeting worden getoetst.

**OPMERKING** De omgevingsverliezen van het toestel worden ten allen tijde als verliezen beschouwd. De verliezen zijn berekend naar een gemiddelde omgevingstemperatuur van 5 °C. Als hierover geen verdere gegevens bekend zijn, moet het bij een omgevingstemperatuur van 20 °C bepaalde opwekkingsrendement worden verminderd met 5 %.

### P.6.6.5.3 Met vaste biobrandstof gestookte ketels

Bepaal het opwekkingsrendement van met vaste biobrandstoffen gestookte verbrandingstoestellen,  $\eta_{WD;gen}$  op dezelfde wijze als voor een warmtenet, volgens P.6.5.4.3.

### P.6.6.5.4 Warmtepompen

Voor het opwekkingsrendement van warmtepompen in warmtapwaterbereiding zijn nog geen forfaitaire waarden beschikbaar.

**OPMERKING** Warmtepompen kunnen op zeer uiteenlopende manieren worden ingezet voor warmtapwaterbereiding, in de meeste gevallen in combinatie met een andere warmteopwekker. Hierover zijn nog weinig praktijkgegevens beschikbaar. Als een of meer gangbare configuraties voor collectieve warmtapwaterbereiding met warmtepompen bekend zijn, worden hiervoor in een revisie van deze norm forfaitaire waarden of eenvoudige rekenmethoden opgenomen.

### P.6.6.5.5 Warmtekrachtinstallaties zonder derving

Bepaal voor gasmotoren en andere vormen van warmtekrachtinstallaties (WKK) waarbij de elektriciteitsproductie *niet* afneemt door onttrekking van warmte (restwarmte) de primaire energiefactor,  $f_{WD;gen;chp}$ , op dezelfde wijze als voor een warmtenet, volgens P.6.5.4.5.

**OPMERKING** Bepaal de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt,  $K_{CO_2;gen;gi}$ , op dezelfde wijze als voor een warmtenet, volgens P.6.5.4.5.

### P.6.6.5.6 Warmtekrachtinstallaties met derving

Bepaal voor STEG-centrales en andere vormen van WKK waarbij de elektriciteitsproductie afneemt door onttrekking van warmte (aftapwarmte), de primaire energiefactor,  $f_{WD;gen;chp}$ , op dezelfde wijze als voor een warmtenet volgens P.6.5.4.6.

**OPMERKING 1** Bepaal de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt,  $K_{CO_2;gen;gi}$ , op dezelfde wijze als voor een warmtenet, volgens P.6.5.4.6.

**OPMERKING 2** Directe warmtelevering door een STEG-centrale aan een collectief circulatiesysteem voor warm tapwater zal zelden voorkomen. In de regel levert een STEG-centrale warmte aan een primair warmtenet, waarmee een collectief circulatiesysteem van warmte wordt voorzien, zoals geschetst in figuur P.3, systeem 1. In dat geval is de bijdrage van de STEG-centrale opgenomen in de primaire energiefactor van het primaire circuit.

#### P.6.6.5.7 Restwarmte

Bepaal voor restwarmte het primaire opwekkingsrendement  $\eta_{WD;gen}$  volgens P.6.5.4.7.

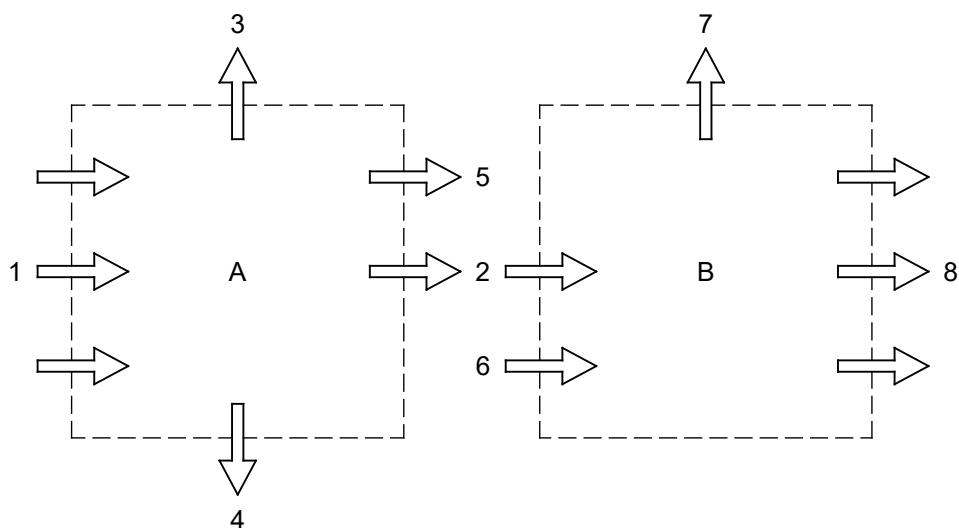
#### P.6.6.5.8 Geothermische energie

Bepaal voor geothermie het thermische opwekkingsrendement,  $\eta_{WD;gen;geo}$ , en het nominaal vermogen,  $P_{WD;geo;nom}$ , volgens P.6.5.4.8.

#### P.6.6.5.9 Voorgeschakelde collectieve warmtevoorziening

Als energiesysteem B geheel of gedeeltelijk van warmte voorzien wordt door een ander energiesysteem A, dan wordt eerst de energiefactor van het energiesysteem A bepaald en als invoer gebruikt voor systeem B. De primaire energiefactor van de door B gebruikte warmte,  $f_{WD;gen;hd}$ , is gelijk aan de primaire energiefactor van energiesysteem A  $f_{P;XD(A);tot}$ .

**OPMERKING** De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de door B gebruikte warmte  $K_{CO_2;gen;hd}$  is gelijk aan de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van het energiesysteem A,  $K_{CO_2;XD(A);tot}$ .



**Figuur P.11 — Schema van een serieschakeling van twee collectieve energiesystemen**

#### P.6.6.5.10 Collectieve zonnecollector

Bepaal de bijdrage van een zonne-energiesysteem aan de warmtebehoefte voor warmtapwaterbereiding volgens P.6.5.4.10.

## P.6.7 Energiefactor koudeopwekking voor koudenet (XD = CD)

### P.6.7.1 Principe

De primaire energiefactor van de koudeopwekking is de verhouding tussen het primaire energiegebruik en de nuttige koudelevering. Hierin zijn het primaire opwekkingsrendement en de energiefactor van de verschillende koudeopwekkers verwerkt.

De hierbij vereiste hulpenergie wordt in principe afzonderlijk bepaald in P.6.10.

De koudeopwekking kan met één of met verschillende toestellen gebeuren. Voor ieder toestel worden het opwekkingsrendement  $\eta_{CD;gen;gi}$  en de energiefactie in de koudelevering  $F_{CD;gen;gi}$  bepaald. Dit opwekkingsrendement heeft betrekking op de energiedrager en is nog niet verrekend naar primaire energie.

De energiefactie van het opwekkingstoestel wordt bepaald volgens P.6.7.3.

Het opwekkingsrendement wordt bepaald door de specificaties van het toestel en de condities waaronder het gedurende een jaar wordt gebruikt. Het opwekkingsrendement van de afzonderlijke opwekkingstoestellen wordt bepaald volgens P.6.7.4.

### P.6.7.2 Rekenregels energiefactor en energiefacties

Bepaal de primaire energiefactor van de koudelevering door de gezamenlijke koudeopwekkers aan het koudenet,  $f_{CD;gen;tot}$ , volgens:

$$f_{CD;gen;tot} = \sum_{gi} (F_{CD;gen;gi} \times f_{CD;gen;gi}) \quad (\text{P.47})$$

Bepaal de primaire energiefactor van de koudelevering door een specifieke koudeopwekker  $gi$ , met uitzondering van warmtekrachtinstallaties (P.6.5.4.5 en P.6.5.4.6) en collectieve warmtevoorziening (P.6.5.4.9), aan het warmtenet volgens:

$$f_{CD;gen;gi} = \frac{f_{P;del;gi,ci}}{\eta_{CD;gen;gi}} \quad (\text{P.48})$$

waarin:

$f_{CD;gen;tot}$  is de primaire energiefactor van de koudelevering door de gezamenlijke koudeopwekkers aan het koudenet;

$F_{CD;gen;gi}$  is de dimensiooze energiefactie voor de koudelevering, die opwekker  $gi$  levert aan het koudenet, volgens P.6.7.3;

$f_{P;del;gi,ci}$  is de dimensiooze primaire energiefactor  $f_{P;del;ci}$  voor afgenoemde energie door opwekker  $gi$  voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), bepaald volgens P.4.5;

$f_{CD;gen;gi}$  is de primaire energiefactor van de koudelevering, van opwekker  $gi$ , volgens formule (P.48) of P.6.7.4;

$\eta_{CD;gen;gi}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor de koudelevering, van opwekker  $gi$ , volgens P.6.7.4.

**OPMERKING 1** Voor door gasmotor of elektrisch aangedreven koudeopwekkers (P.6.7.4.2) en collectieve koudelevering (P.6.7.4.3) is de primaire energiefactor al bepaald in de desbetreffende paragrafen.

**OPMERKING 2** De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de koudelevering door de gezamenlijke koudeopwekkers,  $K_{CO2;CD;gen;tot}$ , wordt bepaald volgens:

$$K_{CO2;CD;gen;tot} = \sum_{gi} (F_{CD;gen;gi} \times K_{CO2;gen;gi}) \quad (\text{P.49})$$

Bepaal de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de koudelevering door een specifieke koudeopwekker,  $K_{CO2;gen;gi}$ , met uitzondering van door gasmotor of elektrisch aangedreven koudeopwekkers (P.6.7.4.2) en collectieve koudelevering (P.6.7.4.3), voor warmtapwaterbereiding volgens:

$$K_{CO2;gen;gi} = \frac{K_{CO2;gi;ci}}{\eta_{CD;gen;gi}} \quad (\text{P.50})$$

waarin:

$K_{CO2;gi;ci}$  is CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt voor afgenoemde energie door opwekker  $gi$  voor de desbetreffende energiedrager  $ci$  (gas, olie, elektriciteit enz.), bepaald volgens P.4.6, in kg/kWh.

## P.6.7.3 Energiefractie

### P.6.7.3.1 Principe

Als het collectieve koudenet slechts één opwekkingstoestel of verschillende opwekkingstoestellen met identiek opwekkingsrendement en identieke brandstof omvat, dan geldt dat de waarde van de energiefractie  $F_{CD;gen;gpref} = 1$ .

De energiefractie van de preferente opwekker kan volgens verschillende methoden bepaald worden:

- Historische waarde

Deze methode is alleen toepasbaar voor bestaande collectieve koudenetten waarin geen grote wijzigingen in de koudelevering en de wijze van koudeopwekking optreden. De dimensieloze energiefractie van de preferente opwekker  $F_{CD;gen;gpref}$  moet worden bepaald op basis van praktijkgegevens over een periode van minimaal drie jaar.

- Bepaling, zoals uitgewerkt onder P.6.7.3.2 voor een afzonderlijk jaar

Deze methode is alleen toepasbaar als de preferente opwekker met het nominale vermogen onbelemmerd wordt ingezet voor het collectieve koudenet. De methode kan worden toegepast voor nieuwe netten of bestaande netten waar nieuwe koudeopwekkers worden ingezet.

- Overige methoden

In situaties met bijvoorbeeld belemmeringen in de onbeperkte inzet van koudeopwekkers en wijzigingen in de koudelevering en de wijze van koudeopwekking zijn bovenstaande methoden minder bruikbaar. Hiervoor is nog geen methode beschikbaar en kan op basis van contracten of simulaties de energiefractie voor de verschillende koudeopwekkers bepaald worden.

De energiefractie van koudeopwekkers in systemen die gebruik maken van een buffer mag op basis van een simulatie worden onderbouwd.

### P.6.7.3.2 Bepaling energiefractie

De volgende methode is alleen van toepassing als de preferente opwekker onbelemmerd het hele jaar rond kan worden ingezet voor het koudenet. Anders moet op basis van historische gegevens (voor bestaande netten zonder veranderingen in de bedrijfswijze van de preferente koudeopwekker) of op basis van de te verwachten bedrijfswijze (voor nieuwe netten of voor bestaande netten bij veranderingen in de bedrijfswijze van de preferente koudeopwekker) de energiefractie worden bepaald.

**OPMERKING 1** Van een onbelemmerde inzet van de preferente koudeopwekker voor het koudenet is sprake als deze altijd inzetbaar is, behoudens onderbrekingen voor onderhoud. Voorbeelden van belemmeringen zijn grenzen aan de opbrengst van koudeopslag, terwijl er een koudevraag is.

Als meer dan één opwekkingstoestel met identiek opwekkingsrendement en identieke energiedrager (brandstof) wordt toegepast, dan worden deze toestellen gelijkgesteld aan één opwekkingstoestel met een totaal nominaal vermogen dat gelijk is aan de som van de nominale vermogens van deze toestellen.

De energiefractie wordt bepaald voor het opwekkingstoestel dat de voorrang heeft bij koudelevering (preferent is) en is een functie van de waarde van de  $\beta$ -factor die een uitdrukking is van de verhouding van het thermisch vermogen van het preferente opwekkingstoestel voor koudelevering en de koudevraag onder ontwerpcondities.

De getalswaarde van de  $\beta$ -factor wordt bepaald volgens P.6.7.3.3, waarna de energiefractie van het preferente toestel  $F_{CD;gen;gpref}$  wordt bepaald volgens tabel P.8.

**Tabel P.8 — Energiefractie van de preferente koudeopwekker of koudeopwekkers (gpref) als functie van  $\beta$  (forfaitaire waarden)**

$\beta_{CD;gen}$ (-)	$F_{CD;gen;gpref}$ (-)
0,0	0,0
0,1	0,1
0,2	0,2
0,3	0,5
0,5	0,8
1,0	1,0

waarin:

$\beta_{CD;gen}$  is de verhouding tussen het nominale vermogen van de preferente koudeopwekkingstoestellen en het nominale vermogen van alle koudeopwekkingstoestellen, bepaald volgens P.6.7.3.3.

Voor tussenliggende waarden van  $\beta_{CD;gen}$  moet  $F_{CD;gen;gpref}$  worden bepaald door lineaire interpolatie.

Afwijkende rekenwaarden moeten zijn gebaseerd op praktijkmetingen. Voor nieuwe installaties mogen alleen praktijkmetingen van andere systemen worden gebruikt als deze voor afnemers, ontwerp en bedrijfswijze vergelijkbaar zijn.

Voor het bepalen van het preferente geschakelde toestel gelden de volgende regels:

- Bij toepassing van vrije koeling geldt deze als preferent geschakelde koudebron.
- Het toegepaste opwekkingstoestel met het, volgens P.6.7.4 bepaalde, hoogste rendement geldt als preferent geschakeld opwekkingstoestel.

**OPMERKING 2** Deze rekenwaarden zijn een globale aanname, bij gebrek aan meer praktijkervaring.

Als het koudenet verschillende ongelijke opwekkingstoestellen omvat, dan wordt de energiefractie  $F_{CD;gen;gi}$  voor de overige niet-preferente toestellen bepaald volgens:

$$F_{CD;gen;gi} = \frac{(1 - F_{CD;gen;gpref}) \times P_{CD;gen;gi}}{\sum_{gi \neq gpref} P_{CD;gen;gi}} \quad (\text{P.51})$$

waarin:

- $F_{CD;gen;gi}$  is de dimensieloze energiefractie voor de koudelevering, die opwekker  $gi$  levert aan het koudenet;
- $F_{CD;gen;gpref}$  is de dimensieloze energiefractie voor de koudelevering, die de preferente opwekker levert aan het koudenet;
- $P_{CD;gen;gi}$  is het totale nominale vermogen van het niet-preferente koudeopwekkingstoestel  $gi$ , in kW.

**OPMERKING 3** De energiefractie van de niet-preferente toestellen wordt naar rato van het vermogen verdeeld over deze toestellen.

### P.6.7.3.3 Bepaling $\beta$ -factor

Bepaal de verhouding tussen het vermogen van de preferente koudeopwekker of koudeopwekkers en het vermogen van alle koudeopwekkers met:

$$\beta_{CD;gen} = \frac{P_{CD;gen;gpref}}{P_{CD;gen;gpref} + P_{CD;gen;gnpref}} \quad (\text{P.52})$$

waarin:

- $\beta_{CD;gen}$  is de verhouding tussen het vermogen van de preferente opwekkingstoestellen en het vermogen van alle opwekkingstoestellen;
- $P_{CD;gen;gpref}$  is het totale vermogen van de preferente koudeopwekkingstoestellen  $gpref$ , bepaald voor compressiekoelmachines volgens P.6.7.3.4, voor absorptiekoelmachines volgens P.6.7.3.5 respectievelijk voor koudeopslag volgens P.6.7.3.6, in kW;
- $P_{CD;gen;gnpref}$  is het totale vermogen van de niet-preferente koudeopwekkingstoestellen  $gnpref$ , bepaald voor compressiekoelmachines volgens P.6.7.3.4, voor absorptiekoelmachines volgens P.6.7.3.5 respectievelijk voor koudeopslag volgens P.6.7.3.6, in kW.

#### P.6.7.3.4 Thermisch vermogen van compressiekoelmachines

Bepaal het thermische vermogen van compressiekoelmachines volgens:

$$P_{CD;gen;CKM} = \eta_{CD;gen} \times \sum(P_{in}) \quad (P.53)$$

waarin:

$P_{CD;gen;CKM}$  is het thermische vermogen van de koelmachine(s) in het gebied, in kW;

$\eta_{CD;gen}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor koeling van de preferente koelmachine, bepaald volgens P.6.7.4;

$P_{in}$  is het asvermogen van de elektromotor van de koelmachine, in kW.

#### P.6.7.3.5 Thermisch vermogen van sorptiekoelmachines

Bepaal het thermische vermogen van sorptiekoelmachines volgens:

$$P_{CD;gen;AKM} = \sum(P_{CD;gen;AKM;i}) \quad (P.54)$$

waarin:

$P_{CD;gen;AKM}$  is het totale thermische vermogen van de sorptiekoelmachine(s) in het gebied, in kW;

$P_{CD;gen;AKM;i}$  is het thermisch vermogen van sorptiekoelmachine  $i$ , in kW.

OPMERKING Het thermische vermogen van een absorptiekoelmachine kan worden bepaald volgens ANSI/ARI 560-2000: *Absorption Water Chilling and Water Heating Packages*.

#### P.6.7.3.6 Thermisch vermogen van koudeopslag

Bepaal het thermische koelvermogen van koudeopslag volgens:

$$P_{CD;gen;aq} = \varphi_{CD;aq} \times \rho_w \times c_{p;w} \times (\theta_{CD;W;sup} - \theta_{CD;W;ret}) \times 10^{-3} \quad (P.55)$$

waarin:

$P_{CD;gen;aq}$  is het thermische vermogen van koudeopslag in het gebied, in kW;

$\varphi_{CD;aq}$  is het koeldebiet over de aquifer(s), in m<sup>3</sup>/s;

$\rho_w$  is de soortelijke massa van water, rekenwaarde 1 000 kg/m<sup>3</sup>;

$c_{p;w}$  is de soortelijke warmte van water, rekenwaarde 4 190 J/kg·K;

$\theta_{CD;W;sup}$  is de gemiddelde aanvoertemperatuur van koelwater uit de aquifer, in maand  $mi$ , in °C;

$\theta_{CD;W;ret}$  is de gemiddelde retourtemperatuur van koelwater naar de aquifer, in maand  $mi$ , in °C.

De bepaling van het koeldebiet en de gemiddelde aanvoer- en retourtemperatuur van het koelwater moet op basis van (ontwerp)gegevens gebeuren.

OPMERKING Het grondwaterdebiet is het brondebiet dat in de milieuvergunning is opgenomen.

#### **P.6.7.4 Rekenwaarden opwekkingsrendement of energiefactor koudeopwekking**

##### **P.6.7.4.1 Algemeen**

Voor het opwekkingsrendement,  $\eta_{CD;gen;gi}$ , van een opwekkingstoestel  $gi$  gelden de rekenwaarden zoals gegeven onder P.6.7.4.2 voor de onderscheiden voorzieningen (onder weglating van de index voor opwekker  $gi$ ).

Voor een sorptiekoelmachine met warmtelevering door collectieve warmtevoorziening of WKK (P.6.7.4.3) en collectieve koudevoorziening (P.6.7.4.4) is geen opwekkingsrendement maar de energiefactor gegeven.

Als een andere dan de forfaitaire waarde wordt overgelegd, moeten de meetomstandigheden waaronder de waarde is vastgesteld, representatief zijn voor het temperatuurniveau waarop de installatie wordt gebruikt. De voor het gebruiken van de installatie benodigde (elektrische) hulpenergie moet worden verdisconteerd (rekening houdend met het verschil in conversiefactor voor de omrekening naar primaire energie) of apart in rekening worden gebracht.

Voor verschillende hernieuwbare koudebronnen die van vrije koeling gebruikmaken, zoals bijvoorbeeld oppervlaktewater, zeewater, droge en natte koeltorens of industriële restkoude (LNG-terminal) is nog geen bepalingsmethode beschikbaar. In voorkomende gevallen moet een methode worden gevuld die zoveel mogelijk de bovenstaande methode volgt.

##### **P.6.7.4.2 Door gasmotor of elektrisch aangedreven koudeopwekkers**

Ontleen het opwekkingsrendement voor koude,  $\eta_{CD;gen;gi}$ , van de opgestelde koudeleveranciers aan tabel P.9.

**Tabel P.9 — COP en opwekkingsrendement voor koeling (forfaitaire waarden)**

<b>Koudeleverancier</b>	$COP_{CD;gen;gi}$ (-)	$\eta_{CD;gen;gi}$ (-)
Elektrisch aangedreven compressiekoelmachine <sup>a</sup>		
— Zonder verdere specificaties	3	3
— HT-aftafgesysteem <sup>b</sup>	4	4
— Verdampingscondensor of natte koeltoren <sup>c</sup>	4	4
— HT-aftafgesysteem én verdampingscondensor of natte koeltoren <sup>b,c</sup>	5	5
— Lagetemperatuurkoudebron <sup>d</sup>	6	6
— HT-aftafgesysteem én lagetemperatuurkoudebron <sup>b,d</sup>	8	8
Met gasmotor aangedreven compressiekoelmachine <sup>a</sup>		
— Zonder verdere specificaties	3	$3 \times \eta_{ge}$
— HT-aftafgesysteem <sup>b</sup>	4	$4 \times \eta_{ge}$
— Verdampingscondensor of natte koeltoren <sup>c</sup>	4	$4 \times \eta_{ge}$
— HT-aftafgesysteem én verdampingscondensor of natte koeltoren <sup>b,c</sup>	5	$5 \times \eta_{ge}$
— Lagetemperatuurkoudebron <sup>d</sup>	6	$6 \times \eta_{ge}$
— HT-aftafgesysteem én lagetemperatuurkoudebron <sup>b,d</sup>	7	$7 \times \eta_{ge}$
Koudelevering door aquifer (elektrisch aangedreven)		
— Bij regeneratie <sup>e</sup> van de bron door warmtepompbedrijf en opslagprincipe van de bron gerealiseerd of vergunning verstrekt vóór 2013 <sup>f</sup>	N.v.t.	18
— Bij regeneratie <sup>e</sup> van de bron door warmtepompbedrijf en opslagprincipe van de bron gerealiseerd of vergunning verstrekt vanaf 2013 <sup>f</sup>	N.v.t.	23
— Bij regeneratie <sup>e</sup> van de bron door warmtepompbedrijf en recirculatieprincipe van de bron <sup>f</sup>	N.v.t.	14
— Bij regeneratie <sup>e</sup> van de bron zonder gebruik van de warmte voor verwarming	N.v.t.	9
Koudelevering uit overige vrije lagetemperatuurkoudebronnen <sup>d</sup>	N.v.t.	23

waarin:

$\eta_{CD;gen;gi}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor de koudelevering, van opwekker  $gi$ ;

$COP_{CD;gen;gi}$  is de dimensieloze  $COP$  voor de koudelevering, van opwekker  $gi$ ;

$\eta_{ge}$  is het asrendement van de gasmotor, waarvan de getalswaarde gelijk is aan het jaargemiddelde elektrisch omzettingsgetal voor WKK in eigen beheer,  $\varepsilon_{chp;el}$ , bepaald volgens tabel P.6;

- a Dit betreft alle typen compressiekoeling, waaronder splitsystemen.
- b HT-afgiftesysteem – afgiftesysteem dat op 12 °C – 18 °C of hoger is ontworpen en bedreven. HT-afgiftesystemen zijn: betonkernactivering, koeling via vloerverwarming en koeling via klimaatplafonds. Koelsystemen die de koude direct aan de binnenlucht afgeven zijn eveneens HT-afgiftesystemen.
- c Verdampingscondensor of natte koeltoren.
- d Lagetemperatuurkoudebron: brontemperatuur onder 15 °C, zoals bodemwarmtewisselaars (energiepalen) en uit diepe meren.
- e Regeneratie van de bron is koude laden (warmte onttrekken) teneinde de bodem thermisch in balans te brengen.  
Als dit gebeurt door het warmtepompbedrijf is de daarvoor vereiste hulpenergie al opgenomen in de COP van de warmtepomp. Als dit gebeurt zonder gebruik van de warmte voor verwarming (door een warmtepomp) dan komt het energiegebruik van de pompen ten laste van de koeling. De warmte wordt dan bijvoorbeeld aangegeven via een droge koeler.
- f Bij het recirculatieprincipe is er sprake van een of meer onttrekkingssystemen en een of meer infiltratiebronnen waarbij de stromingsrichting gedurende het gehele jaar hetzelfde is. Bij het opslagprincipe is sprake van een warme- en koudebron, waarbij de stromingsrichting in de zomer en winter omdraait.
- g Voor inzet van hulpenergie om de bron te regenereren moeten aparte berekeningen worden uitgevoerd volgens de regels verderop in deze norm.

#### P.6.7.4.3 Sorptiekoelmachine met warmtelevering door collectieve warmtevoorziening of WKK

Ontleen de primaire energiefactor voor koude,  $f_{CD;gen;gi}$ , van de opgestelde koudeleveranciers aan tabel P.10.

**Tabel P.10 — Energielijst voor koeling (forfaitaire waarden)**

Koudeleverancier	$COP_{CD;gen;gi}$ (-)	$f_{CD;gen;gi}$ (-)
Sorptiekoelmachine		
— warmtelevering door collectieve warmtevoorziening	0,7	$f_{P;HD;tot} / 0,7$
— warmtelevering door WKK	1,0	$f_{HD;gen;chp} / 1,0$

waarin:

$f_{CD;gen;gi}$  is de primaire energiefactor van de koudelevering, van opwekker  $gi$ ;

$COP_{CD;gen;gi}$  is de dimensieloze  $COP$  voor de koudelevering, van opwekker  $gi$ ;

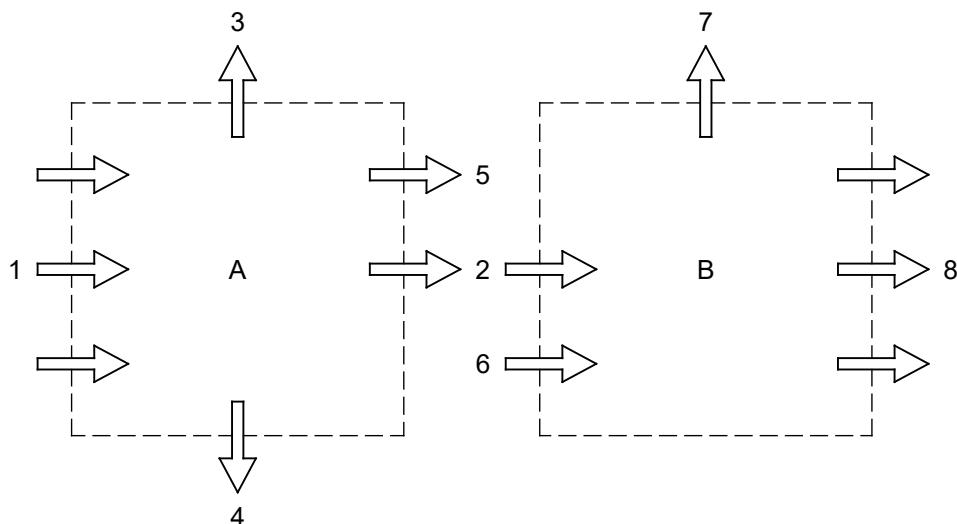
$f_{P;HD;tot}$  is de dimensieloze primaire energiefactor voor de warmtelevering door de collectieve warmtevoorziening aan de absorptiekoelmachine;

$\eta_{HD;gen;chp}$  is het dimensieloze primaire opwekkingsrendement voor de warmtelevering, van opwekker  $gi$  voor WKK, volgens P.6.5.4.5.

#### P.6.7.4.4 Voorgeschakelde collectieve koudevoorziening

Als een collectieve koudevoorziening B geheel of gedeeltelijk van koude wordt voorzien door een andere collectieve koudevoorziening A, dan wordt eerst de energiefactor van de collectieve koudevoorziening A bepaald en als invoer gebruikt voor collectieve koudevoorziening B. De primaire energiefactor van de door B gebruikte koude,  $f_{CD;gen;cd}$ , is gelijk aan de primaire energiefactor van collectieve koudevoorziening A  $f_{P,CD(A);tot}$ .

**OPMERKING** De CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van de door B gebruikte koude,  $K_{CO2;gen;cd}$ , is gelijk aan de CO<sub>2</sub>-emissiecoëfficiënt van het energiesysteem A,  $K_{CO2;CD(A);tot}$ .



**Figuur P.12 — Schema van een serieschakeling van twee collectieve koudevoorzieningen**

#### P.6.8 Hulpenergie collectieve warmtevoorziening (XD = HD)

##### P.6.8.1 Principe

Het hulpenergiegebruik van een collectieve warmtevoorziening wordt bepaald door het verbruik voor het distributiesysteem en voor de warmtepompen.

Het verbruik van pompenergie voor het bedrijven van geothermie en het elektrisch verbruik van de compressor en eventuele bronpomp of -ventilator van warmtepompen maakt hier geen deel van uit.

Hieronder zijn o.a. forfaitaire rekenwaarden gegeven. Afwijkende rekenwaarden moeten zijn gebaseerd op specificaties of gemeten waarden van component- en/of toestelprestaties voor daadwerkelijk toegepaste componenten en/of toestellen.

Voor bestaande collectieve warmtevoorzieningen mogen de rekenwaarden voor het primaire energiegebruik ten behoeve van elektrisch hulpenergiegebruik worden bepaald op basis van praktijkgegevens over een periode van minimaal drie jaar.

##### P.6.8.2 Rekenregels

Bepaal het elektrisch hulpenergiegebruik per jaar voor een collectieve warmtevoorziening volgens:

$$W_{HD;aux;tot} = W_{HD;aux;dis} + W_{HD;aux;sol;an} + \sum_{gi} W_{HD;aux;gen;gi} \quad (\text{P.56})$$

waarin:

- $W_{\text{HD;aux;tot}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van de collectieve warmtevoorziening, in kWh;
- $W_{\text{HD;aux;dis}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van het warmtenet, exclusief de hulpenergie ten behoeve van de warmteopwekking, volgens P.6.8.3, in kWh;
- $W_{\text{WD;aux;sol;an}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte elektrische hulpenergie van zonne-energiesystemen ten behoeve van ruimteverwarming en warmtapwater, zoals bepaald voor de parameter  $W_{\text{W;aux;sol;an}}$  volgens de methode in 13.7.24, in kWh;
- $W_{\text{HD;aux;gen};gi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van de opwekker  $gi$  van het warmtenet, volgens P.6.8.4, in kWh.

**OPMERKING** In de formules (P.34), (P.35) en (P.36) wordt de parameter voor de hulpenergie van zonne-energiesystemen alleen daar toegepast waar hij van toepassing is.

### P.6.8.3 Hulpenergie distributienet

#### P.6.8.3.1 Principe

In een collectieve warmtevoorziening die ook wordt gebruikt voor warmtapwaterbereiding, circuleert warm water gedurende het gehele jaar. In een collectieve warmtevoorziening die uitsluitend wordt gebruikt voor verwarming, kan de circulatie buiten het verwarmingsseizoen worden uitgeschakeld.

Het hulpenergiegebruik kan worden bepaald door het gemiddelde pompvermogen en de tijd dat de collectieve warmtevoorziening in werking is. In de meeste netten worden toerengeregelde pompen toegepast.

#### P.6.8.3.2 Rekenregels

Bepaal het elektrische hulpenergiegebruik van het distributienet per jaar:

$$W_{\text{HD;aux;dis}} = \frac{t_{\text{on}}}{1000} \times \sum_i P_{\text{HD;dis;pump};i} \quad (\text{P.57})$$

waarin:

- $W_{\text{HD;aux;dis}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van het distributienet, exclusief de hulpenergie ten behoeve van de warmteopwekking, in kWh;
- $t_{\text{on}}$  is de totale bedrijfstijd van de collectieve warmtevoorziening per jaar, in h; bij continu bedrijf bedraagt deze waarde 8 760 h;
- $P_{\text{HD;dis;pump};i}$  is het gemiddelde vermogen van de circulatiepompen  $i$  ten behoeve van de collectieve warmtevoorziening, volgens de (ontwerp)gegevens, in W.

Als het pompvermogen via bijvoorbeeld toerenregeling wordt teruggeregeld, mag in plaats van met het nominale pompvermogen met het gemiddelde pompvermogen worden gerekend. Dit gemiddelde moet op basis van berekeningen of praktijkgegevens worden aangetoond.

Als het pompvermogen niet bekend is, mag gebruik worden gemaakt van de rekenwaarden voor het elektrisch hulpenergiegebruik, zoals gegeven in P.6.8.3.3.

### P.6.8.3.3 Rekenwaarden hulpenergie

Bepaal, indien van toepassing, de forfaitaire waarde voor het elektrische hulpenergiegebruik van het distributienet per jaar volgens:

$$W_{\text{HD;aux;dis}} = f_{\text{HD;dis;aux;spec}} \times Q_{\text{HD;in;tot}} \quad (\text{P.58})$$

waarin:

$W_{\text{HD;aux;dis}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van het distributienet, exclusief de hulpenergie ten behoeve van de warmteopwekking, in kWh;

$Q_{\text{HD;in;tot}}$  is de totale warmtelevering door de warmteopwekkers aan het distributienet op jaarrichting, in kWh;

$f_{\text{HD;aux;dis;spec}}$  is het specifieke hulpenergiegebruik van het distributienet per jaar, volgens tabel P.11, in  $\text{kWh}_e/\text{kWh}_{\text{th}}$ .

Het specifieke hulpenergiegebruik van een klein systeem voor externe warmtelevering of een klein systeem voor externe collectieve warmtapwaterlevering volgt uit tabel P.11 voor een distributienet met een secundair distributienet ( $0,0018 \text{ kWh}_e/\text{kWh}_{\text{th}}$ ) voor warmtelevering. De forfaitaire waarde voor het specifieke hulpenergiegebruik van een klein systeem voor externe koudelevering bedraagt  $0,0090 \text{ kWh}_e/\text{kWh}_{\text{th}}$ .

**Tabel P.11 — Speciek hulpenergiegebruik distributienet (forfaitaire waarden)**

	$f_{\text{HD;dis;aux;spec}}$ $\text{kWh}_e/\text{kWh}_{\text{th}}$		
	Distributienet met primair en secundair net	Primair distributienet	Secundair distributienet
Speciek hulpenergiegebruik als in het primaire net de afstand tussen de productie-eenheid en het verstuurgelijk punt <i>niet meer</i> is dan 3 km	0,0072	0,0054	0,0018
Speciek hulpenergiegebruik als in het primaire net de afstand tussen de productie-eenheid en het verstuurgelijk punt <i>meer</i> is dan 3 km	-	$0,0018 \times L^a$	0,0018
<sup>a</sup> $L$ is de afstand tussen de productie-eenheid en het verstuurgelijk punt van het primaire net, in km.			

**OPMERKING** Bij een afstand groter dan 3 km gaat het veelal om transportleidingen die op een andere manier worden ontworpen/ingezet dan het distributienet. In die situaties lijkt de afstand tussen bron en afleverpunt ook meer op de daadwerkelijke lengte van de leiding. Hierdoor kan de hoeveelheid benodigde hulpenergie voor een transportleiding duidelijk lager zijn dan de hier genoemde forfaitaire waarde.

#### P.6.8.4 Hulpenergie warmteopwekking

##### P.6.8.4.1 Principe

Het elektrische hulpenergiegebruik van een opwekkingstoestel  $W_{\text{HD;aux;gen};gi}$  wordt bepaald per opwekkingstoestel  $gi$ . Dit elektrische hulpenergiegebruik kan bestaan uit het elektrisch gebruik van:

- a) elektronica van het opwekkingstoestel;  
uitgangspunt is continu stand-by-gebruik van het toestel; bij toestellen voor verwarming en warmtapwaterbereiding wordt dit verbruik uitsluitend toegerekend aan de verwarmingsfunctie;
- b) ventilator en gasklep van het opwekkingstoestel (alleen voor (bio)gas of met olie gestookte verbrandingstoestellen);
- c) elektrische ontsteking, brandstofvijzel of andere voorzieningen voor geautomatiseerde brandstoftoevoer, ventilatoren (bij branderbedrijf), voorzieningen voor geautomatiseerde ontassing en voorzieningen voor geautomatiseerde reiniging van de warmtewisselaar (alleen voor verbrandingstoestellen met vaste biobrandstoffen);
- d) bronpomp of -ventilator voor een warmtepomp;  
dit verbruik kan al zijn meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel;
- e) oplossingspomp in een sorptiewarmtepomp;  
dit verbruik kan al zijn meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel.

Uitgangspunt voor de posten b), c), d) en e) is het gemiddeld gebruik tijdens de bedrijfstijd en een eventuele voor- en nadraaitijd.

Deze hulpenergie wordt alleen bepaald als deze niet in het opwekkingsrendement is meegenomen. In het laatste geval moet rekening worden gehouden met de conversiefactor naar primaire energie.

Voor warmteopwekking met een STEG-centrale of AVI wordt geen hulpenergie in rekening gebracht.

**OPMERKING** Het hulpenergiegebruik van een STEG-centrale en AVI wordt toegerekend aan de primaire functie elektriciteitsopwekking respectievelijk afvalverbranding.

Het hulpenergiegebruik voor circulatiepompen wordt bij het (distributie)systeem in rekening gebracht.

##### P.6.8.4.2 Rekenregels

Bepaal het hulpenergiegebruik  $W_{\text{HD;aux;gen};gi}$  per opwekkingstoestel  $gi$ , volgens:

$$W_{\text{HD;aux;gen};gi} = \sum_{mi} \left\{ P_{\text{HD;aux;gen};e} \times \frac{t_{mi}}{1000} \right\} + \sum_{mi} \left\{ (P_{\text{HD;aux;gen};v;spec} + P_{\text{HD;aux;gen};hs;spec} + P_{\text{HD;aux;gen};sp;spec}) \times P_{\text{HD;gen};gi} \times \frac{t_{on;gi,mi}}{1000} \right\} \quad (\text{P.59})$$

waarin:

$$t_{\text{on};gi,mi} = \frac{(Q_{\text{HD;in};mi} \times F_{\text{HD;gen};gi} \times 1,1)}{P_{\text{HD;gen};gi}} \quad \text{met de eis: } t_{\text{on};gi,mi} \leq t_{mi} \quad (\text{P.60})$$

waarin:

- $W_{\text{HD;aux;gen};gi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van de opwekker  $gi$  van de collectieve warmtevoorziening, in kWh;
- $P_{\text{HD;aux;gen};e}$  is het hulpenergievermogen voor elektronica tijdens stand-by-bedrijf van opwekkingstoestel  $gi$ , bepaald volgens P.6.6.4.3, in W;
- $t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de duur van de beschouwde maand  $mi$ , overgenomen van tabel 17.1, in h;
- $P_{\text{HD;aux;gen};v;\text{spec}}$  is het specifieke elektrisch hulpenergievermogen tijdens branderbedrijf, bepaald volgens P.6.8.4.3, in W/kW;
- $P_{\text{HD;aux;gen};hs;\text{spec}}$  is het specifieke elektrische hulpenergievermogen voor de bronpomp of-ventilator voor een warmtepomp, bepaald volgens P.6.8.4.3, in W/kW;
- $P_{\text{HD;aux;gen};sp;\text{spec}}$  is het specifieke elektrische hulpenergievermogen voor de oplossingspomp in een sorptiewarmtepomp, bepaald volgens P.6.8.4.3, in W/kW;
- $P_{\text{HD;gen};gi}$  is het totale nominale thermische vermogen van het opwekkingstoestel  $gi$ , in kW;
- $t_{\text{on};gi,mi}$  is de rekenwaarde voor de duur van de gemiddelde bedrijfstijd van het toestel per maand  $mi$ , in h;
- $Q_{\text{HD;in};mi}$  is de warmtelevering door de warmteopwekkers aan het distributienet, voor maand  $mi$ , volgens formule (P.32), in kWh;
- $F_{\text{HD;gen};gi}$  is de dimensieloze energiefractie voor de warmtelevering, die opwekker  $gi$  levert aan het distributienet, bepaald volgens P.6.5.

#### P.6.8.4.3 Rekenwaarden

Ontleen de forfaitaire rekenwaarden voor het (specifieke) hulpenergievermogen per opwekkingstoestel  $gi$ , ongeacht het toepassingsgebied, aan het onderstaande overzicht:

- $P_{\text{HD;aux;gen};e} = 100 \text{ W}$  Stand-by-elektronica per toestel, ongeacht soort toestel.
- $P_{\text{HD;aux;gen};v;\text{spec}} = 1 \text{ W/kW}$  Specifiek elektrisch hulpenergiegebruik van een ventilator en gasklep tijdens branderbedrijf, alleen voor met (bio)gas of olie gestookte verbrandingstoestellen.
- $P_{\text{HD;aux;gen};v;\text{spec}} = 10 \text{ W/kW}$  Specifiek elektrisch hulpenergiegebruik tijdens branderbedrijf, elektrische ontsteking, brandstofvijzel of andere voorzieningen voor geautomatiseerde brandstoftoevoer, ventilatoren, voorzieningen voor geautomatiseerde ontassing en voorzieningen voor geautomatiseerde reiniging van de warmtewisselaar, alleen voor verbrandingstoestellen met vaste biobrandstoffen.

$P_{\text{HD;aux;gen;sp;spec}} = 10 \text{ W/kW}$	Oplossingspomp, als dit verbruik niet is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel, alleen voor sorptiewarmtepomp.
$P_{\text{HD;aux;gen;sp;spec}} = 0 \text{ W/kW}$	Oplossingspomp, bij gebruik van de forfaitaire waarden voor het opwekkingsrendement of als dit verbruik is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel, alleen voor sorptiewarmtepomp.
$P_{\text{HD;aux;gen;hs;spec}} = 10 \text{ W/kW}$	Warmtepomp: bronpomp of -ventilator als dit verbruik niet is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel.
$P_{\text{HD;aux;gen;hs;spec}} = 0 \text{ W/kW}$	Warmtepomp: bronpomp of -ventilator bij gebruik van de forfaitaire waarden of als dit verbruik is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel.

## P.6.9 Hulpenergiegebruik collectief circulatiesysteem (XD = WD)

### P.6.9.1 Principe

Het hulpenergiegebruik van een collectief circulatiesysteem wordt bepaald door het verbruik voor het distributiesysteem en voor de warmteopwekkers.

Het verbruik van pompenergie voor het bedrijven van geothermie en het elektrisch verbruik van de compressor van warmtepompen maakt hier geen deel van uit.

### P.6.9.2 Rekenregels

Bepaal het elektrische hulpenergiegebruik per jaar van het collectieve circulatiesysteem volgens:

$$W_{\text{WD;aux;tot}} = W_{\text{WD;aux;dis}} + W_{\text{WD;aux;sol;an}} + \sum_{gi} W_{\text{WD;aux;gen;gi}} \quad (\text{P.61})$$

waarin:

$W_{\text{WD;aux;tot}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van het collectieve circulatiesysteem, in kWh;

$W_{\text{WD;aux;dis}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van het collectieve circulatiesysteem, exclusief de hulpenergie ten behoeve van de warmteopwekking, volgens P.6.9.3, in kWh;

$W_{\text{WD;aux;sol;an}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte elektrische hulpenergie van zonne-energiesystemen ten behoeve van ruimteverwarming en warmtapwater, zoals bepaald voor de parameter  $W_{\text{WD;aux;sol;an}}$  volgens de methode in paragraaf 13.7.2, in kWh;

$W_{\text{HD;aux;gen;gi}}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van de opwekker  $gi$  van het collectieve circulatiesysteem, volgens P.6.9.4, in kWh.

### P.6.9.3 Hulpenergie distributiesysteem

#### P.6.9.3.1 Principe

In een collectief circulatiesysteem circuleert warm tapwater gedurende het gehele jaar.

Het hulpenergiegebruik wordt bepaald door het gemiddelde pompvermogen en de tijd dat het collectieve warmtenet in werking is. In de meeste netten worden toerengeregelde pompen toegepast en een constante druk gehandhaafd.

**OPMERKING** NEN-EN 15316-3 geeft ook een meer gedetailleerde methode. Deze mag eveneens worden toegepast.

#### P.6.9.3.2 Rekenregels

Bepaal het elektrische hulpenergiegebruik van het collectieve circulatiesysteem warm tapwater volgens:

$$W_{WD;aux;dis} = t_{on} \times \sum_i P_{WD;dis;pump;i} \quad (\text{P.62})$$

waarin:

$W_{WD;aux;dis}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van het collectieve circulatiesysteem, exclusief de hulpenergie ten behoeve van de warmteopwekking, in kWh;

$t_{on}$  is de totale bedrijfstijd van het collectieve circulatiesysteem per jaar, in h;

**OPMERKING** Bij continu bedrijf bedraagt deze waarde 8 760 h.

$P_{WD;dis;pump;i}$  is het gemiddelde vermogen van de circulatiepompen  $i$  ten behoeve van het collectieve circulatiesysteem, volgens de (ontwerp)gegevens, in W.

Als het pompvermogen via bijvoorbeeld toerenregeling wordt teruggeregelde, mag voor de berekening het gemiddelde pompvermogen worden gebruikt in plaats van het nominale pompvermogen. Dit gemiddelde moet op basis van berekeningen of praktijkgegevens worden aangetoond.

Als het pompvermogen niet bekend is, mag gebruik worden gemaakt van de rekenwaarden voor het elektrisch hulpenergiegebruik, zoals gegeven in P.6.9.3.3.

#### P.6.9.3.3 Rekenwaarden

Bepaal de forfaitaire waarde voor het elektrische hulpenergiegebruik van het collectieve circulatiesysteem per jaar volgens:

$$W_{WD;aux;dis} = f_{WD;aux;dis;spec} \times Q_{WD;in;tot} \quad (\text{P.63})$$

waarin:

$W_{WD;aux;dis}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van het collectieve circulatiesysteem, exclusief de hulpenergie ten behoeve van de warmteopwekking, in kWh;

$Q_{WD;in;tot}$  is de totale warmtelevering door de warmteopwekkers voor warmtapwaterbereiding aan het collectieve circulatiesysteem op jaarbasis, in kWh;

$f_{WD;aux;dis;spec}$  is het specifieke hulpenergiegebruik van het collectieve circulatiesysteem per jaar, volgens tabel P.12, in  $\text{kWh}_e/\text{kWh}_{th}$ .

**Tabel P.12 — Speciek hulpenergiegebruik collectief circulatiesysteem (forfaitaire waarden)**

	$f_{WD;aux;dis;spec}$ kWh <sub>e</sub> /kWh <sub>th</sub>
Speciek hulpenergiegebruik	0,001 8

Afwijkende rekenwaarden moeten zijn gebaseerd op gemeten component- en/of toestelprestaties voor daadwerkelijk toegepaste componenten en/of toestellen.

#### P.6.9.4 Hulpenergie warmteopwekking

##### P.6.9.4.1 Principe

Het elektrische hulpenergiegebruik van een opwekkingstoestel  $W_{WD;aux;gen;gi}$  wordt bepaald per opwekkingstoestel  $gi$ . Dit elektrische hulpenergiegebruik kan bestaan uit het elektrisch gebruik van:

- a) elektronica van het opwekkingstoestel;  
uitgangspunt is continu stand-by-gebruik van het toestel; bij toestellen voor verwarming en warmtapwaterbereiding wordt dit verbruik uitsluitend toegerekend aan de verwarmingsfunctie;
- b) ventilator en gasklep van het opwekkingstoestel (alleen voor verbrandingstoestellen);
- c) bronpomp of -ventilator voor een warmtepomp;  
dit verbruik kan al zijn meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel;
- d) oplossingspomp in een sorptiewarmtepomp;  
dit gebruik kan al zijn meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel.

Uitgangspunt voor de posten b), c) en d) is het gemiddelde gebruik tijdens de bedrijfstijd en een eventuele voor- en nadraaitijd.

Deze hulpenergie wordt alleen bepaald voor zover deze niet al in het opwekkingsrendement is besloten. In het laatste geval moet rekening worden gehouden met de conversiefactor naar primaire energie.

De hulpenergie van een (primaire) collectieve warmtevoorziening, die als warmtebron van een collectief circulatiesysteemdienst doet, is al in de primaire energiefactor van die collectieve warmtevoorziening opgenomen.

Voor warmteopwekking met een STEG-centrale of AVI wordt geen hulpenergie in rekening gebracht.

**OPMERKING** Het hulpenergiegebruik van een STEG-centrale en AVI wordt toegerekend aan de primaire functie elektriciteitsopwekking respectievelijk afvalverbranding.

Het hulpenergiegebruik voor circulatiepompen wordt bij het (distributie)systeem in rekening gebracht.

#### P.6.9.4.2 Rekenregels

Bepaal het hulpenergiegebruik  $W_{\text{WD;aux;gen};gi}$  per opwekkingstoestel  $gi$ , volgens:

$$W_{\text{WD;aux;gen};gi} = \sum_{mi} \left\{ P_{\text{WD;aux;gen};e} \times \frac{t_{mi}}{1000} \right\} + \sum_{mi} \left\{ (P_{\text{WD;aux;gen};v;spec} + P_{\text{WD;aux;gen};hs;spec} + P_{\text{WD;aux;gen};sp;spec}) \times P_{\text{WD;gen};gi} \times \frac{t_{on;gi,mi}}{1000} \right\} \quad (\text{P.64})$$

waarin:

$$t_{on;gi,mi} = \frac{(Q_{\text{WD;in};mi} \times F_{\text{WD;gen};gi} \times 1,1)}{(1000 \times P_{\text{WD;gen};gi})} \quad \text{met de eis: } t_{on;gi,mi} \leq t_{mi} \quad (\text{P.65})$$

waarin:

$W_{\text{WD;aux;gen};gi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van de opwekker  $gi$  van het collectieve circulatiesysteem, in kWh;

$P_{\text{WD;aux;gen};e}$  is het hulpenergievermogen voor elektronica tijdens stand-by-bedrijf van opwekkingstoestel  $gi$ , bepaald volgens P.6.9.4.3, in W;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de duur van de beschouwde maand  $mi$ , in h, overgenomen van tabel 17.1;

$P_{\text{WD;aux;gen};v;spec}$  is het specifieke elektrische hulpenergievermogen voor de ventilator en de gasklep van een verbrandingstoestel, bepaald volgens P.6.9.4.3, in W/kW;

$P_{\text{WD;aux;gen};hs;spec}$  is het specifieke elektrische hulpenergievermogen voor de bronpomp of -ventilator voor een warmtepomp, bepaald volgens P.6.9.4.3, in W/kW;

$P_{\text{WD;aux;gen};sp;spec}$  is het specifieke elektrische hulpenergievermogen voor de oplossingspomp in een sorptiewarmtepomp, bepaald volgens P.6.9.4.3, in W/kW;

$P_{\text{WD;gen};gi}$  is het totale nominale thermische vermogen van het opwekkingstoestel  $gi$ , in kW;

$t_{on;gi,mi}$  is de rekenwaarde voor de duur van de gemiddelde bedrijfstijd van het toestel per maand  $mi$ , in h;

$Q_{\text{WD;in};mi}$  is de warmtelevering door de warmteopwekkers aan het collectief circulatiesysteem, voor maand  $mi$ , in kWh;

$F_{\text{WD;gen};gi}$  is de dimensieloze energiefractie voor de warmtelevering, die opwekker  $gi$  levert aan het warmtenet, bepaald volgens P.6.6.3.

### P.6.9.4.3 Rekenwaarden

Ontleen de forfaitaire rekenwaarden voor het (specifiek) hulpenergievermogen per opwekkingstoestel *gi*, ongeacht het toepassingsgebied, aan het onderstaande overzicht:

$P_{WD;aux;gen;e} = 100 \text{ W}$	Opwekkingstoestel: is het hulpenergievermogen voor elektronica tijdens stand-by-bedrijf per toestel, ongeacht het soort toestel, mits niet tevens gebruikt voor verwarming.
$P_{WD;aux;gen;e} = 0 \text{ W}$	Opwekkingstoestel: is het hulpenergievermogen voor elektronica tijdens stand-by-bedrijf per toestel, als dit toestel zonder hulpenergie functioneert (zoals traditionele gasboilers).
$P_{WD;aux;gen;v;spec} = 1 \text{ W / kW}$	Verbrandingstoestellen: voor ventilator en gasklep.
$P_{WD;aux;gen;v;spec} = 0 \text{ W / kW}$	Verbrandingstoestellen: voor ventilator en gasklep, als dit toestel zonder hulpenergie functioneert (zoals traditionele gasboilers).
$P_{WD;aux;gen;hs;spec} = 10 \text{ W / kW}$	Warmtepomp: bronpomp of -ventilator als dit verbruik niet is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel.
$P_{WD;aux;gen;hs;spec} = 0 \text{ W / kW}$	Warmtepomp: bronpomp of -ventilator bij gebruik van de forfaitaire waarden of als dit verbruik is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel.
$P_{WD;aux;gen;sp;spec} = 10 \text{ W / kW}$	Sorptiewarmtepomp: oplossingspomp als dit verbruik niet is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel.
$P_{WD;aux;gen;sp;spec} = 0 \text{ W / kW}$	Sorptiewarmtepomp: oplossingspomp bij gebruik van de forfaitaire waarden of als dit verbruik is meegenomen in het opwekkingsrendement van het toestel.

Afwijkende rekenwaarden moeten zijn gebaseerd op gemeten component- en/of toestelprestaties voor daadwerkelijk toegepaste componenten en/of toestellen.

### P.6.10 Hulpenergie collectieve koudevoorziening (XD = CD)

#### P.6.10.1 Principe

Het hulpenergiegebruik van een collectieve koudevoorziening wordt bepaald door het verbruik voor het distributiesysteem en voor de koudeopwekkers.

Het verbruik van pompenergie voor het gebruiken van een aquifer en het elektrische verbruik van de compressoren van koelmachines maakt hier geen deel van uit.

#### P.6.10.2 Rekenregels

Bepaal het elektrische hulpenergiegebruik per jaar van de collectieve koudevoorziening volgens:

$$W_{CD;aux;tot} = W_{CD;aux;dis;tot} + W_{CD;aux;gen;tot} \quad (\text{P.66})$$

waarin:

- $W_{CD;aux;tot}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van de collectieve koudevoorziening, in kWh;
- $W_{CD;aux;dis;tot}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie voor het koudenet, exclusief de hulpenergie ten behoeve van de koudeopwekking, in kWh, volgens P.6.10.3;
- $W_{CD;aux;gen;tot}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van alle koudeopwekkers  $gi$  van het koudenet, volgens P.6.10.4, in kWh.

### P.6.10.3 Hulpenergie distributiesysteem

#### P.6.10.3.1 Principe

In een collectief koudenet circuleert het koelwater gedurende een deel van het jaar.

Het hulpenergiegebruik voor koeling wordt bepaald door het gemiddelde pompvermogen en de tijd dat het collectieve koudenet in werking is. In de meeste netten worden toerengeregelde pompen toegepast.

#### P.6.10.3.2 Rekenregels hulpenergie

Bepaal het elektrische hulpenergiegebruik van het collectieve koudenet per jaar volgens:

$$W_{CD;aux;dis;tot} = \frac{t_{on}}{1000} \times \sum_i P_{CD;dis;pump;i} \quad (\text{P.67})$$

of bepaal het elektrische hulpenergiegebruik van het collectieve koudenet per jaar volgens:

$$W_{CD;aux;dis;tot} = \sum_{mi} \left( \sum_i \left( \frac{P_{CD;dis;pump;i}}{1000} \right) \times t_{mi} \times f_{on;mi} \right) \quad (\text{P.68})$$

waarin:

- $W_{CD;aux;dis;tot}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie voor het koudenet, exclusief de hulpenergie ten behoeve van de koudeopwekking, in kWh;
- $t_{on}$  is de duur van de periode per jaar waarin het koudenet in bedrijf is, in h;
- $P_{CD;dis;pump;i}$  is het gemiddelde vermogen van de circulatiepomp(en)  $i$ , volgens de (ontwerp)gegevens van het koudenet, in W;
- $t_{mi}$  is de duur van de maand  $mi$ , in h, overgenomen uit tabel 17.1;
- $f_{on;mi}$  is de dimensioze mate waarin de pomp is ingeschakeld in maand  $mi$ , volgens P.6.10.3.3.

### P.6.10.3.3 Rekenwaarden hulpenergie

Bepaal de dimensioze mate waarin de pomp is ingeschakeld in maand  $mi$ , afhankelijk van de koudebehoefte in die maand, met:

$$f_{on;mi} = 1 \text{ als } Q_{CD;out;mi} > 0$$

en

$$f_{on;mi} = 0 \text{ als } Q_{CD;out;mi} = 0$$

waarin:

$f_{on;mi}$  is de dimensioze mate waarin de pomp is ingeschakeld in maand  $mi$ ;

$Q_{CD;out;mi}$  is de koudelevering door het koudenet, voor maand  $mi$ , in kWh.

De forfaitaire waarde voor het specifieke hulpenergiegebruik van het distributiesysteem voor koudelevering bedraagt 0,009 0 kWh<sub>e</sub>/kWh<sub>th</sub>.

### P.6.10.4 Hulpenergie koudeopwekking

#### P.6.10.4.1 Principe

Het elektrische hulpenergiegebruik van een opwekkingstoestel  $W_{CD;aux;gen;gi}$  wordt bepaald per opwekkingstoestel  $gi$ . Het hulpenergiegebruik van de koudeopwekking kan bestaan uit het elektrische gebruik van de volgende componenten:

- a) elektronica van de koelmachine(s);  
dit gebruik kan bij elektrisch aangedreven koelmachines zijn opgenomen in het opwekkingsrendement;  
dit gebruik wordt alleen in rekening gebracht voor de maanden waarin de koelmachines zijn ingeschakeld;
- b) pompen van het koelwatercircuit tussen koelmachine en koudebron, indien een koelwatercircuit wordt toegepast;
- c) ventilatoren van luchtgekoelde condensors of koeltorens, indien deze worden toegepast;
- d) verbruik van circulatiepompen bij toepassing van koudeopslag ofwel bodemkoeling;  
dit verbruik is al opgenomen in het desbetreffende opwekkingsrendement;
- e) Indien gebruik wordt gemaakt van koudelevering door een aquifer en er wordt afgeweken van de forfaitaire waarden (tabel P.9), dan moet de additionele hulpenergie voor de regeneratie van het WKO-systeem (koudeonttrekking in de winterperiode) ook bij de hulpenergie van de koudeopwekking  $W_{CD;aux;gen;tot}$  worden opgeteld.

**OPMERKING** Regeneratie van de bron is koude laden (warmte onttrekken) teneinde de bodem thermisch in balans te brengen. Als dit gebeurt door het warmtepompbedrijf, is de daarvoor vereiste hulpenergie al opgenomen in de COP van de warmtepomp. Als dit gebeurt zonder gebruik van de warmte voor verwarming (door een warmtepomp), dan komt het energiegebruik van de pompen ten laste van de hulpenergie voor koudeopwekking. De warmte wordt dan bijvoorbeeld afgegeven via een droge koeler.

De posten b) en c) worden voor koelmachines met buitenlucht als koudebron in één specifiek vermogen van het hulpenergiegebruik samengevat en betrokken op de aan de buitenlucht onttrokken koudelevering voor de koudeopwekking.

#### P.6.10.4.2 Rekenregels

Bepaal het hulpenergiegebruik  $W_{CD;aux;gen;tot}$  voor alle opwekkingstoestellen  $gi$ , volgens:

$$W_{CD;aux;gen;tot} = \frac{P_{CD;aux;gen;spec} \times Q_{CD;gen;air;an} \times 1,1}{1000} + \sum_{gi} \sum_{mi} \left( P_{CD;aux;gen;gi} \times \frac{t_{mi}}{1000} \times f_{CD;on;gi,mi} \right) \quad (\text{P.69})$$

waarin:

$W_{CD;aux;gen;tot}$  is de jaarlijkse hoeveelheid afgenoemde elektrische hulpenergie ten behoeve van alle koudeopwekkers  $gi$  van het koudenet, in kWh;

$P_{CD;aux;gen;spec}$  is het specifieke vermogen van het hulpenergiegebruik voor de koudeopwekking van het koelsysteem per kW af te voeren koelvermogen, bepaald volgens P.6.10.4.3, in W/kW;

$Q_{CD;gen;air;an}$  is de aan de buitenlucht ontrokken koudelevering voor de koudeopwekking van de koudeopwekkers die buitenlucht als koudebron gebruiken, volgens formule (P.70), in kWh;

$P_{CD;gen;aux;gi}$  is het vermogen van het stand-by-gebruik van koudeopwekker  $gi$ , voor zover niet opgenomen in het opwekkingsrendement, bepaald volgens P.6.10.4.3, in W;

$t_{mi}$  is de duur van de maand  $mi$ , in h, overgenomen uit tabel 17.1;

$f_{CD;on;gi,mi}$  is de fractie van de beschouwde maand  $mi$  dat de koudeopwekker  $gi$  stand-by is, volgens de ontwerp- of bedrijfsgegevens.

**OPMERKING** Uitgangspunt is een behoefte-afhankelijke regeling van de pompen en/of ventilatoren van de koudebron. De factor 1,1 is toegevoegd om de bedrijfstijd voor koudelevering met 10 % te verhogen ten behoeve van de te verwachten voor- en nadraaitijd van de pompen en/of ventilatoren van de koudebron.

Bepaal de aan de buitenlucht ontrokken koudelevering voor de koudeopwekking volgens:

$$Q_{CD;gen;air;an} = Q_{CD;dis;tot;an} \times \sum_{gi} \left\{ F_{CD;gen;gi} \times \left( \frac{1 + COP_{CD;gen;gi}}{COP_{CD;gen;gi}} \right) \right\} \quad (\text{P.70})$$

voor alle koudeopwekkers  $gi$  die de buitenlucht als koudebron gebruiken,

waarin:

$Q_{CD;gen;air;an}$  is de aan de buitenlucht ontrokken koudelevering voor de koudeopwekking van de koudeopwekkers die buitenlucht als koudebron gebruiken, in kWh;

$Q_{XD;in,tot}$  is de koudelevering door de koudeopwekkers aan het koudenet op jaarbasis, in kWh;

$F_{CD;gen;gi}$  is de dimensioze energiefractie voor de koudelevering, die opwekker  $gi$  levert aan het koudenet, volgens P.6.7.3;

$COP_{CD;gen;gi}$  is de dimensioze  $COP$  voor de koudelevering, van opwekker  $gi$ , volgens P.6.7.4.

#### P.6.10.4.3 Rekenwaarden hulpenergie

De forfaitaire rekenwaarde voor het stand-by-gebruik van koudeopwekker  $gi$ ,  $P_{C;gen;aux;gi}$ , bedraagt 10 W.

Ontleen de rekenwaarde voor het specifieke vermogen van het hulpenergiegebruik voor de koudeopwekking aan tabel P.13.

**Tabel P.13 — Speciek vermogen van het elektrische hulpenergiegebruik voor de koudeopwekking (forfaitaire waarden)**

	<b>Koeltoren of verdampingscondenser</b> (inclusief water sproeipompen)		<b>Droge koeler</b>
	<b>Gesloten circuit</b>	<b>Open circuit</b>	
	$P_{C;aux;gen;spec}$ W/kW		
Zonder additionele geluiddemper (axiale ventilator)	33	18	45

Afwijkende rekenwaarden moeten zijn gebaseerd op gemeten component- en/of toestelprestaties voor daadwerkelijk toegepaste componenten en/of toestellen.

### P.7 Bepaling elektriciteitsproductie met een directe fysieke verbinding met de gebruikers in het gebied

#### P.7.1 Principe

De elektriciteitsproductie in het gebied met een directe fysieke verbinding met de gebruikers van de energie-infrastructuur waarbij geen gebruik wordt gemaakt van het landelijke net, kan van o.a. de volgende technieken gebruikmaken:

- 1) zonnestroomsysteem:  
gebruik hiervoor de rekenwaarden zoals in P.7.3.1;
- 2) windenergie:  
hiervoor zijn nog geen rekenregels of rekenwaarden beschikbaar;  
**OPMERKING** Omdat nog geen Nederlandse of Europese norm beschikbaar is voor het bepalen van de opbrengst van windenergie mag gebruik worden gemaakt van DIN V 18599-9; met voor de Nederlands situatie toepasbare windgegevens.
- 3) WKK:  
de hiermee opgewekte elektriciteit wordt direct verwerkt in het primaire opwekkingsrendement voor warmtelevering en wordt hier niet afzonderlijk bepaald;
- 4) overige elektriciteitsopwekkers in het gebied:  
in principe kunnen tevens andere elektriciteitsopwekkers worden toegepast, zoals waterkracht, getijde-energie, gebruik van potentiaal- of drukverschil van zoet en zout water ('blue energy') of zonthermische krachtcentrales ('concentrated solar power' (CSP)); hiervoor zijn nog geen rekenregels of rekenwaarden beschikbaar;

bij toepassing van deze of andere technieken in het gebied kan de bijdrage hiervan worden toegevoegd aan de totale jaarlijks in het gebied geproduceerde hoeveelheid elektriciteit, volgens de rekenregels in P.7.2.

De bepalingsmethode voor deze technieken wordt hieronder gegeven.

**OPMERKING** De elektriciteitsproductie op de percelen wordt hier buiten beschouwing gelaten, omdat deze al is bepaald.

## P.7.2 Rekenregels

Bepaal de totale jaarlijks in het gebied geproduceerde hoeveelheid elektriciteit met een directe fysieke verbinding met de gebruikers van de energie-infrastructuur waarbij geen gebruik wordt gemaakt van het landelijke net als de som van de verschillende opwekkers, volgens:

$$E_{\text{dei;pr;el;tot}} = \sum_{gi} E_{\text{dei;pr;el;gi}} \quad (\text{P.71})$$

waarin:

$E_{\text{dei;pr;el;tot}}$  is de totale jaarlijks in het gebied geproduceerde hoeveelheid elektriciteit met een directe fysieke verbinding met de energieprestatie plichtige delen waarbij geen gebruik wordt gemaakt van het landelijke net, in kWh;

$E_{\text{dei;pr;el;gi}}$  is de jaarlijks in het gebied geproduceerde hoeveelheid elektriciteit, afkomstig van opwekker  $gi$ , met een directe fysieke verbinding met de energieprestatie plichtige delen waarbij geen gebruik wordt gemaakt van het landelijke net bepaald volgens P.7, in kWh.

## P.7.3 Rekenwaarden zonnestroomssysteem

Bepaal voor zonnestroomssystemen de jaarlijkse bijdrage,  $E_{\text{dei;pr;el;pv}}$  in kWh volgens de methode in hoofdstuk 16.

# P.8 Bepaling van de energiebehoefte voor collectieve warmtevoorziening, collectief circulatiesysteem en collectieve koudevoorziening in het gebied

## P.8.1 Principe

Nadat het gebied is vastgelegd in P.5 moeten, afhankelijk van de gevuldte bepalingsmethode, de volgende grootheden (totalen) voor het gebied worden bepaald:

- 1) totale warmtebehoefte voor de collectieve warmtevoorziening in het gebied per maand en per jaar volgens P.8.2;  
dit is alleen vereist als collectieve warmtevoorziening wordt toegepast;
- 2) totale warmtebehoefte voor warmtapwatervoorziening met een collectief circulatiesysteem in het gebied per maand en per jaar volgens P.8.3;  
dit is alleen vereist als collectieve warmtevoorziening wordt toegepast;
- 3) totale koudebehoefte voor koeling in het gebied per maand en per jaar volgens P.8.4;  
dit is alleen vereist als collectieve koudevoorziening wordt toegepast.

Deze gegevens kunnen zowel op basis van een berekening (bijvoorbeeld voor nieuwbouw) als op basis van historische gegevens worden bepaald.

## P.8.2 Totale warmtebehoefte voor collectieve warmtevoorziening in het gebied

### P.8.2.1 Principe collectieve warmtevoorziening

De collectieve warmtevoorziening kan warmte leveren voor de verwarming (inclusief bevochtiging), koeling (thermisch aangedreven sorptiesystemen) en warm tapwater (warmtapwaterbereiding op de percelen via een afleverset).

Op een perceel kan de warmtebehoefte voor verwarming (inclusief bevochtiging), koeling (inclusief ontvochtiging) en warm tapwater door een of meer verwarmingssystemen worden verzorgd. Het is mogelijk dat een deel van de systemen een eigen warmtevoorziening heeft en een deel van de systemen door de collectieve warmtevoorziening van warmte wordt voorzien. Voor de bepaling van de totale warmtebehoefte in het gebied voor het collectieve warmtenet worden alleen die systemen beschouwd die gebruikmaken van de collectieve warmtevoorziening.

Bepaal de totale warmtebehoefte voor de collectieve warmtevoorziening in het gebied door sommatie van de warmtebehoefte van de desbetreffende systemen per perceel volgens P.8.2.2.

### P.8.2.2 Rekenregels collectieve warmtevoorziening

Bepaal de totale warmtebehoefte van de collectieve warmtevoorziening voor verwarming en waar van toepassing bevochtiging, koeling, ontvochtiging en warm tapwater van de aangesloten percelen in het gebied per jaar volgens:

$$Q_{\text{HD;nd;tot;an}} = \sum_{pi} (E_{\text{H;dh}} + E_{\text{C;dh}} + E_{\text{W;dh}})_{pi} \quad (\text{P.72})$$

waarin:

$Q_{\text{HD;nd;tot;an}}$  is de totale warmtelevering door de collectieve warmtevoorziening aan de aangesloten percelen op jaarbasis, in kWh;

$E_{\text{H;dh};pi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci = dh$  (collectieve warmtevoorziening) ten behoeve van de energiefunctie verwarming (inclusief bevochtiging), bepaald volgens hoofdstuk 9, in kWh;

$E_{\text{C;dh};pi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci = dh$  (collectieve warmtevoorziening) ten behoeve van de energiefunctie koeling (thermisch aangedreven sorptiesystemen inclusief ontvochtiging), bepaald volgens hoofdstuk 10, in kWh;

$E_{\text{W;dh};pi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci = dh$  (collectieve warmtevoorziening) ten behoeve van de energiefunctie warmtapwater, bepaald volgens hoofdstuk 13, mits de warmtapwaterbereiding op de percelen via een afleverset gebeurt, in kWh.

Voor sommige toepassingen zijn ook de maandwaarden van de warmtebehoefte vereist. Bepaal de totale warmtebehoefte van de collectieve warmtevoorziening voor verwarming en waar van

toepassing bevochtiging, koeling, ontvochtiging en warm tapwater van alle aangesloten percelen in het gebied per maand *mi* volgens:

$$Q_{\text{HD;nd;tot};mi} = \sum_{pi} (E_{\text{H;dh};mi} + E_{\text{C;dh};mi} + E_{\text{W;dh};mi})_{pi} \quad (\text{P.73})$$

waarin:

$Q_{\text{HD;nd;tot};mi}$  is de totale warmtelevering door de gehele collectieve warmtevoorziening aan de aangesloten percelen, voor maand *mi*, in kWh;

$E_{\text{H;dh};mi,pi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van verwarming, voor maand *mi*, door de collectieve warmtevoorziening aangeleverd aan het aangesloten perceel *pi*, volgens P.8.5, in kWh;

$E_{\text{C;dh};mi,pi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van koeling, voor maand *mi*, door de collectieve warmtevoorziening aangeleverd aan het aangesloten perceel *pi*, volgens P.8.5, in kWh;

$E_{\text{W;dh};mi,pi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, voor maand *mi*, door de collectieve warmtevoorziening aangeleverd aan het aangesloten perceel *pi*, volgens P.8.5, mits de warmtapwaterbereiding op de percelen via een afleverset gebeurt, in kWh.

Indien geen maandwaarden voor de warmtelevering door de gehele collectieve warmtevoorziening aan de aangesloten percelen beschikbaar zijn moeten die uit de jaarwaarden worden afgeleid volgens:

$$Q_{\text{HD;nd;tot};mi} = Q_{\text{HD;nd;tot};an} \times \frac{\theta_{\text{in;ref}} - \theta_{\text{e;avg};mi}}{\sum_{mi} (\theta_{\text{in;ref}} - \theta_{\text{e;avg};mi})} \quad (\text{P.74})$$

waarin:

$Q_{\text{HD;nd;tot};mi}$  is de totale warmtelevering door de gehele collectieve warmtevoorziening aan de aangesloten percelen, voor maand *mi*, in kWh;

$Q_{\text{HD;nd;tot};an}$  is de totale warmtelevering door de gehele collectieve warmtevoorziening aan de aangesloten percelen op jaarbasis, in kWh;

$\theta_{\text{e;avg};mi}$  is de gemiddelde buitentemperatuur voor maand *mi*, overgenomen van tabel 17.1, in °C;

$\theta_{\text{in;ref}}$  is de referentiebinnentemperatuur, in °C, met een vaste waarde van 18 °C.

### P.8.3 Totale warmtebehoefte voor warmtapwatervoorziening met een collectief circulatiesysteem in het gebied

#### P.8.3.1 Principe warmtapwatervoorziening

Het collectieve circulatiesysteem kan direct warm tapwater leveren voor de percelen (warmtapwaterbereiding op de percelen via afleverset).

Op een perceel kan het warme tapwater door een of meer warmtapwatersystemen worden verzorgd. Het is mogelijk dat een deel van de systemen een eigen warmtevoorziening heeft en een deel van de systemen door het collectieve circulatiesysteem van warm tapwater wordt voorzien. Voor de bepaling

van de totale warmtebehoefte in het gebied voor warmtapwatervoorziening met een collectief circulatiesysteem worden alleen die systemen beschouwd die gebruikmaken van het collectieve circulatiesysteem.

Bepaal de totale warmtebehoefte voor warmtapwatervoorziening met een collectief circulatiesysteem in het gebied door sommatie van de warmtebehoefte van de desbetreffende systemen per perceel volgens P.8.3.2.

### P.8.3.2 Rekenregels warmtapwatervoorziening

Bepaal de totale warmtebehoefte van het collectieve circulatiesysteem voor warm tapwater van de aangesloten percelen in het gebied per jaar volgens:

$$Q_{WD;nd;tot;an} = \sum_{pi} (E_{W;dh})_{pi} \quad (\text{P.75})$$

waarin:

$Q_{WD;nd;tot;an}$  is de totale warmtelevering door het gehele collectieve circulatiesysteem aan de aangesloten percelen op jaarbasis, in kWh;

$E_{W;dh;pi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci = dh$  (collectief circulatiesysteem) ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater, bepaald volgens P.8.5, mits de warmtapwatervoorziening met een collectief circulatiesysteem gebeurt, in kWh.

Voor sommige toepassingen zijn tevens de maandwaarden van de warmtebehoefte vereist. Bepaal de totale warmtebehoefte van het collectieve circulatiesysteem voor warm tapwater van alle aangesloten percelen in het gebied per maand  $mi$  volgens:

$$Q_{WD;nd;tot;mi} = \sum_{pi} (E_{W;dw;mi,pi}) \quad (\text{P.76})$$

waarin:

$Q_{WD;nd;tot;mi}$  is de totale warmtelevering door het gehele collectieve circulatiesysteem aan de aangesloten percelen, voor maand  $mi$ , in kWh;

$E_{W;dw;mi,pi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$ , door het collectieve circulatiesysteem aangeleverd aan het aangesloten perceel  $pi$ , volgens P.8.5 mits de warmtapwatervoorziening met een collectief circulatiesysteem gebeurt, in kWh.

### P.8.4 Totale koudebehoefte voor collectieve koudevoorziening in het gebied

#### P.8.4.1 Principe

Op een perceel kan de koudebehoefte voor koeling door een of meer koelsystemen worden verzorgd. Het is mogelijk dat een deel van de systemen een eigen koudevoorziening heeft en een deel van de systemen door een collectieve koudevoorziening van koude wordt voorzien. Voor de bepaling van de totale koudebehoefte in het gebied voor koeling worden alleen die systemen beschouwd die gebruikmaken van de collectieve koudevoorziening.

Bepaal de totale koudebehoefte voor de collectieve koudevoorziening in het gebied door sommatie van de koudebehoefte van de desbetreffende systemen per perceel volgens P.8.5.2.

### P.8.4.2 Rekenregels

Bepaal de totale koudebehoefte van de collectieve koudevoorziening van de aangesloten percelen in het gebied per jaar volgens:

$$Q_{CD;nd;tot;an} = \sum_{pi} (E_{C;dc} + E_{dhum;dc})_{pi} \quad (P.77)$$

waarin:

$Q_{CD;nd;tot;an}$  is de totale koudelevering door de gehele collectieve koudevoorziening aan de aangesloten percelen op jaarbasis, in kWh;

$E_{C;dc;pi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci = dc$  (collectieve koudevoorziening) ten behoeve van de energiefunctie koeling, volgens hoofdstuk 10, in kWh;

$E_{dhum;dc;pi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci = dc$  (collectieve koudevoorziening) ten behoeve van de energiefunctie ontvochtiging, voor zover niet inbegrepen in de hoeveelheid gebruikte energie ten behoeve van de energiefunctie koeling ( $E_{C;dc;pi}$ ), volgens hoofdstuk 12, in kWh.

Voor sommige toepassingen zijn tevens de maandwaarden van de koudebehoefte vereist. Bepaal de totale koudebehoefte van de collectieve koudevoorziening voor van alle aangesloten percelen in het gebied per maand  $mi$  volgens:

$$Q_{CD;nd;tot;mi} = \sum_{pi} (E_{C;dc;mi,pi}) \quad (P.78)$$

waarin:

$Q_{CD;nd;tot;mi}$  is de totale koudelevering door de gehele collectieve koudevoorziening aan de aangesloten percelen, voor maand  $mi$ , in kWh;

$E_{C;dc;mi,pi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van koeling, voor maand  $mi$ , door de collectieve koudevoorziening aangeleverd aan het aangesloten perceel  $pi$ , volgens hoofdstuk 10, in kWh.

### P.8.5 Rekenwaarden perceelgegevens

#### P.8.5.1 Principe

De hier gegeven rekenwaarden kunnen worden gebruikt als geen praktijkgegevens of gegevens afkomstig uit energieprestatieberekeningen beschikbaar zijn. Indien er gegevens afkomstig uit energieprestatieberekeningen voor handen zijn moeten deze worden toegepast.

Voor koeling zijn geen forfaitaire rekenwaarden beschikbaar.

#### P.8.5.2 Rekenwaarden verwarming

Bepaal de rekenwaarde voor de warmtebehoefte voor verwarming per woning of woongebouw e.d.  $E_{H;dh,pi}$  volgens:

$$E_{H;dh,pi} = \sum_{mi} E_{H;dh,mi,pi} \quad (P.79)$$

waarin:

- $E_{H;dh;pi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci = dh$  (collectieve warmtevoorziening) ten behoeve van de energiefunctie verwarming, in kWh.

Bepaal de rekenwaarde voor de warmtebehoefte voor verwarming per maand  $mi$  per woning of woongebouw e.d.  $E_{H;dh;mi,pi}$  volgens:

$$E_{H;dh;mi,pi} = Q_{H;dh;spec;mi} \times A_{g;woon;pi} \quad (\text{P.80})$$

waarin:

- $E_{H;dh;mi,pi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van verwarming, voor maand  $mi$ , door de collectieve warmtevoorziening aangeleverd aan het aangesloten perceel  $pi$ , in kWh;

- $Q_{H;dh;spec;mi}$  is de specifieke warmtebehoefte van een woning of woongebouw e.d. ten behoeve van verwarming, voor maand  $mi$ , door de collectieve warmtevoorziening aangeleverd aan het aangesloten perceel  $pi$ , in kWh/m<sup>2</sup>. Indien de warmtevraag van een aansluiting niet bekend is, kan deze voor toekomstige aansluitingen worden ingeschat volgens tabel P.14;

- $A_{g;woon;pi}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van de woning of het woongebouw e.d. met volgnummer  $pi$  in het gebied, indien mogelijk bepaald volgens P.5, in m<sup>2</sup>.

**Tabel P.14 – De jaarlijkse specifieke warmtebehoefte voor verwarming van een woning, woongebouw en utiliteitsbouw,  $Q_{H;dh;spec}$  (informatief)**

<b>Maand</b>	<b><math>Q_{H;dh;spec}</math></b> kWh/m <sup>2</sup>			
	<b>Appartement/ galerijwoning</b>	<b>Tussenwoning (en utiliteitsbouw)</b>	<b>Hoekwoning/ twee-onder-een- kapwoning</b>	<b>Vrijstaande woning</b>
Januari	4,33	3,81	7,86	8,94
Februari	3,19	2,81	5,81	6,61
Maart	2,97	2,58	5,36	6,11
April	2,08	1,83	3,78	4,31
Mei	0,92	0,81	1,69	1,92
Juni	0,00	0,00	0,00	0,00
Juli	0,00	0,00	0,00	0,00
Augustus	0,00	0,00	0,00	0,00
September	0,53	0,44	0,94	1,08
Oktober	1,50	1,31	2,72	3,11
November	2,81	2,44	5,08	5,78
December	3,86	3,39	7,03	8,00
Totaal	22,22	19,44	40,28	45,83

### P.8.5.3 Rekenwaarden warm tapwater

Bepaal de rekenwaarde voor de warmtebehoefte voor warm tapwater per woning of woongebouw e.d.  $E_{W;dh;pi}$  volgens:

$$E_{W;dh;pi} = \sum_{mi} E_{W;dh,mi,pi} \quad (\text{P.81})$$

waarin:

$E_{W;dh;pi}$  is de jaarlijkse hoeveelheid gebruikte energie van energiedrager  $ci = dh$  (collectieve warmtevoorziening of collectief circulatiesysteem) ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater, in kWh.

Bepaal de rekenwaarde voor de warmtebehoefte voor warm tapwater per maand  $mi$  per woning of woongebouw e.d.  $E_{W;dh,mi,pi}$  volgens:

$$E_{W;dh,mi,pi} = Q_{W;dh;\text{spec}} \times A_{g;woon;pi} \times \frac{t_{mi}}{8\,760} \quad (\text{P.82})$$

Bepaal de rekenwaarde voor de warmtebehoefte voor warmtapwaterbereiding per maand  $mi$  per utiliteitsgebouw  $pi$  volgens:

$$E_{w;dh,mi,pi} = Q_{W;dh;\text{spec}} \times A_{g;tot;pi} \times \frac{t_{mi}}{8\,760} \quad (\text{P.83})$$

waarin:

$E_{W;dh,mi,pi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warmtapwaterbereiding, voor maand  $mi$ , door de collectieve warmtevoorziening aangeleverd aan het aangesloten perceel  $pi$ , in kWh;

$Q_{W;dh;\text{spec}}$  is de jaarlijkse specifieke warmtebehoefte van een perceel ten behoeve van warmtapwaterbereiding, door de collectieve warmtevoorziening aangeleverd aan het aangesloten perceel  $pi$ , volgens tabel P.15, in kWh/m<sup>2</sup>;

$A_{g;woon;pi}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van de woning of het woongebouw e.d. met volgnummer  $pi$  in het gebied, zoals bepaald volgens hoofdstuk 6, in m<sup>2</sup>;

$A_{g;tot;pi}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van het perceel  $pi$  in het gebied, zoals bepaald volgens hoofdstuk 6, in m<sup>2</sup>;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de duur van de beschouwde maand  $mi$ , in h, overgenomen van tabel 17.1.

OPMERKING 1 Het getal 8 760 is de duur van het jaar in h.

**Tabel P.15 – De jaarlijkse specifieke warmtebehoefte van een perceel voor warmtapwaterbereiding,  $Q_{W;dh;spec}$  (forfaitaire waarden)**

Gebruiksfunctie of (gedeelte van een) gebouw	$Q_{W;dh;spec}$ kWh/m <sup>2</sup>
Woning of woongebouw e.d. met lage temperatuurverwarmingssysteem (LT-systeem)	29,17
Woning of woongebouw e.d. met hogetemperatuurverwarmingssysteem (HT-systeem)	33,33
Bijeenkomstfunctie voor alcoholgebruik	4,17
Bijeenkomstfunctie, anders dan voor alcoholgebruik	2,78
Celfunctie en cellengebouw	4,17
Gezondheidszorgfunctie, klinisch	15,28
Gezondheidszorgfunctie, niet-klinisch	2,78
Kantoorfunctie	1,39
Logiesgebouw	12,50
Onderwijsfunctie	1,39
Sportfunctie	12,50
Winkelfunctie	1,39

**OPMERKING 2** Het verschil tussen de specifieke warmtebehoefte van een woning of woongebouw e.d. met LT- dan wel HT-systeem wordt bepaald door de (extra) verliezen van de afleverset.

#### P.8.5.4 Rekenwaarden bevochtiging en ontvochtiging

De rekenwaarden voor bevochtiging en ontvochtiging in woningen zijn 0.

Voor utiliteit zijn geen rekenwaarden beschikbaar.

### P.9 Klimaatgegevens

#### P.9.1 Principe

De klimaatgegevens zijn bepaald volgens NEN 5060.

#### P.9.2 Getalswaarden

Tabel P.16 geeft de lengte van de periode,  $t_{\theta ei}$ , met buitentemperatuur  $\theta_{ext;i}$ , volgens NEN 5060.

**Tabel P.16 — Lengte van de periode,  $t_{\theta ei}$ , met buitentemperatuur  $\theta_{ext;i}$** 

$\theta_{ext;i}$ °C	$t_{\theta ei}$ h	$\theta_{ext;i}$ °C	$t_{\theta ei}$ h
-9	4	12	461
-8	5	13	431
-7	14	14	387
-6	11	15	419
-5	29	16	437
-4	45	17	387
-3	49	18	365
-2	95	19	266
-1	142	20	200
0	183	21	139
1	301	22	127
2	236	23	79
3	304	24	78
4	324	25	70
5	402	26	56
6	367	27	52
7	463	28	33
8	494	29	19
9	398	30	15
10	446	31	9
11	415	32	3
-9	4	12	461

OPMERKING De totale lengte van het jaar,  $t_{an}$ , bedraagt 8 760 h.

**Bijlage Q**  
**(Op basis van bijlage Q en E van NEN 7120)**  
(normatief)

**Bepaling opwekkingsrendement, energiefractie en hulpenergie  
W/W-, B/W-, L/W- en L/L-warmtepompen voor  
ruimteverwarming**

### **Q.1 Principe**

Deze bijlage geeft de bepalingsmethode voor het opwekkingsrendement en de energiefractie van warmtepompen voor ruimteverwarming.

Het betreft vier verschillende typen warmtepomp:

- B/W (brine/water);
- W/W (water/water);
- L/W (lucht/water);
- L/L (lucht/lucht).

De volgende onderdelen van het hulpenergiegebruik van de warmtepomp maken deel uit van het opwekkingsrendement:

- hulpenergiegebruik van elektronica tijdens stand-by (deels);
- hulpenergiegebruik van de bronpomp (B/W of W/W) of -ventilator (L/W of L/L);
- hulpenergiegebruik van de ventilator van de binnenuit(s) (L/L);
- hulpenergiegebruik van de circulatiepomp van het verwarmingssysteem (B/W, W/W of L/W).

De methode is geschikt voor zowel aan/uit regelende als modulerende warmtepompen en maakt gebruik van meetgegevens zoals die volgens de NEN-EN 14511-reeks en NEN-EN 14825 zijn bepaald:

Het opwekkingsrendement en de energiefractie van de warmtepomp zijn afhankelijk van verschillende gebouwspecifieke variabelen (o.a. warmtevraag, ontwerptemperatuur). Daarom kan deze bepalingsmethode op twee manieren worden toegepast.

- 1) Voor specifieke gebouwen kunnen het opwekkingsrendement en de energiefractie worden bepaald.
- 2) Voor een spreiding van gebouwspecifieke variabelen kunnen het opwekkingsrendement en de energiefractie worden bepaald. Merk op dat het opwekkingsrendement van aan/uit-geregelde warmtepompen onafhankelijk is van de warmtevraag zolang de energiefractie de waarde 1 heeft.

In Q.2 wordt de energieprestatie van de warmtepomp bepaald, uitgedrukt in de energiefractie (het aandeel in de warmtelevering) en het opwekkingsrendement. Q.3 geeft de voorbewerkingen op de meetdata van de warmtepomp. Q.4 omschrijft de vereiste metingen en eerste bewerkingen van de meetresultaten en geeft een overzicht van de meetresultaten die vereist zijn voor de bepalingsmethode voor het opwekkingsrendement. Tevens wordt hier een overzicht gegeven van door de fabrikant op te geven gegevens van de warmtepomp.

Q.5 geeft voor L/W-warmtepompen, die gebruikmaken van afvoerlucht als warmtebron, een bepalingsmethode voor de tijdfractie van de warmtepomp (relatieve bedrijfstijd) en het vereiste debiet van de ventilatielucht als de warmtepomp in bedrijf is. Hiermee kan de overventilatie en de hiermee samenhangende hogere warmtevraag worden bepaald.

## **Q.2 Bepaling energieprestatie warmtepomp op jaarbasis**

### **Q.2.1 Energiefractie op jaarbasis**

Bepaal de energiefractie van de warmtepomp voor ruimteverwarming van systeem  $si$ ,  $F_{H;gen;si,gpref}$ , volgens:

$$F_{H;gen;si,gpref} = \frac{Q_{H;hp;pr;an}}{\sum_{mi} Q_{H;dis;nren;si,mi}} \quad (Q.1)$$

waarin:

$F_{H;gen;si,gpref}$  is de dimensieloze energiefractie voor ruimteverwarming die de warmtepomp (preferente warmteopwekker ( $gpref$ )) levert aan het systeem  $si$ ;

$Q_{H;hp;pr;an}$  is de totale door de warmtepomp geleverde warmte per jaar, bepaald volgens Q.2.3, in MJ;

$Q_{H;dis;nren;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van de energiefunctie verwarming, voor maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , in MJ.

waarin:

$$Q_{H;dis;nren;si,mi} = 3.6 * Q_{H;node,in;mi}.$$

waarin:

$Q_{H;node,in;mi}$  is de thermische node input energie in maand  $mi$  in kWh, zie 9.2.3.5.

De toepassing van een warmtepomp zonder bijverwarming is alleen toegelaten indien de waarde van de energiefractie  $F_{H;gen;si,gi} = 1$ .

## Q.2.2 Opwekkingsrendement op jaarbasis

Bepaal het opwekkingsrendement van de warmtepomp op jaarbasis voor ruimteverwarming van systeem  $si$ ,  $\eta_{H;gen;hp;si}$ , volgens:

$$\eta_{H;gen;hp;si} = \frac{Q_{H;hp;pr;an}}{Q_{H;hp;us;an;el}} \quad (Q.2)$$

waarin:

$\eta_{H;gen;hp;si}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor ruimteverwarming van de warmtepomp (preferente warmteopwekker (*gpref*)) in het systeem  $si$ ;

$Q_{H;hp;pr;an}$  is de door de warmtepomp geleverde warmte per jaar, bepaald volgens Q.2.3, in MJ;

$Q_{H;hp;us;an;el}$  is de door de warmtepomp gebruikte elektrische energie voor verwarming inclusief hulpenergie, per jaar, bepaald volgens Q.2.4, in MJ.

## Q.2.3 Door de warmtepomp geleverde warmte per jaar

Bepaal de door de warmtepomp geleverde warmte per jaar,  $Q_{H;hp;pr;an}$ , volgens:

$$Q_{H;hp;pr;an} = 3,6 \times \sum_{\theta_i} (t_{H;hp;an;\theta_i} \times P_{H;hp;pr;\theta_i}) \quad (Q.3)$$

waarin:

$\theta_i$  is de buitentemperatuur  $\theta_{buiten}$ , volgens tabel Q.6, in °C;

$t_{H;hp;an;\theta_i}$  is de tijd dat de buitentemperatuur de waarde  $\theta_i$  heeft, bepaald volgens tabel Q.6, per jaar, in h;

$P_{H;hp;pr;\theta_i}$  is het door de warmtepomp geleverde gemiddelde verwarmingsvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.7 voor aan/uit-geregelde warmtepompen en volgens Q.2.6.1 voor modulerende warmtepompen, in kW.

OPMERKING De factor 3,6 is voor de omrekening van kWh naar MJ.

## Q.2.4 Elektrisch energiegebruik door de warmtepomp per jaar

Bepaal de door de warmtepomp gebruikte elektrische energie voor verwarming, inclusief hulpenergie voor elektronica en de eventuele circulatiepomp aan de bronzijde, per jaar,  $Q_{H;hp;us;an;el}$ , volgens:

$$Q_{H;hp;us;an;el} = 3,6 \times \sum_{\theta_i} \left( t_{H;hp;an;\theta_i} \times \frac{P_{H;hp;pr;\theta_i}}{COP_{H;hp;\theta_i}} \right) + W_{H;aux;hp;an} \quad (Q.4)$$

waarin:

$\theta_i$  is de buitentemperatuur  $\theta_{buiten}$ , volgens tabel Q.6, in °C;

$t_{H;hp;an;\theta_i}$  is de tijd dat de buitentemperatuur de waarde  $\theta_i$  heeft, bepaald volgens tabel Q.6, per jaar, in h;

$P_{H;hp;pr;\theta_i}$  is het door de warmtepomp geleverde gemiddelde verwarmingsvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.7 voor aan/uit-geregelde warmtepompen en volgens Q.2.6.1 voor modulerende warmtepompen, in kW.

$COP_{H;hp;\theta_i}$  is de COP van de warmtepomp voor verwarming, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.9 voor aan/uit-geregelde warmtepompen of Q.2.6.3 voor modulerende warmtepompen;

$W_{H;aux;hp;an}$  is het elektrisch hulpenergiegebruik van de bronpomp van de warmtepomp voor verwarming per jaar, bepaald volgens Q.2.5, in MJ.

OPMERKING De factor 3,6 is voor de omrekening van kWh naar MJ.

### Q.2.5 Hulpenergiegebruik warmtepomp

Bepaal voor B/W- en W/W-warmtepompen het elektrisch hulpenergiegebruik van de bronpomp van de warmtepomp voor verwarming per jaar,  $W_{H;aux;hp;an}$ , volgens:

$$W_{H;aux;hp;an} = \sum_{\theta_i} (t_{H;ev;on;\theta_i} \times P_{H;aux;ev;\theta_i}) / 10^6 \quad (Q.5)$$

Bepaal, voor een modulerende warmtepomp met modulerende pomp, het vermogen van de bronpomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , volgens:

$$P_{H;aux;ev;\theta_i} = \left( \frac{P_{H;hp;pl;\theta_i}}{P_{H;hp;max;\theta_i}} \right)^3 \times P_{H;aux;ev;nom} \quad (Q.6)$$

anders:

$$P_{H;aux;ev;\theta_i} = P_{H;aux;ev;nom} \quad (Q.7)$$

waarin:

$\theta_i$  is de buitentemperatuur  $\theta_{buiten}$ , volgens tabel Q.6, in °C;

$t_{H;ev;on;\theta_i}$  is de tijd dat de bronpomp van de warmtepomp in bedrijf is per buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens formule (Q.8), in s;

$P_{H;aux;ev;\theta_i}$  is het vermogen van de bronpomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , in W;

$P_{H;hp;pl;\theta_i}$  is het vermogen van de warmtepomp, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.8 in kW;

$P_{H;hp;max;\theta_i}$  is het maximale verwarmingsvermogen (condensorvermogen) van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.12, in kW;

$P_{H;aux;ev;nom}$  is het vermogen van de bronpomp bij ontwerpcondities, volgens opgave fabrikant, in W.

OPMERKING De factor  $10^6$  is voor de omrekening van J naar MJ.

Bepaal de tijd dat de bronpomp van de warmtepomp in bedrijf is per buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $t_{H;ev;on;\theta_i}$ , volgens:

$$t_{H;ev;on;\theta_i} = 3600 \times t_{H;hp;on;\theta_i} \times \left( 1 + \frac{t_{ev;xt}}{t_{H;hp;on;avg}} \right) \quad (Q.8)$$

waarin:

$t_{H;ev;on;\theta_i}$  is de tijd dat de bronpomp van de warmtepomp in bedrijf is per buitentemperatuur  $\theta_i$ , in s;

$t_{H;hp;on;\theta_i}$  is de tijd dat de warmtepomp in bedrijf is, per buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens formule (Q.9) of (Q.10), in h;

$t_{ev;xt}$  is de voor- en nadraaitijd van de bronpomp van de warmtepomp, volgens opgave van de fabrikant, in s;

$t_{H;hp;on;avg}$  is de gemiddelde aantal van de warmtepomp per schakeling, waarde 1 800 s.

Bepaal de tijd dat de warmtepomp in bedrijf is per buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $t_{H;hp;on;\theta_i}$ , voor aan/uit-geregelde warmtepompen, volgens:

$$t_{H;hp;on;\theta_i} = t_{H;hp;an;\theta_i} \times \frac{P_{H;hp;pr;\theta_i}}{P_{H;hp;max;\theta_i}} \quad (Q.9)$$

en voor modulerende warmtepompen, volgens:

$$t_{H;hp;on;\theta_i} = t_{H;hp;an;\theta_i} \times \frac{P_{H;hp;pr;\theta_i}}{P_{H;hp;pl;\theta_i}} \quad (Q.10)$$

waarin:

$t_{H;hp;on;\theta_i}$  is de tijd dat de warmtepomp in bedrijf is, per buitentemperatuur  $\theta_i$ , in h;

$t_{H;hp;an;\theta_i}$  is de tijd dat de buitentemperatuur de waarde  $\theta_i$  heeft, bepaald volgens tabel Q.6, per jaar, in h;

$P_{H;hp;pr;\theta_i}$  is het door de warmtepomp geleverde gemiddelde verwarmingsvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.7 voor aan/uit-geregelde warmtepompen en volgens Q.2.6.1 voor modulerende warmtepompen, in kW;

$P_{H;hp;max;\theta_i}$  is het maximale verwarmingsvermogen (condensorvermogen) van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.12, in kW;

$P_{H;hp;pl;\theta_i}$  is het vermogen van de warmtepomp, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.8 in kW.

## Q.2.6 COP en vermogen modulerende warmtepomp

### Q.2.6.1 Door de warmtepomp geleverd vermogen

Bepaal voor een modulerende warmtepomp het door de warmtepomp geleverde gemiddelde vermogen,  $P_{H;hp;pr;\theta_i}$ , per buitentemperatuur  $\theta_i$ , volgens:

$$P_{H;hp;pr;\theta_i} = f_{H;hp;off;\theta_i} \times \min(P_{H;hp;pl;\theta_i}; P_{H;\theta_i}) \quad (\text{Q.11})$$

waarin:

$f_{H;hp;off;\theta_i}$  is de dimensieloze factor voor het afschakelen van de warmtepomp, per buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.2;

$P_{H;hp;pl;\theta_i}$  is het vermogen van de warmtepomp, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.8 in kW;

$P_{H;\theta_i}$  is het gevraagde gemiddelde verwarmingsvermogen van systeem  $si$ , bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.16, in kW;

$\min(\dots)$  is de kleinste van de twee waarden.

### Q.2.6.2 Afschakelen warmtepomp

Bepaal voor een modulerende warmtepomp de dimensieloze factor voor het afschakelen van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $f_{H;hp;off;\theta_i}$ , volgens tabel Q.1.

$$f_{H;hp;off;\theta_i} = \prod_{offi} (f_{H;hp;offi;\theta_i}) \quad (\text{Q.12})$$

Tabel Q.1 geeft de afschakelfactor  $f_{H;hp;offi;\theta_i}$  corresponderend met het afschakelcriterium.

**Tabel Q.1 — Afschakelcriteria  $f_{H;hp;offi;\theta_i}$**

Afschakelcriterium	$f_{H;hp;offi;\theta_i}$
Minimale ingaande verdampertemperatuur	$f_{H;hp;off0;\theta_i} = 1 \quad (\theta_{evap,in;\theta_i} > \theta_{evap,in;off})$ $f_{H;hp;off0;\theta_i} = 0 \quad (\theta_{evap,in;\theta_i} \leq \theta_{evap,in;off})$
Minimale uitgaande verdampertemperatuur	$f_{H;hp;off1;\theta_i} = 1 \quad (\theta_{evap,out;pl;\theta_i} > \theta_{evap,out;off})$ $f_{H;hp;off1;\theta_i} = 0 \quad (\theta_{evap,out;pl;\theta_i} \leq \theta_{evap,out;off})$
Maximale ingaande condensortemperatuur	$f_{H;hp;off2;\theta_i} = 1 \quad (\theta_{cond,in;\theta_i} \leq \theta_{cond,in;off})$ $f_{H;hp;off2;\theta_i} = 0 \quad (\theta_{cond,in;\theta_i} > \theta_{cond,in;off})$
Maximale uitgaande condensortemperatuur	$f_{H;hp;off3;\theta_i} = 1 \quad (\theta_{cond,out;pl;\theta_i} \leq \theta_{cond,out;off})$ $f_{H;hp;off3;\theta_i} = 0 \quad (\theta_{cond,out;pl;\theta_i} > \theta_{cond,out;off})$
Minimale COP	$f_{H;hp;off4;\theta_i} = 1 \quad (COP_{H;hp;\theta_i} \geq COP_{H;hp;off})$ $f_{H;hp;off4;\theta_i} = 0 \quad (COP_{H;hp;\theta_i} < COP_{H;hp;off})$

waarin:

- $f_{H;hp;offi,\theta_i}$  is de dimensieloze factor voor het afschakelen van de warmtepomp, voor afschakelcriterium  $offi$ , bij buitentemperatuur  $\theta_i$ ;
- $\theta_{evap,in;\theta_i}$  is de ingaande verdampertemperatuur, bepaald volgens Q.2.14, in °C;
- $\theta_{evap,in;off}$  is de minimale ingaande verdampertemperatuur, volgens opgave fabrikant, in °C;
- $\theta_{evap,out;pl;\theta_i}$  is de uitgaande verdampertemperatuur, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.4, in °C;
- $\theta_{evap,out;off}$  is de minimale uitgaande verdampertemperatuur, volgens opgave fabrikant, in °C;
- $\theta_{cond,in,\theta_i}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.15, in °C;
- $\theta_{cond,in;off}$  is de maximale ingaande condensortemperatuur, volgens opgave fabrikant, in °C;
- $\theta_{cond,out;pl;\theta_i}$  is de uitgaande condensortemperatuur, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.6, in °C;
- $\theta_{cond,out;off}$  is de maximale uitgaande condensortemperatuur, volgens opgave fabrikant, in °C;
- $COP_{H;hp;\theta_i}$  is de  $COP$  van de warmtepomp voor verwarming bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.3;
- $COP_{H;hp;off}$  is de  $COP$  voor verwarming waarbij, indien de  $COP$  onder deze waarde komt, de warmtepomp uitschakelt, volgens opgave fabrikant.

OPMERKING 1 Indien een of meer afschakelcriteria niet van toepassing zijn, kunnen zij worden uitgeschakeld door een hoge of lage grenswaarde op te geven.

OPMERKING 2 Voor een warmtepomp zijn de volgende afschakelcriteria mogelijk:

- minimale ingaande verdampertemperatuur;
- minimale uitgaande verdampertemperatuur;
- maximale ingaande condensortemperatuur;
- maximale uitgaande condensortemperatuur;
- minimale  $COP$ .

Economische criteria behoren vertaald te worden in andere criteria ( $COP$  en/of temperatuurgrenzen).

### Q.2.6.3 COP modulerende warmtepomp bij deellast

Bepaal, indien  $F_{C;\theta_i} > F_{C,\max}$ , voor een modulerende L/L-warmtepomp  $COP_{H;hp;\theta_i}$ , per buitentemperatuur  $\theta_i$ , volgens:

$$COP_{H;hp;\theta_i} = \frac{F_{C,\max} \times (273,15 + \theta_{\text{cond};pl;\theta_i})}{(\theta_{\text{cond};pl;\theta_i} - \theta_{\text{evap};pl;\theta_i})} \quad (\text{Q.12A})$$

waarin:

$$F_{C;\theta_i} = COP_{H;hp;\theta_i} \times (\theta_{\text{cond};pl;\theta_i} - \theta_{\text{evap};pl;\theta_i}) / (273,15 + \theta_{\text{cond};pl;\theta_i}) \quad (\text{Q.12B})$$

en:

$F_{C,\max}$  is de maximale carnotfactor, zoals bepaald volgens Q.3.6.

Bepaal voor een modulerende warmtepomp  $COP_{H;hp;\theta_i}$ , per buitentemperatuur  $\theta_i$ , volgens:

- 1) Indien int = 0, bepaal dan  $COP_{H;hp;\theta_i}$  volgens:

$$COP_{H;hp;\theta_i} = f_{\text{cor};bu;\theta_i} \times (c_{0,1} \times \theta_{\text{evap};pl;\theta_i} + c_{0,2} \times \theta_{\text{cond};pl;\theta_i} + c_{0,3}) \quad (\text{Q.13})$$

waarin:

OPMERKING Maximumvermogen vereist; geen interpolatie;  $plj = 0$ .

- 2) Indien int > 0 en int < 5, bepaal dan  $COP_{H;hp;\theta_i}$  volgens:

$$COP_{H;hp;\theta_i} = COP_{H;hp;int;\theta_i} + \frac{(COP_{H;hp;int-1;\theta_i} - COP_{H;hp;int;\theta_i}) \times (B_{\theta_i} - B_{pl;int})}{(B_{pl;int-1} - B_{pl;int})} \quad (\text{Q.14})$$

Bepaal hiervoor de beide COP-waarden, met  $plj = \text{int} - 1$  en  $plj = \text{int}$ , volgens:

$$COP_{H;hp;plj;\theta_i} = f_{\text{cor};bu;\theta_i} \times (c_{plj,1} \times \theta_{\text{evap};pl;\theta_i} + c_{plj,2} \times \theta_{\text{cond};pl;\theta_i} + c_{plj,3}) \quad (\text{Q.15})$$

waarin:

OPMERKING Vermogen tussen 15 % en 100 % vereist; interpolatie tussen  $plj = \text{int} - 1$  en  $plj = \text{int}$ .

- 1) Indien int = 5, bepaal dan  $COP_{H;hp;\theta_i}$  volgens:

$$COP_{H;hp;\theta_i} = f_{\text{cor};bu;\theta_i} \times (c_{5,1} \times \theta_{\text{evap};pl;\theta_i} + c_{5,2} \times \theta_{\text{cond};pl;\theta_i} + c_{5,3}) \quad (\text{Q.16})$$

OPMERKING Minimumvermogen of lager vereist; geen interpolatie;  $plj = 5$ .

Bepaal voor L/W- en L/L-warmtepompen de buitenluchttemperatuurafhankelijke correctiefactor  $f_{\text{cor};bu;\theta_i}$ . volgens:

Indien:

$$\theta_i \leq -7^\circ\text{C} \text{ of } \theta_i \geq 7^\circ\text{C}: f_{\text{cor};bu;\theta_i} = 1 \quad (\text{Q.17})$$

waarin:

Indien 2:

$$\text{°C} \leq \theta_i < 7 \text{ °C}: \quad f_{\text{cor;bu};\theta_i} = \left( \frac{1 - f_{\text{cor;bu;max}}}{5} \right) \times \theta_i + \left( \frac{7 \times f_{\text{cor;bu;max}} - 2}{5} \right) \quad (\text{Q.18})$$

waarin:

$f_{\text{cor;bu;max}}$  is de maximale correctiefactor voor de  $COP$ , bepaald volgens Q.3.8.

indien:

$$-7 \text{ °C} < \theta_i < 2 \text{ °C}: \quad f_{\text{cor;bu};\theta_i} = \left( \frac{f_{\text{cor;bu;max}} - 1}{9} \right) \times \theta_i + \left( \frac{7 \times f_{\text{cor;bu;max}} + 2}{9} \right) \quad (\text{Q.19})$$

Voor overige typen warmtepompen geldt:

$$f_{\text{cor;bu};\theta_i} = 1$$

waarin:

$COP_{H;hp;plj;\theta_i}$  is de  $COP$  van de warmtepomp voor verwarming, bij deellast  $plj$ , bij buitentemperatuur  $\theta_i$ ;

$B_{\theta_i}$  is de benuttingsgraad van de warmtepomp voor verwarming, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.8;

$B_{pl;plj}$  is de benuttingsgraad van de warmtepomp voor verwarming, bij deellast  $plj$ , bepaald volgens tabel Q.16;

$c_{plj;i}$  is een dimensioze constante, bij deellastvermogen  $plj$ , bepaald volgens Q.3.6;

$\theta_{\text{evap;pl};\theta_i}$  is de operatieve verdampertemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bij deellastvermogen, bepaald volgens Q.2.6.4, in °C;

$\theta_{\text{cond;pl};\theta_i}$  is de operatieve condensortemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bij deellastvermogen, bepaald volgens Q.2.6.5, in °C;

$f_{\text{cor;bu;max}}$  is de maximale correctiefactor voor de  $COP$ , bepaald volgens Q.3.8.

OPMERKING De index  $plj$  heeft de waarden 0/1/2/3/4, corresponderend met een condensorvermogen van (100/88/54/35/15 %) van het maximaal vermogen.

#### Q.2.6.4 Operatieve en uitgaande verdampertemperatuur

Bepaal voor een modulerende warmtepomp de operatieve verdampertemperatuur, bij deellastvermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{evap};\text{pl},\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{evap};\text{pl},\theta_i} = \left( \frac{\theta_{\text{evap};\text{in},\theta_i} + \theta_{\text{evap};\text{out},\text{pl},\theta_i}}{2} \right) \quad (\text{Q.20})$$

Bepaal voor een modulerende warmtepomp met modulerende bronpomp of -ventilator de uitgaande verdampertemperatuur, bij deellastvermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{evap};\text{out},\text{pl},\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{evap};\text{out},\text{pl},\theta_i} = \theta_{\text{evap};\text{in},\theta_i} - dT_{\text{hp};\text{evap};\text{max}} \quad (\text{Q.21})$$

Bepaal voor een modulerende warmtepomp met aan/uit schakelende bronpomp of -ventilator de uitgaande verdampertemperatuur, bij deellastvermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{evap};\text{out},\text{pl},\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{evap};\text{out},\text{pl},\theta_i} = \theta_{\text{evap};\text{in},\theta_i} - \frac{P_{\text{H};\text{hp};\text{pl},\theta_i}}{P_{\text{H};\text{hp};\text{max},\theta_i}} \times dT_{\text{hp};\text{evap};\text{max}} \quad (\text{Q.22})$$

waarin:

$\theta_{\text{evap};\text{out},\text{pl},\theta_i}$  is de uitgaande verdampertemperatuur, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$  in °C;

$\theta_{\text{evap};\text{in},\theta_i}$  is de ingaande verdampertemperatuur, bepaald volgens Q.2.14, in °C;

$P_{\text{H};\text{hp};\text{pl},\theta_i}$  is het vermogen van de warmtepomp, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.8 in kW;

$P_{\text{H};\text{hp};\text{max},\theta_i}$  is het maximale verwarmingsvermogen (condensorvermogen) van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.12, in kW;

$dT_{\text{hp};\text{evap};\text{max}}$  is de gemiddelde temperatuurverlaging over de verdamper, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.2, in K.

#### Q.2.6.5 Operatieve condensortemperatuur

Bepaal voor een modulerende warmtepomp de operatieve condensortemperatuur, bij deellastvermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{cond};\text{pl},\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{cond};\text{pl},\theta_i} = \frac{2 \times \theta_{\text{cond};\text{in},\theta_i} + \theta_{\text{cond};\text{out},\text{pl},\theta_i}}{3} \quad (\text{Q.23})$$

waarin:

$\theta_{\text{cond};\text{in},\theta_i}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.15, in °C;

$\theta_{\text{cond};\text{out},\text{pl},\theta_i}$  is de uitgaande condensortemperatuur, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.6, in °C.

### Q.2.6.6 Uitgaande condensortemperatuur

Bepaal voor een modulerende B/W-, W/W- of L/W-warmtepomp de uitgaande condensortemperatuur, bij deellastvermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{cond;out;pl};\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{cond;out;pl};\theta_i} = \theta_{\text{cond;in};\theta_i} + \frac{P_{\text{H;hp;pl};\theta_i}}{F_{\text{water}} \times 4\,182} \quad (\text{Q.24})$$

waarin:

$\theta_{\text{cond;in};\theta_i}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens tabel Q.5, in °C;

$P_{\text{H;hp;pl};\theta_i}$  is het vermogen van de warmtepomp, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.8, in kW;

$F_{\text{water}}$  is het condensordebiet, bepaald volgens Q.2.6.7, in m<sup>3</sup>/s.

OPMERKING 1 De factor 4 182 is de getalswaarde voor de dichtheid van water (1 000 kg/m<sup>3</sup>) maal de thermische capaciteit van water (4,182 kJ/kgK).

Bepaal voor een modulerende L/L-warmtepomp de uitgaande condensortemperatuur, bij deellastvermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{cond;out;pl};\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{cond;out;pl};\theta_i} = \theta_{\text{cond;in};\theta_i} + dT_{\text{hp;cond;max}} \quad (\text{Q.24A})$$

waarin:

$\theta_{\text{cond;in};\theta_i}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.15, in °C;

$dT_{\text{hp;cond;max}}$  is de gemiddelde temperatuurverhoging over de condensor, bij meting bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.1, in K.

### Q.2.6.7 Condensordebiet

Bepaal voor een modulerende B/W-, W/W- of L/W-warmtepomp met een modulerende condensorpomp het condensordebiet,  $F_{\text{water}}$ , volgens:

$$F_{\text{water}} = F_{\text{water;nom}} \times \frac{P_{\text{H;hp;pl};\theta_i}}{P_{\text{H;hp;max};\theta_i}} \quad (\text{Q.25})$$

Bepaal voor een modulerende warmtepomp met een aan/uit-geregelde condensorpomp het condensordebiet,  $F_{\text{water}}$ , volgens:

$$F_{\text{water}} = F_{\text{water;nom}} \quad (\text{Q.26})$$

waarin:

$F_{\text{water;nom}}$  is het condensordebiet bij ontwerpcondities, volgens Q.2.17, in m<sup>3</sup>/s;

$P_{\text{H;hp;pl};\theta_i}$  is het vermogen van de warmtepomp, bij deellastvermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.8, in kW;

$P_{H;hp;max;\theta_i}$  is het maximale verwarmingsvermogen (condensorvermogen) van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.12, in kW.

OPMERKING Voor de bepaling van de *COP* van een L/L-warmtepomp is het condensordebiet niet van belang.

### Q.2.6.8 Condensorvermogen van de warmtepomp bij deellastvermogen

Bepaal voor een modulerende warmtepomp het condensorvermogen van de warmtepomp bij deellastvermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $P_{H;hp;pl;\theta_i}$ , volgens:

$$P_{H;hp;pl;\theta_i} = \max(P_{H;hp;min;\theta_i}; \min(P_{H;hp;max;\theta_i}; P_{H;\theta_i})) \quad (\text{Q.27})$$

waarin:

$P_{H;hp;min;\theta_i}$  is het minimaal verwarmingsvermogen van de warmtepomp, volgens opgave fabrikant, in kW;

$P_{H;hp;max;\theta_i}$  is het maximale verwarmingsvermogen (condensorvermogen) van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.12, in kW;

$P_{H;\theta_i}$  is het gevraagde gemiddelde verwarmingsvermogen van systeem  $si$ , bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.16, in kW;

$\max(\dots)$  is de grootste van de twee waarden;

$\min(\dots)$  is de kleinste van de twee waarden.

### Q.2.6.9 Deellast en belastingsinterval van de warmtepomp

Bepaal voor een modulerende warmtepomp het belastingsinterval,  $int$ , waarbinnen de warmtepomp bedreven wordt volgens tabel Q.2.

**Tabel Q.2 — Belastingsinterval  $int$  als functie van benuttingsgraad  $B_{\theta_i}$**

Als	Dan
$B_{\theta_i} \geq 1$	$int = 0$
$1 > B_{\theta_i} \geq 0,88$	$int = 1$
$0,88 > B_{\theta_i} \geq 0,54$	$int = 2$
$0,54 > B_{\theta_i} \geq 0,35$	$int = 3$
$0,35 > B_{\theta_i} \geq 0,15$	$int = 4$
$B_{\theta_i} < 0,15$	$int = 5$

Bepaal voor een modulerende warmtepomp de benuttingsgraad, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $B_{\theta_i}$ , volgens:

$$B_{\theta_i} = \frac{\max(P_{H;hp;min}; P_{H;\theta_i})}{P_{H;hp;max;\theta_i}} \quad (\text{Q.28})$$

waarin:

- $P_{H;\theta_i}$  is het gevraagde gemiddelde verwarmingsvermogen van systeem  $si$ , bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.16, in kW;
- $P_{H;hp;min}$  is het door de warmtepomp minimaal geleverde thermisch vermogen, volgens opgave fabrikant, of indien gemeten, volgens Q.4.4, in kW;
- $P_{H;hp;max;\theta_i}$  is het maximale verwarmingsvermogen (condensorvermogen) van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.12, in kW.

### Q.2.7 Door de warmtepomp geleverd vermogen

Bepaal het door de warmtepomp geleverde gemiddelde vermogen,  $P_{H;hp;pr;\theta_i}$ , per buitentemperatuur  $\theta_i$ , volgens:

$$P_{H;hp;pr;\theta_i} = f_{H;hp;off;\theta_i} \times \min(P_{H;hp;max;\theta_i}; P_{H;\theta_i}) \quad (Q.29)$$

waarin:

- $f_{H;hp;off;\theta_i}$  is de dimensioze factor voor het afschakelen van de warmtepomp, bepaald volgens Q.2.8;
- $P_{H;hp;max;\theta_i}$  is het maximale verwarmingsvermogen (condensorvermogen) van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.12, in kW;
- $P_{H;\theta_i}$  is het gevraagde gemiddelde verwarmingsvermogen van systeem  $si$ , bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.16, in kW;
- $\min(\dots)$  is de kleinste van de twee waarden.

### Q.2.8 Afschakelen warmtepomp

Bepaal voor een warmtepomp de dimensioze factor voor het afschakelen van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $f_{H;hp;off;\theta_i}$ , volgens tabel Q.3.

$$f_{H;hp;off;\theta_i} = \prod_{offi} (f_{H;hp;offi;\theta_i}) \quad (Q.30)$$

Tabel Q.3 geeft de afschakelfactor  $f_{H;hp;offi;\theta_i}$  corresponderend met het afschakelcriterium.

**Tabel Q.3 — Afschakelcriteria  $f_{H;hp;offi,\theta_i}$** 

Afschakelcriterium	$f_{H;hp;offi,\theta_i}$
Minimale ingaande verdampertemperatuur	$f_{H;hp;off0,\theta_i} = 1 \quad (\theta_{evap;in;\theta_i} > \theta_{evap;in;off})$ $f_{H;hp;off0,\theta_i} = 0 \quad (\theta_{evap;in;\theta_i} \leq \theta_{evap;in;off})$
Minimale uitgaande verdampertemperatuur	$f_{H;hp;off1,\theta_i} = 1 \quad (\theta_{evap;out;max;\theta_i} > \theta_{evap;out;off})$ $f_{H;hp;off1,\theta_i} = 0 \quad (\theta_{evap;out;max;\theta_i} \leq \theta_{evap;out;off})$
Maximale ingaande condensortemperatuur	$f_{H;hp;off2,\theta_i} = 1 \quad (\theta_{cond;in;\theta_i} \leq \theta_{cond;in;off})$ $f_{H;hp;off2,\theta_i} = 0 \quad (\theta_{cond;in;\theta_i} > \theta_{cond;in;off})$
Maximale uitgaande condensortemperatuur	$f_{H;hp;off3,\theta_i} = 1 \quad (\theta_{cond;out;max;\theta_i} \leq \theta_{cond;out;off})$ $f_{H;hp;off3,\theta_i} = 0 \quad (\theta_{cond;out;max;\theta_i} > \theta_{cond;out;off})$
Minimale COP	$f_{H;hp;off4,\theta_i} = 1 \quad (COP_{H;hp;\theta_i} \geq COP_{H;hp;off})$ $f_{H;hp;off4,\theta_i} = 0 \quad (COP_{H;hp;\theta_i} < COP_{H;hp;off})$

waarin:

$f_{H;hp;offi,\theta_i}$  is de dimensioze factor voor het afschakelen van de warmtepomp, voor afschakelcriterium  $offi$ , bij buitentemperatuur  $\theta_i$ ;

$\theta_{evap;in;\theta_i}$  is de ingaande verdampertemperatuur, bepaald volgens Q.2.14, in °C

$\theta_{evap;in;off}$  is de minimale ingaande verdampertemperatuur, volgens opgave fabrikant, in °C;

$\theta_{evap;out;max;\theta_i}$  is de uitgaande verdampertemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.13, in °C;

$\theta_{evap;out;off}$  is de minimale uitgaande verdampertemperatuur, volgens opgave fabrikant, in °C;

$\theta_{cond;in;\theta_i}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.15, in °C;

$\theta_{cond;in;off}$  is de maximale ingaande condensortemperatuur, volgens opgave fabrikant, in °C;

$\theta_{cond;out;max;\theta_i}$  is de uitgaande condensortemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.11, in °C;

$\theta_{cond;out;off}$  is de maximale uitgaande condensortemperatuur, volgens opgave fabrikant, in °C;

$COP_{H;hp;\theta_i}$  is de COP van de warmtepomp voor verwarming bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.6.3;

$COP_{H;hp;off}$  is de COP voor verwarming waarbij, indien de COP onder deze waarde komt, de warmtepomp uitschakelt, volgens opgave fabrikant.

### Q.2.9 COP aan/uit-schakelende warmtepomp

Bepaal voor een aan/uit-schakelende warmtepomp de  $COP_{H;hp;\theta_i}$  per buitentemperatuur  $\theta_i$ , volgens:

$$COP_{H;hp;\theta_i} = f_{cor;bu;\theta_i} \times (c_{max;1} \times \theta_{evap;max;\theta_i} + c_{max;2} \times \theta_{cond;max;\theta_i} + c_{max;3}) \quad (Q.31)$$

Bepaal voor L/W- en L/L-warmtepompen de buitenluchttemperatuurafhankelijke correctiefactor  $f_{cor;bu;\theta_i}$ . volgens:

Indien:

$$\theta_i \leq -7 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ of } \theta_i \geq 7 \text{ } ^\circ\text{C}: f_{cor;bu;\theta_i} = 1 \quad (Q.32)$$

Indien 2:

$$\begin{aligned} f_{cor;bu;\theta_i} &= \left( \frac{1-f_{cor;bu;max}}{5} \right) \times \theta_i + \left( \frac{7 \times f_{cor;bu;max} - 2}{5} \right) \\ {}^\circ\text{C} \leq \theta_i < 7 \text{ } ^\circ\text{C}: \end{aligned} \quad (Q.33)$$

Indien:

$$\begin{aligned} f_{cor;bu;\theta_i} &= \left( \frac{f_{cor;bu;max} - 1}{9} \right) \times \theta_i + \left( \frac{7 \times f_{cor;bu;max} + 2}{9} \right) \\ -7 \text{ } ^\circ\text{C} < \theta_i < 2 \text{ } ^\circ\text{C}: \end{aligned} \quad (Q.34)$$

Voor overige typen warmtepompen geldt:  $f_{cor;bu;\theta_i} = 1$ .

waarin:

$c_{max;i}$  is een dimensiooze constante, voor maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.3;

$\theta_{evap;max;\theta_i}$  is de operatieve verdampertemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.13, in  ${}^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{cond;max;\theta_i}$  is de operatieve condensortemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.10, in  ${}^\circ\text{C}$ ;

$f_{cor;bu;max}$  is de maximale correctiefactor voor de  $COP$ , bepaald volgens Q.3.8.

### Q.2.10 Operatieve condensortemperatuur

Bepaal voor een B/W-, W/W- of L/W-warmtepomp de operatieve condensortemperatuur, bij maximaal vermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{cond;max;\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{cond;max;\theta_i} = \frac{2 \times \theta_{cond;in;\theta_i} + \theta_{cond;out;max;\theta_i}}{3} \quad (Q.35)$$

waarin:

$\theta_{cond;in;\theta_i}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.15, in  ${}^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{\text{cond;out;max};\theta_i}$  is de uitgaande condensortemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.11, in °C.

OPMERKING Op de *COP* van een L/L-warmtepomp heeft de condensortemperatuur geen invloed, omdat deze constant is en gelijk is aan de condensortemperatuur bij de *COP*-meting.

## Q.2.11 Uitgaande condensortemperatuur

Bepaal voor een B/W-, W/W- of L/W-warmtepomp de uitgaande condensortemperatuur, bij maximaal vermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{cond;out;max};\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{cond;out;max};\theta_i} = \theta_{\text{cond;in};\theta_i} + \frac{P_{\text{H;hp;max};\theta_i}}{F_{\text{water;nom}} \times 4\,182} \quad (\text{Q.36})$$

waarin:

$\theta_{\text{cond;in};\theta_i}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.15, in °C;

$P_{\text{H;hp;max};\theta_i}$  is het vermogen van de warmtepomp, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.12, in kW;

$F_{\text{water;nom}}$  is het condensordebiet bij ontwerpcondities, volgens Q.2.17, in m<sup>3</sup>/s.

OPMERKING 1 De factor 4 182 is de getalswaarde voor de dichtheid van water (1 000 kg/m<sup>3</sup>) maal de thermische capaciteit van water (4,182 kJ/kgK).

OPMERKING 2 Op de *COP* van een L/L-warmtepomp heeft de condensortemperatuur geen invloed, omdat deze constant is en gelijk is aan de condensortemperatuur bij de *COP*-meting.

## Q.2.12 Maximaal verwarmingsvermogen warmtepomp

Bepaal het maximale verwarmingsvermogen van de warmtepomp, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $P_{\text{H;hp;max};\theta_i}$ , volgens:

$$P_{\text{H;hp;max};\theta_i} = p_{\text{max};1} \times \theta_{\text{evap;max};\theta_i} + p_{\text{max};2} \times \theta_{\text{cond;est;max};\theta_i} + p_{\text{max};3} \quad (\text{Q.37})$$

waarin:

$$P_{\text{H;hp;max};\theta_i} \geq 0 \quad (\text{Q.38})$$

waarin:

$p_{\text{max};i}$  is een dimensieloze constante, voor maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.4;

$\theta_{\text{evap;max};\theta_i}$  is de operatieve verdampertemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.13, in °C;

$\theta_{\text{cond;est;max};\theta_i}$  is de geschatte operatieve condensortemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.15, in °C.

## Q.2.13 Operatieve en uitgaande verdampertemperatuur

Bepaal de operatieve verdampertemperatuur, bij maximaal vermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{evap};\max;\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{evap};\max,\theta_i} = \left( \frac{\theta_{\text{evap};\text{in};\theta_i} + \theta_{\text{evap};\text{out};\max;\theta_i}}{2} \right) \quad (\text{Q.39})$$

Bepaal de uitgaande verdampertemperatuur, bij maximaal vermogen, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{evap};\text{out};\max;\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{evap};\text{out};\max;\theta_i} = \theta_{\text{evap};\text{in};\theta_i} - dT_{\text{hp};\text{evap};\max} \quad (\text{Q.40})$$

waarin:

- $\theta_{\text{evap};\text{out};\max;\theta_i}$  is de uitgaande verdampertemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$  in °C;
- $\theta_{\text{evap};\text{in};\theta_i}$  is de ingaande verdampertemperatuur, bepaald volgens Q.2.14, in °C;
- $dT_{\text{hp};\text{evap};\max}$  is de gemiddelde temperatuurverlaging over de verdamper, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.2, in K.

## Q.2.14 Ingaande verdampertemperatuur

### Q.2.14.1 Ingaande verdampertemperatuur L/W- en L/L-warmtepompen

Bepaal voor L/W-warmtepompen met ventilatielucht als bron de temperatuur van de ingaande lucht van de verdamper volgens:

$$\theta_{\text{evap};\text{in};\theta_i} = 20 \text{ °C} \quad (\text{Q.41})$$

Bepaal voor L/W- en L/L-warmtepompen met buitenlucht als bron, evenals bij lucht-naar-waterwarmtepompen met zowel buitenlucht als ventilatielucht als bron maar waarbij de ventilatielucht eerst door een WTW wordt geleid (waarvan de teruggewonnen warmte direct terug de woning in gaat als voorverwarmde lucht), de temperatuur van de ingaande lucht van de verdamper volgens:

$$\theta_{\text{evap};\text{in};\theta_i} = \theta_{\text{buiten};i} \quad (\text{Q.42})$$

Bepaal voor L/W-warmtepompen met als bron gecombineerd buitenlucht en ventilatielucht de temperatuur van de ingaande lucht van de verdamper volgens:

$$\theta_{\text{evap};\text{in};\theta_i} = f_{\text{buitenlucht}} \times \theta_{\text{buiten};i} + (1 - f_{\text{buitenlucht}}) \times 20 \quad (\text{Q.43})$$

waarin:

- $f_{\text{buitenlucht}}$  is de dimensieloze factor voor de contributie van buitenlucht aan de totale bronzijdige (verdamper)luchtvolumestroom met een waarde tussen 0 en 1, bepaald volgens 11.2.2.1.2.

### Q.2.14.2 Ingaande verdampertemperatuur B/W- en W/W-warmtepompen

De ingaande verdampertemperatuur,  $\theta_{\text{evap;in};\theta_i}$ , mag worden bepaald op basis van historische gegevens, berekeningen of forfataire waarden, zoals hieronder uitgewerkt.

De ingaande verdampertemperatuur,  $\theta_{\text{evap;in};\theta_i}$ , mag voor warmtepompen in bestaande bouw worden bepaald op basis van historische gegevens. Historische gegevens moeten worden bepaald over een periode van minimaal drie jaar.

De ingaande verdampertemperatuur,  $\theta_{\text{evap;in};\theta_i}$ , mag voor warmtepompen in nieuwbouw worden bepaald op basis van dynamische berekeningen aan de bodemtemperatuur over een periode van minimaal 25 jaar. In deze berekeningen worden ten minste de volgende invloedsfactoren betrokken:

- warmteonttrekking ten behoeve van verwarming en/of warm tapwater;
- warmtetoever ten behoeve van koeling;
- samenstelling van de bodem;
- afmetingen en onderlinge positie van bodemwarmtewisselaars.

**OPMERKING** Het EED-model is een voorbeeld van een dergelijk rekenmodel voor bodemwarmtewisselaars.

In aanvulling hierop kan voor nieuwbouw op basis van analogie met reeds eerder gerealiseerde projecten de ingaande verdampertemperatuur worden bepaald.

Voor W/W-warmtepompen is de forfataire waarde van de ingaande verdampertemperatuur:

$$\theta_{\text{evap;in};\theta_i} = 10 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Q.44})$$

Voor B/W-warmtepompen is de forfataire waarde van de ingaande verdampertemperatuur een functie van de buitentemperatuur, bepaald volgens tabel Q.4, in  $^\circ\text{C}$ :

**Tabel Q.4 — Ingaande verdampertemperatuur als functie van de buitentemperatuur voor bodemwarmtewisselaars (forfataire waarden)**

$\theta_{\text{buiten}}$ $^\circ\text{C}$	$\theta_{\text{evap;in};\theta_i}$ $^\circ\text{C}$
16	7,4
15	7,0
14	6,9
13	6,7
12	5,9
11	5,3
10	4,6
9	3,8
8	3,4

$\theta_{\text{buiten}}$ °C	$\theta_{\text{evap,in};\theta_i}$ °C
7	2,9
6	2,6
5	2,5
4	2,1
3	2,2
2	2,0
1	1,9
0	1,6
-1	1,5
-2	1,5
-3	2,0
-4	2,0
-5	1,1
-6	1,4
-7	1,1
-8	1,0
-9	1,0
-10	1,0

### Q.2.15 Geschatte operatieve condensortemperatuur

Bepaal voor een B/W-, W/W- of L/W-warmtepomp de geschatte operatieve condensortemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $\theta_{\text{cond;est;max};\theta_i}$ , volgens:

$$\theta_{\text{cond;est;max};\theta_i} = \left( \theta_{\text{cond,in};\theta_i} + \frac{1}{3} \times dT_{\text{hp;cond;max}} \right) \quad (\text{Q.45})$$

waarin:

$\theta_{\text{cond;est;max};\theta_i}$  is de geschatte operatieve condensortemperatuur, bij maximaal vermogen, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , in °C;

$\theta_{\text{cond,in};\theta_i}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij buitentemperatuur  $\theta_i$ , voor B/W-, W/W- en L/W-warmtepompen bepaald volgens tabel Q.5;

$dT_{\text{hp;cond;max}}$  is de gemiddelde temperatuurverhoging over de condensor, bij meting bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.1, in K.

Tabel Q.5 — Condensorintredetemperatuur als functie van de buitentemperatuur

$\theta_{\text{buiten}}$	$\theta_{\text{cond,in}}$							
	$\theta_{\text{sup}} \leq 30$	$30 < \theta_{\text{sup}} \leq 35$	$35 < \theta_{\text{sup}} \leq 40$	$40 < \theta_{\text{sup}} \leq 45$	$45 < \theta_{\text{sup}} \leq 50$	$50 < \theta_{\text{sup}} \leq 55$	$55 < \theta_{\text{sup}} \leq 65$	
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
16	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
15	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	21,3	21,7
14	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	22,7	23,5
13	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	24,0	25,2
12	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	25,4	26,9
11	20,3	20,5	20,7	20,9	21,0	21,2	26,7	28,7
10	20,6	20,9	21,4	21,8	22,0	22,5	28,1	30,4
9	21,0	21,4	22,0	22,7	23,0	23,7	29,4	32,1
8	21,3	21,8	22,7	23,6	24,0	24,9	30,8	33,8
7	21,6	22,3	23,4	24,5	25,0	26,1	32,1	35,6
6	21,9	22,7	24,1	25,5	26,0	27,4	33,5	37,3
5	22,2	23,2	24,8	26,4	27,0	28,6	34,8	39,0
4	22,5	23,6	25,5	27,3	28,0	29,8	36,2	40,8
3	22,9	24,1	26,1	28,2	29,0	31,0	37,5	42,5
2	23,2	24,5	26,8	29,1	30,0	32,3	38,8	44,2
1	23,5	25,0	27,5	30,0	31,0	33,5	40,2	46,0
0	23,8	25,5	28,2	30,9	32,0	34,7	41,5	47,7
-1	24,1	25,9	28,9	31,8	33,0	36,0	42,9	49,4
-2	24,5	26,4	29,5	32,7	34,0	37,2	44,2	51,2
-3	24,8	26,8	30,2	33,6	35,0	38,4	45,6	52,9
-4	25,1	27,3	30,9	34,5	36,0	39,6	46,9	54,6
-5	25,4	27,7	31,6	35,5	37,0	40,9	48,3	56,3
-6	25,7	28,2	32,3	36,4	38,0	42,1	49,6	58,1
-7	26,0	28,6	33,0	37,3	39,0	43,3	51,0	59,8
-8	26,4	29,1	33,6	38,2	40,0	44,5	52,3	61,5
-9	26,7	29,5	34,3	39,1	41,0	45,8	53,7	63,3
-10	27,0	30,0	35,0	40,0	42,0	47,0	55,0	65,0

**OPMERKING 1**  $\theta_{\text{sup}}$  is de ontwerpaanvoertemperatuur van het door het warmteopwekkingssysteem ten behoeve van de ruimteverwarming verwarmde water.

**OPMERKING 2** Indien een warmtepomp met een gasketel als bijverwarming wordt toegepast, dan mogen voor ontwerptemperaturen boven 55 °C afwijkende waarden worden toegepast, gebaseerd op het installatieontwerp

### Q.2.16 Gevraagde gemiddelde verwarmingsvermogen

Bepaal het gevraagde gemiddelde verwarmingsvermogen van systeem  $si$ , per buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $P_{H;\theta_i}$ , volgens:

$$P_{H;\theta_i} = \frac{\sum_{mi} Q_{H;\text{dis};\text{nren};si,mi} \times f_{Q;H;\theta_i}}{1\ 000} \quad (\text{Q.46})$$

waarin:

$Q_{H;\text{dis};\text{nren};si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van de energiefunctie verwarming, voor maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $_{\text{nren}}$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , bepaald als  $3.6 * Q_{H;\text{node,in};mi}$  volgens 9.2.3.5;

$f_{Q;H;\theta_i}$  is de factor voor de vertaling van de energiebehoefte per jaar van systeem  $si$  naar vermogen per conditie, bepaald volgens tabel Q.6.

**OPMERKING** De factor  $f_{Q;H;\theta_i}$  neemt ook de omrekening van MJ naar W mee. De factor 1 000 is voor de omrekening van W naar kW.

**Tabel Q.6 — Tijdsduur en warmtevraagfactor als functie van buitentemperatuur**

$\theta_{\text{buiten}}$ °C	$t_{H;\text{hp};\text{an};\theta_i}$ h	$f_{Q;H;\theta_i}$			
		<b>WLE<sup>a</sup></b>	<b>WHE<sup>b</sup></b>	<b>ULE<sup>c</sup></b>	<b>UHE<sup>d</sup></b>
16	215	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
15	207	0,0000	0,0053	0,0000	0,0000
14	220	0,0000	0,0107	0,0000	0,0000
13	303	0,0000	0,0160	0,0000	0,0068
12	372	0,0078	0,0214	0,0000	0,0136
11	367	0,0157	0,0267	0,0000	0,0205
10	424	0,0235	0,0321	0,0000	0,0273
9	376	0,0313	0,0374	0,0128	0,0341
8	484	0,0392	0,0428	0,0257	0,0409
7	456	0,0470	0,0481	0,0385	0,0477
6	358	0,0549	0,0535	0,0514	0,0546
5	399	0,0627	0,0588	0,0642	0,0614

$\theta_{\text{buiten}}$ °C	$t_{\text{H;hp;an};\theta_i}$ h	$f_{Q;\text{H};\theta_i}$			
		WLE <sup>a</sup>	WHE <sup>b</sup>	ULE <sup>c</sup>	UHE <sup>d</sup>
4	324	0,0705	0,0642	0,0771	0,0682
3	304	0,0784	0,0695	0,0899	0,0750
2	236	0,0862	0,0749	0,1028	0,0818
1	301	0,0940	0,0802	0,1156	0,0887
0	183	0,1019	0,0856	0,1285	0,0955
-1	142	0,1097	0,0909	0,1413	0,1023
-2	95	0,1176	0,0963	0,1542	0,1091
-3	49	0,1254	0,1016	0,1670	0,1160
-4	45	0,1332	0,1070	0,1799	0,1228
-5	29	0,1411	0,1123	0,1927	0,1296
-6	11	0,1489	0,1177	0,2056	0,1364
-7	14	0,1567	0,1230	0,2184	0,1432
-8	5	0,1646	0,1284	0,2312	0,1501
-9	4	0,1724	0,1337	0,2441	0,1569
-10	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

a WLE = woning met laag energiegebruik waarvoor geldt:  $Q_{\text{H;nd}}/A_{\text{g;tot}} \leq 41,7 \text{ kWh/m}^2$ .

b WHE = woning met hoog energiegebruik waarvoor geldt:  $Q_{\text{H;nd}}/A_{\text{g;tot}} > 41,7 \text{ kWh/m}^2$ .

c ULE = utiliteitsgebouw met laag energiegebruik waarvoor geldt:  $Q_{\text{H;nd}}/A_{\text{g;tot}} \leq 69,4 \text{ kWh/m}^2$ .

d UHE = utiliteitsgebouw met hoog energiegebruik waarvoor geldt:  $Q_{\text{H;nd}}/A_{\text{g;tot}} > 69,4 \text{ kWh/m}^2$ .

waarin:

$Q_{\text{H;nd}}$  is de totale warmtebehoefte van het gebouw, bepaald als  $3,6 * Q_{\text{H;nd};zi;mi}$ , in MJ, waarbij  $Q_{\text{H;nd};zi;mi}$  gegeven wordt in 7.2.1;

$A_{\text{g;tot}}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van de woning of het woongebouw e.d., bepaald volgens 6.6, in  $\text{m}^2$ .

OPMERKING De warmtevraagfactor is afhankelijk van de toepassing: gebouw en woning of utiliteitsbouw met laag of hoog energiegebruik.

## Q.2.17 Condensordebiet bij ontwerpcondities

Bepaal voor een B/W-, W/W- of L/W-warmtepomp het condensordebiet bij ontwerpcondities,  $F_{\text{water;nom}}$ , volgens:

$$F_{\text{water;nom}} = \frac{P_{\text{H;hp;max;nom}}}{\Delta\theta_{\text{cond}} \times 4182} \quad (\text{Q.47})$$

waarin:

$$P_{\text{H;hp;max;nom}} = p_{\text{max};1} \times \theta_{\text{evap;nom}} \times p_{\text{max};2} \times \theta_{\text{cond;nom}} + p_{\text{max};3} \quad (\text{Q.48})$$

waarin:

- $p_{\text{max};i}$  is een dimensiooze constante, voor maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.4;
- $\theta_{\text{evap;nom}}$  is de operatieve verdampertemperatuur, bij maximaal vermogen, bij ontwerpbedrijfstemperaturen, met de forfaitaire waarde  $8,5^{\circ}\text{C}$  voor W/W-,  $-1,5^{\circ}\text{C}$  voor B/W- en  $-10^{\circ}\text{C}$  voor L/L-warmtepompen;
- $\theta_{\text{cond;nom}}$  is de operatieve condensortemperatuur, bij maximaal vermogen, bij ontwerpbedrijfstemperaturen, volgens tabel Q.7, in  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\Delta\theta_{\text{cond}}$  is het temperatuurverschil over de condensor, bij maximaal vermogen, bij ontwerpbedrijfstemperaturen, volgens tabel Q.7, in  $^{\circ}\text{C}$ .

**Tabel Q.7 — Ontwerptemperaturen als functie van de ontwerp-condensoruitredetemperatuur  $\theta_{\text{cond;out;nom}}$**

	$\theta_{\text{cond;out;nom}} \leq 30^{\circ}\text{C}$ °C	$30^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{cond;out;nom}} \leq 35^{\circ}\text{C}$ °C	$35^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{cond;out;nom}} \leq 40^{\circ}\text{C}$ °C	$40^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{cond;out;nom}} \leq 45^{\circ}\text{C}$ °C	$45^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{cond;out;nom}} \leq 50^{\circ}\text{C}$ °C	$50^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{cond;out;nom}} \leq 55^{\circ}\text{C}$ °C	$55^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{cond;out;nom}} \leq 65^{\circ}\text{C}$ °C	$65^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{cond;out;nom}} \leq 75^{\circ}\text{C}$ °C
$\theta_{\text{cond;nom}}$	28	31,7	36,7	41,7	44,7	49,7	58,3	68,3
$\Delta\theta_{\text{cond}}$	3	5	5	5	8	8	10	10
OPMERKING	Indien een warmtepomp met een gasketel als bijverwarming wordt toegepast, dan mogen voor ontwerptemperaturen boven $55^{\circ}\text{C}$ afwijkende waarden worden toegepast, gebaseerd op het installatieontwerp.							

### Q.3 Voorbereking op meetgegevens

#### Q.3.1 Gemiddelde temperatuurverhoging over de condensor

Bepaal de gemiddelde temperatuurverhoging over de condensor, bij maximaal vermogen,  $dT_{\text{hp;cond;max}}$ , volgens:

$$dT_{\text{hp;cond;max}} = \frac{\sum_i (\theta_{\text{cond;out};i} - \theta_{\text{cond;in};i})}{N} \quad (\text{Q.49})$$

waarin:

- $\theta_{\text{cond;in};i}$  is de ingaande condensortemperatuur bij meting volgens conditie  $i$ , bepaald volgens Q.4.2 voor maximaal vermogen, in  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\theta_{\text{cond;out};i}$  is de uitgaande condensortemperatuur bij meting volgens conditie  $i$ , bepaald volgens Q.4.2 voor maximaal vermogen, in  $^{\circ}\text{C}$ ;

$N$  is het aantal meetcondities bij meting volgens NEN-EN 14511-2:2022, zoals beschreven in Q.4.2.

### Q.3.2 Gemiddelde temperatuurverlaging over de verdamper

Bepaal de gemiddelde temperatuurverlaging over de verdamper, bij maximaal vermogen,  $dT_{hp;evap;max}$ , volgens:

$$dT_{hp;evap;max} = \frac{\sum_i (\theta_{evap;in;i} - \theta_{evap;out;i})}{N} \quad (Q.50)$$

waarin:

$\theta_{evap;in;i}$  is de ingaande verdampertemperatuur bij meting volgens conditie  $i$ , bepaald volgens Q.4.2 voor maximaal vermogen, in °C;

$\theta_{evap;out;i}$  is de uitgaande verdampertemperatuur bij meting volgens conditie  $i$ , bepaald volgens Q.4.2 voor maximaal vermogen, in °C;

$N$  is het aantal meetcondities bij meting volgens NEN-EN 14511-2:2022, zoals beschreven in Q.4.2.

### Q.3.3 COP-constanten bij maximaal verwarmingsvermogen

Bepaal voor B/W-, W/W- en L/W-warmtepompen met (gedeeltelijk) buitenlucht als warmtebron de constanten voor de berekening van de  $COP$  bij *maximaal* verwarmingsvermogen als functie van de operatieve verdamper- en condensortemperatuur,  $c_{max;i}$ , volgens:

$$c_{max;1} = \frac{COP_{H;hp;1} \times (\theta_{cond;2} - \theta_{cond;3}) + COP_{H;hp;2} \times (\theta_{cond;3} - \theta_{cond;1}) + COP_{H;hp;3} \times (\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2})}{\theta_{evap;1} \times (\theta_{cond;2} - \theta_{cond;3}) + \theta_{evap;2} \times (\theta_{cond;3} - \theta_{cond;1}) + \theta_{evap;3} \times (\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2})} \quad (Q.51)$$

$$c_{max;2} = \frac{\theta_{evap;1} \times (COP_{H;hp;2} - COP_{H;hp;3}) + \theta_{evap;2} \times (COP_{H;hp;3} - COP_{H;hp;1}) + \theta_{evap;3} \times (COP_{H;hp;1} - COP_{H;hp;2})}{\theta_{evap;1} \times (\theta_{cond;2} - \theta_{cond;3}) + \theta_{evap;2} \times (\theta_{cond;3} - \theta_{cond;1}) + \theta_{evap;3} \times (\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2})} \quad (Q.52)$$

$$c_{max;3} = \frac{\theta_{evap;1} \times (COP_{H;hp;3} \times \theta_{cond;2} - COP_{H;hp;2} \times \theta_{cond;3}) + \theta_{evap;2} \times (COP_{H;hp;1} \times \theta_{cond;3} - COP_{H;hp;3} \times \theta_{cond;1})}{\theta_{evap;1} \times (\theta_{cond;2} - \theta_{cond;3}) + \theta_{evap;2} \times (\theta_{cond;3} - \theta_{cond;1}) + \theta_{evap;3} \times (\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2})} \\ + \frac{\theta_{evap;3} \times (COP_{H;hp;2} \times \theta_{cond;1} - COP_{H;hp;1} \times \theta_{cond;2})}{\theta_{evap;1} \times (\theta_{cond;2} - \theta_{cond;3}) + \theta_{evap;2} \times (\theta_{cond;3} - \theta_{cond;1}) + \theta_{evap;3} \times (\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2})} \quad (Q.53)$$

OPMERKING 1 Bovenstaande berekening vereist de beschikbaarheid van meetgegevens voor meetcondities 1, 2 en 3.

Bepaal voor L/W-warmtepompen met uitsluitend ventilatielucht als warmtebron de constanten voor de berekening van de  $COP$  bij *maximaal* verwarmingsvermogen als functie van de operatieve condensortemperatuur,  $c_{max;i}$ , volgens:

$$c_{max;1} = 0 \quad (Q.54)$$

$$c_{\max;2} = \frac{COP_{H;hp;1} - COP_{H;hp;2}}{\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2}} \quad (Q.55)$$

$$c_{\max;3} = \frac{\theta_{cond;1} \times COP_{H;hp;2} - \theta_{cond;2} \times COP_{H;hp;1}}{\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2}} \quad (Q.56)$$

OPMERKING 2 Bovenstaande berekening vereist de beschikbaarheid van meetgegevens voor meetcondities 1 en 2.

Bepaal voor L/L-warmtepompen de constanten voor de berekening van de *COP* bij *maximaal verwarmingsvermogen* als functie van de operatieve verdampertemperatuur,  $c_{\max;i}$ , volgens:

$$c_{\max;1} = \frac{COP_{H;hp;1} - COP_{H;hp;3}}{\theta_{evap;1} - \theta_{evap;3}} \quad (Q.57)$$

$$c_{\max;2} = 0 \quad (Q.58)$$

$$c_{\max;3} = \frac{\theta_{evap;1} \times COP_{H;hp;3} - \theta_{evap;3} \times COP_{H;hp;1}}{\theta_{evap;1} - \theta_{evap;3}} \quad (Q.59)$$

OPMERKING 3 Bovenstaande berekening vereist de beschikbaarheid van meetgegevens voor meetcondities 1 en 3.

waarin:

$COP_{H;hp;i}$  is de *COP* van de warmtepomp bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2;

$\theta_{evap;i}$  is de operatieve verdampertemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.5, in °C;

$\theta_{cond;i}$  is de operatieve condensortemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.5, in °C.

De index  $i$  heeft de waarde 1, 2 of 3, corresponderend met de meetcondities, zoals beschreven in Q.4.2.

### Q.3.4 Vermogensconstanten van het maximaal verwarmingsvermogen

Bepaal voor B/W-, W/W- en L/W-warmtepompen met (gedeeltelijk) buitenlucht als warmtebron de constanten voor de berekening van het maximaal verwarmingsvermogen als functie van de operatieve verdamper- en condensortemperatuur,  $p_{\max;i}$ , volgens:

$$p_{\max;1} = \frac{P_{H;hp;1} \times (\theta_{cond;2} - \theta_{cond;3}) + P_{H;hp;2} \times (\theta_{cond;3} - \theta_{cond;1}) + P_{H;hp;3} \times (\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2})}{\theta_{evap;1} \times (\theta_{cond;2} - \theta_{cond;3}) + \theta_{evap;2} \times (\theta_{cond;3} - \theta_{cond;1}) + \theta_{evap;3} \times (\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2})} \quad (Q.60)$$

$$p_{\max;2} = \frac{\theta_{evap;1} \times (P_{H;hp;2} - P_{H;hp;3}) + \theta_{evap;2} \times (P_{H;hp;3} - P_{H;hp;1}) + \theta_{evap;3} \times (P_{H;hp;1} - P_{H;hp;2})}{\theta_{evap;1} \times (\theta_{cond;2} - \theta_{cond;3}) + \theta_{evap;2} \times (\theta_{cond;3} - \theta_{cond;1}) + \theta_{evap;3} \times (\theta_{cond;1} - \theta_{cond;2})} \quad (Q.61)$$

$$\begin{aligned}
 p_{\max;3} = & \frac{\theta_{\text{evap};1} \times (P_{\text{H;hp};3} \times \theta_{\text{cond};2} - P_{\text{H;hp};2} \times \theta_{\text{cond};3}) + \theta_{\text{evap};2} \times (P_{\text{H;hp};1} \times \theta_{\text{cond};3} - P_{\text{H;hp};3} \times \theta_{\text{cond};1})}{\theta_{\text{evap};1} \times (\theta_{\text{cond};2} - \theta_{\text{cond};3}) + \theta_{\text{evap};2} \times (\theta_{\text{cond};3} - \theta_{\text{cond};1}) + \theta_{\text{evap};3} \times (\theta_{\text{cond};1} - \theta_{\text{cond};2})} \\
 & + \frac{\theta_{\text{evap};3} \times (P_{\text{H;hp};2} \times \theta_{\text{cond};1} - P_{\text{H;hp};1} \times \theta_{\text{cond};2})}{\theta_{\text{evap};1} \times (\theta_{\text{cond};2} - \theta_{\text{cond};3}) + \theta_{\text{evap};2} \times (\theta_{\text{cond};3} - \theta_{\text{cond};1}) + \theta_{\text{evap};3} \times (\theta_{\text{cond};1} - \theta_{\text{cond};2})} \quad (Q.62)
 \end{aligned}$$

OPMERKING 1 Bovenstaande berekening vereist de beschikbaarheid van meetgegevens voor meetcondities 1, 2 en 3.

Bepaal voor L/W-warmtepompen met uitsluitend ventilatielucht als warmtebron de constanten voor de berekening van het maximaal verwarmingsvermogen als functie van de operatieve condensortemperatuur,  $p_{\max;i}$ , volgens:

$$p_{\max;1} = 0 \quad (Q.63)$$

$$p_{\max;2} = \frac{P_{\text{H;hp};1} - P_{\text{H;hp};2}}{\theta_{\text{cond};1} - \theta_{\text{cond};2}} \quad (Q.64)$$

$$p_{\max;3} = \frac{\theta_{\text{cond};1} \times P_{\text{H;hp};2} - \theta_{\text{cond};2} \times P_{\text{H;hp};1}}{\theta_{\text{cond};1} - \theta_{\text{cond};2}} \quad (Q.65)$$

OPMERKING 2 Bovenstaande berekening vereist de beschikbaarheid van meetgegevens voor meetcondities 1 en 2.

Bepaal voor L/L-warmtepompen de constanten voor de berekening van het maximaal verwarmingsvermogen als functie van de operatieve verdampertemperatuur,  $p_{\max;i}$ , volgens:

$$p_{\max;1} = \frac{P_{\text{H;hp};1} - P_{\text{H;hp};3}}{\theta_{\text{evap};1} - \theta_{\text{evap};3}} \quad (Q.66)$$

$$p_{\max;2} = 0 \quad (Q.67)$$

$$p_{\max;3} = \frac{\theta_{\text{evap};1} \times P_{\text{H;hp};3} - \theta_{\text{evap};3} \times P_{\text{H;hp};1}}{\theta_{\text{evap};1} - \theta_{\text{evap};3}} \quad (Q.68)$$

OPMERKING 3 Bovenstaande berekening vereist de beschikbaarheid van meetgegevens voor meetcondities 1 en 3.

waarin:

$P_{\text{H;hp};i}$  is het verwarmingsvermogen van de warmtepomp bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.1, in kW;

$\theta_{\text{evap};i}$  is de operatieve verdampertemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.5, in °C;

$\theta_{\text{cond};i}$  is de operatieve condensortemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.5, in °C.

### Q.3.5 Operatieve verdamper- en condensortemperatuur bij *maximaal vermogen*

Bepaal de operatieve verdamper- en condensortemperatuur bij *maximaal vermogen* bij alle gemeten condities  $i$  volgens:

$$\theta_{\text{evap};i} = \frac{\theta_{\text{evap};\text{in};i} + \theta_{\text{evap};\text{out};i}}{2} \quad (\text{Q.69})$$

en:

$$\theta_{\text{cond};i} = \frac{2 \times \theta_{\text{cond};\text{in};i} + \theta_{\text{cond};\text{out};i}}{3} \quad (\text{Q.70})$$

waarin:

- $\theta_{\text{evap};i}$  is de operatieve verdamptemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, in °C;
- $\theta_{\text{cond};i}$  is de operatieve condensortemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, in °C;
- $\theta_{\text{evap};\text{in};i}$  is de ingaande verdamptemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2, in °C;
- $\theta_{\text{evap};\text{out};i}$  is de uitgaande verdamptemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2, in °C;
- $\theta_{\text{cond};\text{in};i}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2, in °C;
- $\theta_{\text{cond};\text{out};i}$  is de uitgaande condensortemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2, in °C.

De index  $i$  heeft de waarde 1, 2, 3 of 4, corresponderend met de meetcondities, zoals beschreven in Q.4.2.

### Q.3.6 COP-constanten bij deellastvermogen

Bepaal voor modulerende B/W-, W/W- en L/W-warmtepompen de constanten voor de berekening van de *COP* bij *deellastvermogen* als functie van de operatieve verdamper- en condensortemperatuur,  $c_{plj;i}$ , volgens:

$$c_{plj;1} = c_{\text{max};1} \quad (\text{Q.71})$$

$$c_{plj;2} = \left( \frac{COP_{H;hp;plj,t1} - COP_{H;hp;plj,t2}}{\theta_{\text{cond};plj,t1} - \theta_{\text{cond};plj,t2}} \right) / f_{\text{cor};\text{bu}} \quad (\text{Q.72})$$

$$c_{plj;3} = \left( \frac{\theta_{\text{cond};plj,t1} \times COP_{H;hp;plj,t2} - \theta_{\text{cond};plj,t2} \times COP_{H;hp;plj,t1}}{\theta_{\text{cond};plj,t1} - \theta_{\text{cond};plj,t2}} \right) / f_{\text{cor};\text{bu}} - c_{plj,1} \times \theta_{\text{evap};plj,t1} \quad (\text{Q.73})$$

OPMERKING 1 Bovenstaande berekening vereist de beschikbaarheid van meetgegevens voor meetcondities 1 en 2.

Bepaal voor modulerende L/L-warmtepompen de maximale carnotfactor,  $F_{C;\max}$ , en de carnotfactoren per deellast,  $F_{C;plj}$ , voor de begrenzing van de  $COP$  bij *deellastvermogen* volgens:

$$F_{C;\max} = \max(F_{C;plj}) \quad (Q.73A)$$

waarin:

$$F_{C;plj} = COP_{H;hp;plj,t1} \times (\theta_{\text{cond};plj,t1} - \theta_{\text{evap};plj,t1}) / (273,15 + \theta_{\text{cond};plj,t1}) \quad (Q.73B)$$

Bepaal voor modulerende L/L-warmtepompen de constanten voor de berekening van de  $COP$  bij *deellastvermogen* als functie van de operatieve verdampertemperatuur,  $c_{plj;i}$ , volgens:

$$c_{plj;1} = c_{\max;1} \quad (Q.74)$$

$$c_{plj;2} = c_{\max;2} \quad (Q.75)$$

$$c_{plj;3} = COP_{H;hp;plj,t1} / f_{\text{cor};bu} - c_{plj;1} \times \theta_{\text{evap};plj,t1} \quad (Q.76)$$

OPMERKING 2 Bovenstaande berekening vereist de beschikbaarheid van meetgegevens voor meetcondities 1 en 3.

waarin voor  $plj = 2$ :

$$f_{\text{cor};bu} = f_{\text{cor};bu;\max} \quad (Q.77)$$

En voor alle andere waarden van  $plj$ :

$$f_{\text{cor};bu} = 1 \quad (Q.78)$$

waarin:

$c_{\max;i}$  is een dimensiooze constante, voor maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.3;

$COP_{H;hp;plj,ti}$  is de  $COP$  van de warmtepomp, bij deellastvermogen  $plj$ , bij temperatuurbereik  $ti$ , bepaald volgens Q.4.3;

$\theta_{\text{cond};plj,ti}$  is de operatieve condensor temperatuur, bij deellastvermogen  $plj$ , bij temperatuurbereik  $ti$ , bepaald volgens Q.3.7, in °C;

$f_{\text{cor};bu;\max}$  is de maximale correctiefactor voor de  $COP$ , bepaald volgens Q.3.8;

$\theta_{\text{evap};i}$  is de operatieve verdampertemperatuur, bij conditie  $i$ , bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.5, in °C.

De index  $plj$  heeft de waarden 0/1/2/3/4, corresponderend met een condensorvermogen van (100/88/54/35/15 %) van het maximaal vermogen; de index  $ti$  heeft de waarde 1 of 2, corresponderend met het temperatuurbereik LT of IT/MT/HT; zoals beschreven in Q.4.3.

### **Q.3.7 Operatieve verdamper- en condensortemperatuur bij deellastvermogen**

Bepaal voor een modulerende warmtepomp de operatieve verdamper- en condensortemperatuur bij alle gemeten *deellast*-condensorvermogens  $plj$  voor beide temperatuurbereiken  $ti$  volgens:

$$\theta_{\text{evap};plj,ti} = \frac{\theta_{\text{evap};in;plj,ti} + \theta_{\text{evap};out;plj,ti}}{2} \quad (\text{Q.79})$$

en:

$$\theta_{\text{cond};plj,ti} = \frac{2 \times \theta_{\text{cond};in;plj,ti} + \theta_{\text{cond};out;plj,ti}}{3} \quad (\text{Q.80})$$

waarin:

$\theta_{\text{evap};plj,ti}$  is de operatieve verdampertemperatuur, bij deellastvermogen  $plj$ , bij temperatuurbereik  $ti$ , in °C;

$\theta_{\text{cond};plj,ti}$  is de operatieve condensortemperatuur, bij deellastvermogen  $plj$ , bij temperatuurbereik  $ti$ , in °C;

$\theta_{\text{evap};in;plj,ti}$  is de ingaande verdampertemperatuur, bij deellastvermogen  $plj$ , bij temperatuurbereik  $ti$ , bepaald volgens Q.4.3, in °C;

$\theta_{\text{evap};out;plj,ti}$  is de uitgaande verdampertemperatuur, bij deellastvermogen  $plj$ , bij temperatuurbereik  $ti$ , bepaald volgens Q.4.3, in °C;

$\theta_{\text{cond};in;plj,ti}$  is de ingaande condensortemperatuur, bij deellastvermogen  $plj$ , bij temperatuurbereik  $ti$ , bepaald volgens Q.4.3, in °C;

$\theta_{\text{cond};out;plj,ti}$  is de uitgaande condensortemperatuur, bij deellastvermogen  $plj$ , bij temperatuurbereik  $ti$ , bepaald volgens Q.4.3, in °C.

De index  $plj$  heeft de waarden 0/1/2/3/4, corresponderend met een condensorvermogen van 100 %/88 %/54 %/35 %/15 % van het maximaal vermogen; de index  $ti$  heeft de waarde 1 of 2, corresponderend met het LT- of IT-/MT-/HT-temperatuurbereik; zoals beschreven in Q.4.3.

### **Q.3.8 Correctiefactor *COP* voor L/W- en L/L-warmtepompen**

Voor een B/W- of W/W-warmtepomp of een L/W-warmtepomp met uitsluitend ventilatielucht als warmtebron heeft de maximale correctiefactor voor de  $COP, f_{\text{cor};bu;\max}$ , de waarde 1,0.

Indien voor een L/W-warmtepomp met (gedeeltelijk) buitenlucht als warmtebron of een L/L-warmtepomp geen meetgegevens beschikbaar zijn bij conditie 4 (ingaande verdampertemperatuur 2/1 °C) dan heeft de maximale correctiefactor voor de  $COP, f_{\text{cor};bu;\max}$ , de waarde 0,75.

Als deze meetgegevens wel beschikbaar zijn, moet de maximale correctiefactor worden bepaald volgens:

$$f_{\text{cor},\text{bu},\text{max}} = COP_{\text{H,hp},4} / COP_{\text{H,hp},\theta_i=2} \quad (\text{Q.81})$$

waarin:

$$f_{\text{cor},\text{bu},\text{max}} \leq 1 \quad (\text{Q.82})$$

en:

$$COP_{\text{H,hp},\theta_i=2} = c_{\text{max},1} \times \theta_{\text{evap},i} + c_{\text{max},2} \times \theta_{\text{cond},i} + c_{\text{max},3} \quad (\text{Q.83})$$

waarin:

- $f_{\text{cor},\text{bu},\text{max}}$  is de maximale correctiefactor voor de  $COP$ ;
- $COP_{\text{H,hp},4}$  is de  $COP$  van de warmtepomp bij conditie 4, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.4.2;
- $c_{\text{max},i}$  is een dimensiooze constante, voor maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.3;
- $\theta_{\text{evap},i}$  is de operatieve verdampertemperatuur, bij conditie 4, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.5, in °C;
- $\theta_{\text{cond},i}$  is de operatieve condensortemperatuur, bij conditie 4, bij maximaal vermogen, bepaald volgens Q.3.5, in °C.

## Q.4 Meting energieprestaties warmtepomp

### Q.4.1 Principe

De prestaties van een aan/uit-schakelende warmtepomp worden alleen bij maximaal vermogen bepaald volgens Q.4.2. De prestaties van een modulerende warmtepomp moeten tevens bij verschillende deellastvermogens worden bepaald volgens Q.4.3.

In Q.4.4 wordt een overzicht gegeven van de overige gegevens van de warmtepomp die door de fabrikant moeten worden opgegeven.

### Q.4.2 Maximaal vermogen

De prestaties van een B/W- of W/W-warmtepomp bij maximaal vermogen moeten worden gemeten volgens NEN-EN 14511-2:2022. Hierbij moet worden gemeten bij de in tabel Q.8 vermelde waarden. Voor de keuze van meetconditie 2 zijn er drie mogelijkheden (IT/MT/HT). Welke van de drie toegepast wordt is afhankelijk van de volgende overwegingen:

- Indien het toestel slechts voor één conditie 2 beproefd wordt, moet de hoogste condensortemperatuur worden toegepast die het toestel kan leveren.
- Indien het toestel bij verschillende condities 2 beproefd wordt, moet in de bepaling van de  $COP$  de hoogste condensortemperatuur worden toegepast die bij de ontwerptemperatuur van het afgiftesysteem van toepassing is, zoals aangegeven in tabel Q.8.

**Tabel Q.8 — Meetcondities bij maximaal vermogen voor B/W- of W/W-warmtepomp**

Type warmtepomp	Tabel NEN-EN 14511-2	Conditie	Verdamper		Condensor	
			Ingaande temperatuur °C	Uitgaande temperatuur °C	Ingaande temperatuur °C	Uitgaande temperatuur °C
B/W	Tabel 7 LT	1	0	-3	30	35
	Tabel 8 IT	2a	0	-3	40	45
	Tabel 9 MT	2b	0	-3	47	55
	Tabel 10 HT	2c	0	-3	55	65
	Tabel 7 LT <sup>b</sup>	3	5	(2) <sup>a</sup>	(30) <sup>a</sup>	35
W/W	Tabel 7 LT	1	10	7	30	35
	Tabel 8 IT	2a	10	7	40	45
	Tabel 9 MT	2b	10	7	47	55
	Tabel 10 HT	2c	10	7	55	65
	Tabel 7 LT <sup>b</sup>	3	15	(12) <sup>a</sup>	(30) <sup>a</sup>	35

<sup>a</sup> De beproeving wordt gedaan bij het debiet verkregen gedurende de beproeving bij de corresponderende standaard meetconditie (NEN-EN 14511-2:2022).  
<sup>b</sup> Indien voor reeds beproefde toestellen deze meting bij een hogere uitgaande condensortemperatuur is uitgevoerd, mag deze worden toegepast in plaats van de voor nieuwe toestellen vereiste 35 °C.  
OPMERKING Conditie 3 betreft de afwijkende verdampertemperatuur

De prestaties van de L/W-warmtepomp bij maximaal vermogen moeten worden gemeten volgens NEN-EN 14511-2:2022. Hierbij moet worden gemeten bij de in tabel Q.9 vermelde waarden, afhankelijk van de toepassing. Voor de keuze van meetconditie 2 zijn er drie mogelijkheden (IT/MT/HT). Welke van de drie toegepast wordt is afhankelijk van de volgende overwegingen:

- Indien het toestel slechts voor één conditie 2 beproefd wordt, moet de hoogste condensortemperatuur worden toegepast die het toestel kan leveren.
- Indien het toestel bij verschillende condities 2 beproefd wordt, moet in de bepaling van de *COP* de hoogste condensortemperatuur worden toegepast die bij de ontwerptemperatuur van het afgiftesysteem van toepassing is, zoals aangegeven in tabel Q.9.

Lucht-naar-waterwarmtepompen die gebruikmaken van zowel buitenlucht als ventilatielucht als bron moeten bij meting als ingaande luchtconditie een combinatie van de drie relevante buitenluchtcondities en de corresponderende ventilatieluchtcondities (met dezelfde afgiftetemperatuur) nemen. De mengverhouding bij meting wordt bepaald op eenzelfde manier als beschreven in Q.2.14. Hierbij mag de factor  $f_{buitenlucht}$  zoals gehanteerd bij meting maximaal 20 % af wijken van de buitenluchtfactor,  $f_{buitenlucht}$ , zoals gehanteerd voor de bepaling van het jaarlijksgemiddelde opwekkingsrendement.

Lucht-naar-waterwarmtepompen waarbij het luchtdebit variabel is, kunnen per hierboven voorgeschreven conditie bij meer luchtdebieten worden beproefd. Hierbij mogen de verschillende meetpunten niet meer dan 100 m<sup>3</sup>/h luchtdebit uit elkaar liggen. Voor de

bepaling van de energieprestatie van een specifiek gebouw moeten de aangepaste meetgegevens die gaan worden gebruikt bij de bepaling van de *COP*, het ontwerpvermogen en de energiefractie, worden bepaald bij het desbetreffende luchtdebit door interpolatie van de meetgegevens volgens tabel Q.9.

**OPMERKING 1** Een voorbeeld van een L/W-warmtepomp met variabel luchtdebit is een warmtepomp met ventilatielucht als warmtebron waarbij afhankelijk van het vloeroppervlak een ventilatiedebiet wordt ingesteld.

**Tabel Q.9 — Meetcondities bij maximaal vermogen voor L/W-warmtepomp**

Toepassing	Tabel NEN-EN 14511-2	Conditie	Verdamper		Condensor	
			Ingaande drogebol-temperatuur °C	Ingaande nattebol-temperatuur °C	Ingaande temperatuur °C	Uitgaande temperatuur °C
Buitenlucht	Tabel 12 LT	1	7	6	30	35
	Tabel 13 IT	2a	7	6	40	45
	Tabel 14 MT	2b	7	6	47	55
	Tabel 15 HT	2c	7	6	55	65
	Tabel 12 LT	3	-7	-8	a	35
	Niet verplicht	4	2	1	a	35
Buitenlucht of buitenlucht en ventilatielucht (indien -7°C niet in het werkingsgebied van de warmtepomp valt)	Tabel 12 LT	1	7	6	30	35
	Tabel 13 IT	2a	7	6	40	45
	Tabel 14 MT	2b	7	6	47	55
	Tabel 15 HT	2c	7	6	55	65
	Tabel 12 LT	3	2	1	a	35
Uitsluitend ventilatielucht	Tabel 12 LT	1	20	12	a	35
	Tabel 13 IT	2a	20	12	40	45
	Tabel 14 MT	2b	20	12	47	55
	Tabel 15 HT	2c	20	12	55	65

<sup>a</sup> De beproeving wordt gedaan bij het debiet verkregen gedurende de beproeving bij de corresponderende standaard meetconditie (NEN-EN 14511-2:2022).

**OPMERKING 1** Conditie 3 betreft de afwijkende verdampertemperatuur en moet bij de lage condensortemperatuur zijn bepaald.

**OPMERKING 2** Conditie 4 is niet verplicht. Deze meting wordt gebruikt om de dip in de *COP* te bepalen die optreedt door bevriezing/ontdooicyclus. Als geen meetwaarde bekend is wordt hiervoor een forfataire waarde toegepast.

De prestaties van de L/L-warmtepomp bij maximaal vermogen moeten worden gemeten volgens NEN-EN 14511-2:2022. Hierbij moet worden gemeten bij de in tabel Q.10 vermelde waarden, afhankelijk van het werkingsgebied.

**Tabel Q.10 — Meetcondities bij maximaal vermogen voor L/L-warmtepomp**

NEN-EN 14511-2:2022, tabel 3	<b>Conditie</b>	<b>Verdamper</b>		<b>Condensor</b>	
		Ingaande drogebol-temperatuur °C	Ingaande nattebol-temperatuur °C	Ingaande drogebol-temperatuur °C	Ingaande nattebol-temperatuur °C
	1	7	6	20	15 max
Indien -7°C in het werkings-gebied van de warmtepomp valt	3a	-7	-8	20	15 max
Indien -7°C niet in het werkings-gebied van de warmtepomp valt	3b				
Indien -7°C in het werkings-gebied van de warmtepomp valt - niet verplicht	4	2	1	20	15 max
OPMERKING Conditie 4 is niet verplicht. Deze meting wordt gebruikt om de dip in de COP te bepalen die optreedt door bevriezing/ontdooicyclus. Als geen meetwaarde bekend is wordt hiervoor een forfataire waarde toegepast.					

Bepaal eenmalig het stand-by-hulpenergiegebruik van de warmtepomp, in W.

Bij alle drie de metingen volgens NEN-EN 14511-2:2022 moeten de volgende variabelen worden gemeten:

- totaal opgenomen elektrisch vermogen, in W;  
hierbij moet voor B/W- en W/W-warmtepompen worden aangegeven of dit inclusief de hulpenergie van de bronpomp en/of de circulatiepomp van het verwarmingssysteem is, indien van toepassing;
- hulpenergiegebruik van de bronpomp, in W, voor B/W- en W/W-warmtepompen; indien dit verbruik deel uitmaakt van het totaal elektrisch vermogen;
- hulpenergiegebruik van de circulatiepomp van het verwarmingssysteem, in W, indien van toepassing;  
indien dit verbruik deel uitmaakt van het totaal elektrisch vermogen;
- hulpenergiegebruik van de ventilator van de binnenunit(s), in W, indien van toepassing;  
indien dit verbruik deel uitmaakt van het totaal elektrisch vermogen;
- ingaande en uitgaande verdampertemperatuur, in °C;
- ingaande en uitgaande condensortemperatuur, in °C;
- verdamperdebiet voor B/W- en W/W-warmtepompen, in m<sup>3</sup>/s;
- condensordebiet voor B/W-, W/W- en L/W-warmtepompen, in m<sup>3</sup>/s;
- extern drukverschil verdamperzijdig voor B/W- en W/W-warmtepompen; in kPa;

- extern drukverschil condensorzijdig voor B/W-, W/W- en L/W-warmtepompen; in kPa;
- voor- en nadraaitijd van de bronpomp en de circulatiepomp van het verwarmingssysteem.

Bepaal bij de verschillende relevante condities uit tabel Q.6:

- verdampervermogen, in kW;  
alleen vereist voor B/W- en W/W-warmtepompen als de bronzijde met water is gevuld;
- condensorvermogen, in kW;
- het compressorvermogen in kW, door het totaal opgenomen elektrisch vermogen te verminderen met het hulpenergiegebruik van de bronpomp, de circulatiepomp van het verwarmingssysteem en het stand-by-verbruik; indien tijdens de metingen een externe bronpomp en/of circulatiepomp van het verwarmingssysteem is toegepast, dan behoeft het compressorvermogen hiervoor niet te worden gecorrigeerd;
- de *COP* als quotiënt van het condensorvermogen en het compressorvermogen.

Indien geen pompvermogen(s) gemeten is (zijn), mag een conservatieve benadering van het pompvermogen worden toegepast, gebaseerd op het gemeten debiet en het gemeten drukverschil. Indien pompkarakteristieken beschikbaar zijn, mogen deze worden gebruikt om het pompvermogen te bepalen.

Dit resulteert in meetresultaten, zoals aangegeven in tabel Q.11.

**Tabel Q.11 — Meetresultaten bij maximaal vermogen**

	Verdampertemperatuur		Condensortemperatuur			
	Ingaand °C	Uitgaand °C	Ingaand °C	Uitgaand °C	<i>COP</i> —	Verwarmings- vermogen kW
Conditie 1	$\theta_{\text{evap,in};1}$	$\theta_{\text{evap,out};1}$	$\theta_{\text{cond,in};1}$	$\theta_{\text{cond,out};1}$	$COP_{\text{H,HP};1}$	$P_{\text{H,HP};1}$
Conditie 2	$\theta_{\text{evap,in};2}$	$\theta_{\text{evap,out};2}$	$\theta_{\text{cond,in};2}$	$\theta_{\text{cond,out};2}$	$COP_{\text{H,HP};2}$	$P_{\text{H,HP};2}$
Conditie 3	$\theta_{\text{evap,in};3}$	$\theta_{\text{evap,out};3}$	$\theta_{\text{cond,in};3}$	$\theta_{\text{cond,out};3}$	$COP_{\text{H,HP};3}$	$P_{\text{H,HP};3}$
Conditie 4	$\theta_{\text{evap,in};4}$	$\theta_{\text{evap,out};4}$	$\theta_{\text{cond,in};4}$	$\theta_{\text{cond,out};4}$	$COP_{\text{H,HP};4}$	$P_{\text{H,HP};4}$
OPMERKING 1	Alleen in te vullen voor de relevante condities.					

#### Q.4.3 Deellastvermogen

De prestaties van een modulerende B/W- of W/W-warmtepomp moeten in deellast worden gemeten volgens NEN-EN 14825. Hierbij moet worden gemeten bij twee reeksen van vijf deellastmetingen bij de in tabel Q.12 vermelde waarden; bij voorkeur bij LT en MT/HT (zie gemarkeerde meetpunten).

Tabel Q.12 — Meetcondities bij deellast

Tabel NEN-EN 14825	Verdamper			Condensor		Deellast
Temperatuur- bereik	Ingaande temperatuur °C		Uitgaande temperatuur °C	Ingaande temperatuur °C	Uitgaande temperatuur °C	Condensor- vermogen %
	B/W	W/W				
Tabel 12 LT	0	10	x	x	35	100
	0	10	x	x	34	88
	0	10	x	x	30	54
	0	10	x	x	27	35
	0	10	x	x	24	15
Tabel 13 IT	0	10	x	x	45	100
	0	10	x	x	43	88
	0	10	x	x	37	54
	0	10	x	x	33	35
	0	10	x	x	28	15
Tabel 14 MT	0	10	x	x	55	100
	0	10	x	x	52	88
	0	10	x	x	42	54
	0	10	x	x	36	35
	0	10	x	x	30	15
Tabel 15 HT	0	10	x	x	65	100
	0	10	x	x	61	88
	0	10	x	x	49	54
	0	10	x	x	41	35
	0	10	x	x	32	15
OPMERKING 1 De beproeving wordt uitgevoerd bij het debiet verkregen gedurende de beproeving bij de corresponderende standaardmeetconditie (NEN-EN 14511-2:2022). OPMERKING 2 Indien voor reeds beproefde toestellen deze meting bij een hogere uitgaande condensortemperatuur is uitgevoerd, mag deze worden toegepast in plaats van de voor nieuwe toestellen vereiste 35 °C.						

De prestaties van een modulerende L/W-warmtepomp moeten in deellast worden gemeten volgens NEN-EN 14825. Hierbij moet worden gemeten bij twee reeksen van vijf deellastmetingen bij de in tabel Q.13 vermelde waarden; bij voorkeur bij LT en MT/HT (zie gemarkeerde meetpunten).

Tabel Q.13 — Meetcondities bij deellast L/W

Tabel NEN-EN 14825	Verdamper			Condensor		Deellast
Temperatuur- bereik	Ingaande temperatuur °C		Uitgaande temperatuur °C	Ingaande temperatuur °C	Uitgaande temperatuur °C	Condensor- vermogen %
	Droge bol	Natte bol				
Tabel 8 LT	TOL		x	x	35	100
	-7	-8	x	x	34	88
	2	1	x	x	30	54
	7	6	x	x	27	35
	12	11	x	x	24	15
Tabel 9 IT	TOL		x	x	45	100
	-7	-8	x	x	43	88
	2	1	x	x	37	54
	7	6	x	x	33	35
	12	11	x	x	28	15
Tabel 10 MT	TOL		x	x	55	100
	-7	-8	x	x	52	88
	2	1	x	x	42	54
	7	6	x	x	36	35
	12	11	x	x	30	15
Tabel 11 HT	TOL		x	x	65	100
	-7	-8	x	x	61	88
	2	1	x	x	49	54
	7	6	x	x	41	35
	12	11	x	x	32	15
<p>OPMERKING 1 De beproeving wordt uitgevoerd bij het debiet verkregen gedurende de beproeving bij de corresponderende standaardmeetconditie (NEN-EN 14511-2:2022).</p> <p>OPMERKING 2 Indien voor reeds beproefde toestellen deze meting bij een hogere uitgaande condensortemperatuur is uitgevoerd, mag deze worden toegepast in plaats van de voor nieuwe toestellen vereiste 35 °C.</p> <p>OPMERKING 3 Voor warmtepompen met uitsluitend ventilatielucht als warmtebron is de ingaande temperatuur voor droge bol 20 °C en natte bol 12 °C voor alle beproevingen.</p>						

De prestaties van een modulerende L/L-warmtepomp moeten in deellast worden gemeten volgens NEN-EN 14825. Hierbij moet worden gemeten bij de volledige reeks van vijf deellastmetingen bij de in tabel Q.14 vermelde waarden.

**OPMERKING** Voor de operation limit temperature (TOL) geldt bij voorkeur de conditie -10 °C. Ook mag de TOL worden aangehouden zoals toegepast bij de EN 14825-test bij conditie E (Table 6 – Part load conditions for air-to-air units for the reference heating seasons, “A” = average, “W” = warmer and “C” = colder). De operation limit temperature (TOL) mag echter nooit hoger zijn dan -7 °C.

**Tabel Q.14 — Meetcondities bij deellast L/L**

Tabel NEN-EN 14825	Verdamper			Condensor		Deellast
Temperatuur- bereik	Ingaande temperatuur °C		Uitgaande temperatuur °C	Ingaande temperatuur °C	Uitgaande temperatuur °C	Condensor- vermogen %
	Droge bol	Natte bol		Droge bol		
Tabel 6	TOL		x	20		100
	-7	-8	x	20		88
	2	1	x	20		54
	7	6	x	20		35
	12	11	x	20		15

Bij alle metingen volgens NEN-EN 14825 moeten dezelfde variabelen worden gemeten en vervolgens bepaald als bij de metingen bij maximaal vermogen.

**OPMERKING** Voor de operation limit temperature (TOL) geldt bij voorkeur de conditie -10 °C. Ook mag de TOL worden aangehouden zoals toegepast bij de EN 14825-test bij conditie E (Table 6 – Part load conditions for air-to-air units for the reference heating seasons, “A” = average, “W” = warmer and “C” = colder). De operation limit temperature (TOL) mag echter nooit hoger zijn dan -7 °C.

Dit resulteert in meetresultaten, zoals aangegeven in tabel Q.15.

**Tabel Q.15 — Meetresultaten bij deellastvermogen**

Conditie		Verdampertemperatuur		Condensor temperatuur			
Condensor-vermogen %	Temperatuur-bereik	Ingaand °C	Uitgaand °C	Ingaand °C	Uitgaand °C	COP	Verwarmings-vermogen kW
100	LT	$\theta_{\text{evap,in;0,1}}$	$\theta_{\text{evap,out;0,1}}$	$\theta_{\text{cond,in;0,1}}$	$\theta_{\text{cond,out;0,1}}$	$COP_{H;hp;0,1}$	$P_{H;hp;0,1}$
88		$\theta_{\text{evap,in;1,1}}$	$\theta_{\text{evap,out;1,1}}$	$\theta_{\text{cond,in;1,1}}$	$\theta_{\text{cond,out;1,1}}$	$COP_{H;hp;1,1}$	$P_{H;hp;1,1}$
54		$\theta_{\text{evap,in;2,1}}$	$\theta_{\text{evap,out;2,1}}$	$\theta_{\text{cond,in;2,1}}$	$\theta_{\text{cond,out;2,1}}$	$COP_{H;hp;2,1}$	$P_{H;hp;2,1}$
35		$\theta_{\text{evap,in;3,1}}$	$\theta_{\text{evap,out;3,1}}$	$\theta_{\text{cond,in;3,1}}$	$\theta_{\text{cond,out;3,1}}$	$COP_{H;hp;3,1}$	$P_{H;hp;3,1}$
15		$\theta_{\text{evap,in;4,1}}$	$\theta_{\text{evap,out;4,1}}$	$\theta_{\text{cond,in;4,1}}$	$\theta_{\text{cond,out;4,1}}$	$COP_{H;hp;4,1}$	$P_{H;hp;4,1}$
100	IT/MT/HT (voor B/W-, W/W- en L/W-warmtepompen)	$\theta_{\text{evap,in;0,2}}$	$\theta_{\text{evap,out;0,2}}$	$\theta_{\text{cond,in;0,2}}$	$\theta_{\text{cond,out;0,2}}$	$COP_{H;hp;0,2}$	$P_{H;hp;0,2}$
88		$\theta_{\text{evap,in;1,2}}$	$\theta_{\text{evap,out;1,2}}$	$\theta_{\text{cond,in;1,2}}$	$\theta_{\text{cond,out;1,2}}$	$COP_{H;hp;1,2}$	$P_{H;hp;1,2}$
54		$\theta_{\text{evap,in;2,2}}$	$\theta_{\text{evap,out;2,2}}$	$\theta_{\text{cond,in;2,2}}$	$\theta_{\text{cond,out;2,2}}$	$COP_{H;hp;2,2}$	$P_{H;hp;2,2}$
35		$\theta_{\text{evap,in;3,2}}$	$\theta_{\text{evap,out;3,2}}$	$\theta_{\text{cond,in;3,2}}$	$\theta_{\text{cond,out;3,2}}$	$COP_{H;hp;3,2}$	$P_{H;hp;3,2}$
15		$\theta_{\text{evap,in;4,2}}$	$\theta_{\text{evap,out;4,2}}$	$\theta_{\text{cond,in;4,2}}$	$\theta_{\text{cond,out;4,2}}$	$COP_{H;hp;4,2}$	$P_{H;hp;4,2}$
OPMERKING 1	De metingen bij 100 % condensorvermogen komen overeen met de metingen bij conditie 1 en 2 bij maximaal vermogen.						
OPMERKING 2	De temperaturen zijn bepaald tijdens de aantijd van de WP (bij schakelen op minimumvermogen).						

Bepaal voor een modulerende warmtepomp de belasting  $B_{\text{pl};\text{plj}}$ , waarbinnen de warmtepomp bedreven wordt volgens tabel Q.16.

**Tabel Q.16 — Belastingsinterval  $int$  als functie van benuttingsgraad  $B_{\theta i}$** 

$B_{\text{pl};\text{plj}}$	$plj$
1,00	0
0,88	1
0,54	2
0,35	3
0,15	4

#### **Q.4.4 Overige gegevens van de warmtepomp**

De volgende gegevens van de warmtepomp worden door de fabrikant opgegeven, voor zover van toepassing.

Afschakelcriteria:

- $\theta_{\text{evap;in;off}}$  is de minimale ingaande verdampertemperatuur, in °C;
- $\theta_{\text{evap;out;off}}$  is de minimale uitgaande verdampertemperatuur, in °C;
- $\theta_{\text{cond;in;off}}$  is de maximale ingaande condensortemperatuur, in °C;
- $\theta_{\text{cond;out;off}}$  is de maximale uitgaande condensortemperatuur, in °C;
- $COP_{\text{H;hp;off}}$  is de *COP* voor verwarming waarbij, indien de *COP* onder deze waarde komt, de warmtepomp uitschakelt. De minimale waarde bedraagt 1.

**OPMERKING** Indien een of meer afschakelcriteria niet van toepassing zijn, kunnen zij worden uitgeschakeld door een hoge of lage grenswaarde op te geven.

Gegevens bronpomp:

- $P_{\text{H;aux;ev;nom}}$  is het ontwerpvermogen van de bronpomp, in W;
- $t_{\text{ev;xt}}$  is de voor- en nadraaitijd van de bronpomp van de warmtepomp, in s.

Het ontwerpvermogen van de bronpomp wordt voor B/W-warmtepompen afgeleid uit de pompkarakteristiek, bij de volgende condities:

- ontwerpverdamperdebiet (bij 3 K over de verdamper);
- ontwerpdrukval van 50 kPa over de bron;
- bij de beproeving vastgelegde drukval over de verdamper van de warmtepomp.

Het ontwerpvermogen van de bronpomp bedraagt voor W/W-warmtepompen vooraf 50 W/kW verdampervermogen.

Gegevens voor modulerende warmtepompen:

- $P_{\text{H;hp;min}}$  is het minimaal verwarmingsvermogen van de warmtepomp, in kW.
- regeling condensorpomp: aan/uit of modulerend;
- regeling bronpomp: aan/uit of modulerend.

#### **Q.5 Tijdfractie en debiet van ventilatielucht warmtepomp in bedrijf**

##### **Q.5.1 Principe**

Deze paragraaf Q.5 is alleen van toepassing op lucht-naar-waterwarmtepompen die als warmtebron geheel of gedeeltelijk ventilatielucht gebruiken.

Ten behoeve van hoofdstuk 11 wordt voor een lucht-naar-waterwarmtepomp die (tevens) gebruikmaakt van ventilatielucht bepaald hoe groot de tijdfractie is van het in bedrijf zijn per maand. Tevens wordt het ventilatieluchtdebiet bepaald voor de warmtepomp in bedrijf.

Indien de lucht-naar-waterwarmtepomp wordt ingezet voor verwarming en indien het daarbij door de warmtepomp gebruikte ventilatieluchtdebiet,  $q_{V;\text{hp};zi;mi}$ , groter is dan het gemiddelde mechanische ventilatiedebiet  $q_{V;\text{ODA};\text{req};zi;mi}$  voor maand  $mi$ , voor verwarming, zoals bepaald in 11.2.2.1, dan moet een herberekening van de warmtevraag in die maand worden uitgevoerd, zoals beschreven onder Q.5.3.

## Q.5.2 Totale tijdfactie per maand

### Q.5.2.1 Totaal

Bepaal de tijdfactie van het in bedrijf zijn per maand volgens:

$$f_{t;hp-on;mi} = \text{Min}(f_{W;t;hp-on;mi} + f_{H;t;hp-on;mi}, 1) \quad (\text{Q.84})$$

waarin:

- $f_{t;hp-on;mi}$  is de tijdfactie dat de warmtepomp in bedrijf is in maand  $mi$ ;
- $f_{W;t;hp-on;mi}$  is de tijdfactie dat de warmtepomp in bedrijf is voor warmtapwaterbereiding, in maand  $mi$ ;
- $f_{H;t;hp-on;mi}$  is de tijdfactie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, in maand  $mi$ ;
- $\text{Min}(\dots)$  is de kleinste van de twee waarden.

### Q.5.2.2 Tijdfactie voor warm tapwater

Bepaal voor warmtepompen die alleen voorzien in ruimteverwarming de tijdfactie volgens:

$$F_{W;t;hp-on;mi} = 0 \quad (\text{Q.85})$$

Bepaal voor alle overige warmtepompen de tijdfactie volgens:

$$f_{W;t;hp-on;mi} = \frac{Q_{W;\text{dis};\text{nren};si,mi} \times F_{W;\text{gen};si,gpref,mi}}{t_{mi} \times P_{W;hp;\text{max}} \times 1000} \times \frac{(\eta_{W;\text{gen}} - 1)}{\eta_{W;\text{gen}}} \times 1,2 \quad (\text{Q.86})$$

waarin:

- $f_{W;t;hp-on;mi}$  is de tijdfactie dat de warmtepomp in bedrijf is voor warmtapwaterbereiding, in maand  $mi$ ;
- $Q_{W;\text{dis};\text{nren};si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $\text{nren}$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , bepaald als  $3.6^* Q_{W;\text{dis};\text{nren};si,mi}$ , waarbij  $Q_{W;\text{dis};\text{nren};si,mi}$  gegeven wordt in 13.1.2, in MJ;
- $F_{W;\text{gen};si,gpref,mi}$  is de dimensiooze energiefactie voor warm tapwater, in maand  $mi$ , die de preferente opwekker  $gpref$  levert, aan het systeem  $si$ , bepaald volgens 13.8.2.5;
- $t_{mi}$  is de lengte van maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in Ms;
- $P_{W;hp;\text{max}}$  is het maximale thermische vermogen dat de warmtepomp voor de functie warmtapwaterbereiding aan de bron onttrekt, volgens opgave fabrikant of volgens formule (Q.87), in kW;
- $\eta_{W;\text{gen}}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor warm tapwater, bepaald volgens 13.8.

Bepaal het maximale thermische vermogen dat de warmtepomp voor de functie warmtapwaterbereiding aan de bron onttrekt,  $P_{W;hp;\text{max}}$ , volgens:

$$P_{W;hp;\text{max}} = \rho_l \times c_l \times q_{ve;hp} \times (\theta_{evap;in} - \theta_{evap;out}) \times 10^{-6} \quad (\text{Q.87})$$

waarin:

- $\rho$  is de dichtheid van lucht; waarde  $1,2 \text{ kg/m}^3$ ;
- $c_l$  is de specifieke warmtecapaciteit van lucht; waarde  $1\,000 \text{ J/kgK}$ ;
- $q_{ve;hp}$  is de luchtvolumestroom die minimaal vereist is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een koel- of verwarmingssysteem, volgens opgave fabrikant of volgens formule (Q.88), in  $\text{dm}^3/\text{s}$ ;
- $\theta_{evap;in}$  is de ventilatieluchttemperatuur voor warmtepomp, de temperatuur van de ingaande luchtstroom over de verdamper; waarde:  $20^\circ\text{C}$ ;
- $\theta_{evap;out}$  is de ventilatieluchttemperatuur na warmtepomp, de temperatuur van de uitgaande luchtstroom over de verdamper; volgens opgave fabrikant of met de waarde  $3^\circ\text{C}$ .

Bepaal de luchtvolumestroom van de warmtepomp,  $q_{ve;hp}$ , volgens:

$$q_{ve;hp} = 0,44 \times A_{g;tot} \quad (\text{Q.88})$$

met een minimumwaarde van  $q_{ve;hp} = 44 \text{ dm}^3/\text{s}$ ,

waarin:

- $A_{g;tot}$  is de gebruiksoppervlakte van het totaal aan rekenzones van het gebouw of gedeelte van het gebouw in de categorie woningbouw, bepaald volgens 6.6, in  $\text{m}^2$ .

OPMERKING De factor 1 000 is voor de vertaling van het vermogen van kW naar W.

### Q.5.2.3 Tijdfractie voor ruimteverwarming

#### Q.5.2.3.1 Tijdfractie

Bepaal voor warmtepompen die alleen voorzien in warmtapwaterbereiding de tijdfractie volgens:

$$f_{H;t;hp-on;mi} = 0 \quad (\text{Q.89})$$

Bepaal voor alle overige warmtepompen de tijdfractie volgens:

$$f_{H;t;hp-on;mi} = \sum_{\theta_i} f_{H;t;hp-on;\theta_i} \times f_{t;\theta_i,mi} \quad (\text{Q.90})$$

waarin:

- $f_{H;t;hp-on;mi}$  is de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, in maand  $mi$ ;
- $f_{H;t;hp-on;\theta_i}$  is de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens 5.1.2.1 voor schakelende warmtepompen en bepaald volgens 5.1.2.2 voor modulerende warmtepompen;
- $f_{t;\theta_i,mi}$  is de tijdfractie dat de buitentemperatuur  $\theta_i$  voorkomt in maand  $mi$ , bepaald volgens tabel Q.17.

Tabel Q.17 — Tijdfractie van buitentemperaturen per maand

$\theta_i$ °C	$f_{t;\theta_i;mi}$											
	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
16	0,0000	0,0164	0,0013	0,0153	0,0578	0,1028	0,1237	0,0712	0,1208	0,0605	0,0000	0,0000
15	0,0000	0,0134	0,0040	0,0250	0,0968	0,0972	0,1035	0,0632	0,1361	0,0753	0,0000	0,0000
14	0,0000	0,0223	0,0108	0,0264	0,0847	0,0917	0,1035	0,0672	0,1278	0,1129	0,0042	0,0000
13	0,0000	0,0119	0,0134	0,0528	0,1102	0,0694	0,0632	0,0605	0,1069	0,1035	0,0181	0,0013
12	0,0000	0,0432	0,0175	0,0833	0,1277	0,0972	0,0349	0,0390	0,0917	0,1129	0,0403	0,0255
11	0,0081	0,0625	0,0349	0,0958	0,0954	0,0431	0,0202	0,0390	0,0667	0,1062	0,1028	0,0188
10	0,0296	0,0357	0,0887	0,0875	0,0860	0,0194	0,0081	0,0242	0,0472	0,0874	0,1153	0,0228
9	0,0538	0,0223	0,1465	0,1083	0,0591	0,0194	0,0067	0,0121	0,0167	0,0739	0,1181	0,0497
8	0,0712	0,0595	0,1008	0,1569	0,0296	0,0208	0,0027	0,0081	0,0069	0,0699	0,1250	0,0699
7	0,1290	0,0744	0,1102	0,0597	0,0215	0,0139	0,0013	0,0027	0,0139	0,0591	0,0861	0,0766
6	0,0726	0,0655	0,1331	0,0431	0,0134	0,0153	0,0000	0,0000	0,0000	0,0309	0,0778	0,0887
5	0,0672	0,0833	0,1492	0,0361	0,0134	0,0014	0,0000	0,0000	0,0028	0,0296	0,1014	0,1398
4	0,0941	0,0744	0,0833	0,0333	0,0040	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0148	0,0611	0,0914
3	0,0538	0,1116	0,0484	0,0361	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0108	0,0597	0,0739
2	0,0444	0,0551	0,0336	0,0278	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0222	0,0887
1	0,0444	0,0744	0,0188	0,0278	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0139	0,1022
0	0,0511	0,0640	0,0027	0,0069	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0222	0,0363
-1	0,0578	0,0432	0,0027	0,0028	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0125	0,0323
-2	0,0457	0,0476	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0111	0,0296
-3	0,0175	0,0030	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042	0,0121
-4	0,0296	0,0060	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042	0,0255
-5	0,0444	0,0045	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054
-6	0,0215	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054
-7	0,0242	0,0060	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0040

$\theta_i$ °C	$f_{t;\theta_i;mi}$											
	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
-8	0,0134	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
-9	0,0161	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
-10	0,0108	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

### Q.5.2.3.2 Tijdfractie voor een aan/uit geregelde warmtepomp per buitentemperatuur

Bepaal voor een aan/uit geregelde lucht-naar-waterwarmtepomp de tijdfractie per buitentemperatuur volgens:

$$f_{H;t;hp-on;\theta_i} = f_{H;hp;off;\theta_i} \times \min\left(\frac{P_{H;\theta_i}}{P_{H;hp,max;\theta_i}}; 1\right) \quad (Q.91)$$

waarin:

$f_{H;t;hp-on;\theta_i}$  is de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ;

$f_{H;hp;off;\theta_i}$  is de dimensieloze factor voor het afschakelen van de lucht-naar-waterwarmtepomp, bepaald volgens Q.2.8;

$P_{H;\theta_i}$  is het gevraagde totale netto verwarmingsvermogen van de rekenzone, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.16 of volgens formule Q.92, in kW;

$P_{H;hp,max;\theta_i}$  is het maximale thermische vermogen van de warmtepomp bij gegeven buitentemperatuur, bepaald volgens Q.2.12, in kW;

$\min(...)$  is de kleinste van de twee waarden.

Bepaal het forfaitaire maximale thermische vermogen van de warmtepomp voor alle waarden van de buitentemperatuur  $\theta_i$  volgens:

$$P_{H;hp,max;\theta_i} = P_{W;hp,max} \times \left( \frac{\eta_{H;gen}}{\eta_{H;gen} - 1} \right) \quad (Q.92)$$

waarin:

$P_{W;hp,max}$  is het maximale thermische vermogen dat de warmtepomp voor de functie warmtapwaterbereiding aan de bron onttrekt, volgens formule Q.87, in kW;

$\eta_{H;gen}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor verwarming, bepaald volgens 9.6.3.1.1 of 9.6.3.1.2.

OPMERKING De forfaitaire benadering is uitsluitend van toepassing als geen productgegevens beschikbaar zijn. Hierbij wordt geen relatie tussen het vermogen en de buitentemperatuur verondersteld.

### Q.5.2.3.3 Tijdfractie voor een modulerende warmtepomp per buitentemperatuur

Bepaal voor een modulerende lucht-naar-waterwarmtepomp de tijdfractie per buitentemperatuur volgens:

$$f_{H;hp-on;\theta_i} = f_{H;hp;off;\theta_i} \times \min\left(\frac{P_{H;\theta_i}}{P_{H;hp,min}}; 1\right) \quad (Q.93)$$

waarin:

- $f_{H;hp-on;\theta_i}$  is de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, bij een buitentemperatuur van  $\theta_i$ ;
- $f_{H;hp;off;\theta_i}$  is de dimensieloze factor voor het afschakelen van de lucht-naar-waterwarmtepomp, bepaald volgens Q.2.6.2;
- $P_{H;\theta_i}$  is het gevraagde totale netto verwarmingsvermogen van de rekenzone, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ , bepaald volgens Q.2.16, in kW;
- $P_{H;hp,min}$  is het door de warmtepomp minimaal geleverde thermisch vermogen, volgens opgave fabrikant, of indien gemeten, volgens Q.4.4, in kW;
- $\min(...)$  is de kleinste van de twee waarden.

OPMERKING Indien geen productgegevens beschikbaar zijn, wordt verondersteld dat de warmtepomp niet moduleert.

### Q.5.3 Ventilatiedebiet

Bepaal voor warmtepompen met alleen ventilatielucht als bron het door de warmtepomp gebruikte ventilatieluchtdebiet,  $q_{ve;mech;hp}$ , volgens:

$$q_{ve;mech;hp} = q_{a;totaal} \quad (Q.94)$$

Bepaal voor warmtepompen met zowel ventilatielucht als buitenlucht als bron het door de warmtepomp gebruikte ventilatieluchtdebiet,  $q_{ve;mech;hp}$ , volgens:

$$q_{ve;mech;hp} = q_{a;totaal} \times (1 - f_{buitenlucht}) \quad (Q.95)$$

waarin:

- $q_{ve;mech;hp}$  is de door de warmtepomp gebruikte ventilatieluchtvolumestroom, in  $\text{dm}^3/\text{s}$ ;
- $q_{a;totaal}$  is de totale luchtvolumestroom over de verdamper, volgens opgave fabrikant, in  $\text{dm}^3/\text{s}$ ;
- $f_{buitenlucht}$  is de dimensieloze factor voor de contributie van buitenlucht aan de totale bronrijkzijdige (verdamper)luchtvolumestroom met een waarde tussen 0 en 1, bepaald volgens 11.2.2.1.2 Werkwijze herberekening van de warmtevraag voor verwarming.

De herberekening van de warmtevraag moet per maand  $mi$  worden uitgevoerd volgens de onderstaande stappen:

## Stap 1

- stel de startwaarde voor de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, in maand  $mi$ ,  $f_{H;t;hp-on;mi(1)} = 0$  voor alle maanden;
- bepaal hiermee de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is in maand  $mi$ ,  $f_{t;hp-on;mi}$ , volgens formule (Q.84);
- bepaal hiermee de tijdgemiddelde luchtvolumestroom ten gevolge van de ventilatievoorziening in maand  $mi$ ,  $q_{V;ODA;req;zi,mi}$ , in  $m^3/h$ , volgens 11.2.2.1.2 ;
- bepaal hiermee de warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie voor maand  $mi$ ,  $H_{H;ve;zi;mi}$ , volgens NTA 8800, 7.4.3;
- bepaal hiermee de totale warmteoverdracht door ventilatie voor verwarming in maand  $mi$ ,  $Q_{H;ve;mi}$ , voor verwarming volgens NTA 8800, 7.4.2;
- bepaal hiermee de warmtebehoefte  $Q_{H;nd;zi;mi}$  voor verwarming volgens NTA 8800, 7.2.1;
- bepaal hiermee de warmtevraag  $Q_{H;node,in;m(1)i}$  voor verwarming volgens 9.2.3.5.

## Stap 2

- bepaal hiermee het gevraagde totale netto verwarmingsvermogen van de rekenzone, bij een buitentemperatuur  $\theta_i$ ,  $P_{H;\theta i}$  volgens Q.2.16;
- bepaal hiermee de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, bij een buitentemperatuur  $\theta i$ ,  $f_{H;t;hp-on;\theta i}$ , volgens formule (Q.91) of (Q.93);
- bepaal hiermee de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, in maand  $mi$ ,  $f_{H;t;hp-on;mi(2)}$ , volgens formule (Q.90);
- bepaal hiermee de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is in maand  $mi$ ,  $f_{t;hp-on;mi(2)}$ , volgens formule (Q.84);
- bepaal hiermee de tijdgemiddelde luchtvolumestroom ten gevolge van de ventilatievoorziening in maand  $mi$ ,  $q_{V;ODA;req;zi,mi}$ , volgens 11.2.2.1.2;
- bepaal hiermee de warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie voor maand  $mi$ ,  $H_{H;ve;zi;mi}$ , volgens NTA 8800, 7.4.3;
- bepaal hiermee de totale warmteoverdracht door ventilatie voor verwarming in maand  $mi$ ,  $Q_{H;ve;mi}$ , voor verwarming volgens NTA 8800, 7.4.2;
- bepaal hiermee de warmtebehoefte  $Q_{H;nd;zi;mi}$  voor verwarming volgens NTA 8800, 7.2.1;
- bepaal hiermee de warmtevraag  $Q_{H;node,in;mi(2)}$  voor verwarming volgens 9.2.3.5.

## Stap 3

- bepaal de verhouding tussen de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming en de warmtevraag per maand  $mi$ ,  $f_{H;mi}$ , volgens:

$$f_{H;mi} = f_{H;t;hp-on;mi(2)} / Q_{H;node,in;mi(2)} \quad (Q.96)$$

- bepaal hiermee de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is voor verwarming, in maand  $mi$ ,  
 $f_{H;t;hp-on;mi(3)}$  volgens:

$$— f_{H;t;hp-on;mi(3)} = f_{H;t;hp-on;mi(2)} + (Q_{H;node,in;mi(2)} - Q_{H;node,in;mi(1)}) * f_{fH;mi} \quad (Q.97)$$

- bepaal hiermee de tijdfractie dat de warmtepomp in bedrijf is in maand  $mi$ ,  $f_{t;hp-on;mi(3)}$ , volgens formule (Q.84);
- bepaal hiermee de tijdgemiddelde luchtvolumestroom ten gevolge van de ventilatievoorziening in maand  $mi$ ,  $q_{V;ODA;req;zi,mi}$ , in  $m^3/h$  volgens 11.2.2.1.2;
- bepaal hiermee de warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie voor maand  $mi$ ,  $H_{H,ve;zi;mi}$ , volgens NTA 8800, 7.4.3;
- bepaal hiermee de totale warmteoverdracht door ventilatie voor verwarming in maand  $mi$ ,  $Q_{H,ve;mi}$ , voor verwarming volgens NTA 8800, 7.4.2;
- bepaal hiermee de warmtebehoefte  $Q_{H;nd;zi;mi}$  voor verwarming volgens NTA 8800, 7.2.1;
- bepaal hiermee de warmtevraag  $Q_{H;node,in;mi(3)}$  voor verwarming volgens 9.2.3.5.

**OPMERKING** Voor de implementatie van deze berekening in de afzonderlijke rekentools voor de EPG en L/W-warmtepompen wordt de volgende aanpak aanbevolen:

- implementatie van de gehele herberekening in de EPG rekentools, met uitzondering van:
- de berekening van het maximale thermische vermogen van de warmtepomp bij gegeven buitentemperatuur,  $P_{H;hp,max;\theta_i}$ , bepaald volgens Q.2.12, in kW; dit productafhankelijke gegeven is onafhankelijk van de warmtevraag en wordt gebruikt in formule (Q.91), die alleen in stap 2 van de herberekening wordt gebruikt.

**Bijlage R**  
**(Op basis van NEN 7120/A1)**  
 (normatief)

**Grenswaarden voor de minimale verbrandingskwaliteit en het maximale emissieniveau van op biomassa gestookte kachels en ketels ten behoeve van de bepaling van de getalswaarden voor de primaire energiefactor van biomassa**

**R.1 Grenswaarden voor op biomassa gestookte kachels**

De grenswaarden voor de minimale verbrandingskwaliteit en het maximale emissieniveau voor op biomassa gestookte kachels zijn gegeven in tabel R.1.

Om aan de eis voor de minimale verbrandingskwaliteit te voldoen moet aan minimaal een van beide eisen worden voldaan:

- het seizoensrendement zoals bepaald volgens de Ecodesign-bepalingsmethode;
- het nominale rendement zoals bepaald volgens de in tabel R.1 gegeven norm.

Alle in deze bijlage gebruikte rendementen zijn op onderwaarde.

**OPMERKING 1** Het seizoensrendement wordt bepaald volgens de Ecodesign-bepalingsmethode en is het nominale rendement minus 10 % punt en plus X bonus % voor elektronische vermogensregeling (ook bij kachels enz.) minus een Y % wegens stroomverbruik van bijvoorbeeld een convectieventilator. Omdat het seizoensrendement ook het eventuele elektrische hulpenergiegebruik van het toestel omvat, mag dit niet worden gebruikt als opwekkingsrendement voor verwarming in hoofdstuk 9.

De emissieniveaus worden bepaald volgens de in tabel R.1 gegeven norm.

**Tabel R.1 — Grenswaarden voor de minimale verbrandingskwaliteit en het maximale emissieniveau voor op biomassa gestookte kachels**

<b>Toesteltype</b>	<b>Minimale verbrandingskwaliteit</b>		<b>Maximaal emissieniveau</b>			
	<b>Seizoens-rendement %</b>	<b>Nominaal rendement %</b>	<b>CO mg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>Stof mg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> mg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>NO<sub>x</sub> mg/Nm<sup>3</sup></b>
Vrijstaande houtkachel	65	75 <sup>a</sup>	1500 <sup>a</sup>	40 <sup>b</sup>	120 <sup>b</sup>	200 <sup>b</sup>
Inbouw-/inzetkachel	65	75 <sup>c</sup>	1500 <sup>c</sup>	40 <sup>b</sup>	120 <sup>b</sup>	200 <sup>b</sup>
Pelletkachel	79	89 <sup>d</sup>	300 <sup>d</sup>	20 <sup>f</sup>	60 <sup>f</sup>	200 <sup>f</sup>
Accumulerende toestellen	65	75 <sup>e</sup>	1500 <sup>e</sup>	40 <sup>f</sup>	120 <sup>f</sup>	200 <sup>f</sup>

**OPMERKING 1** De emissie-eisen zijn betrokken op droog rookgas bij 13 % O<sub>2</sub>.

**OPMERKING 2** De emissie-eisen voor stof gelden voor de meetmethode met een verwarmd filter.

- |   |  |
|---|--|
| a | Zoals bepaald volgens NEN-EN 13240.  |
| b | Zoals bepaald volgens CEN/TS 15883.  |
| c | Zoals bepaald volgens NEN-EN 13229.  |
| d | Zoals bepaald volgens NEN-EN 14785.  |
| e | Zoals bepaald volgens NEN-EN 15250.  |
| f | Zoals bepaald volgens <i>Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV)</i> . |

OPMERKING 2 De hierboven genoemde normen en TS worden naar verwachting op termijn vervangen door de NEN-EN 16510-reeks.

OPMERKING 3 Voor de gemarkerde emissiegrenswaarden is momenteel geen genormeerde bepalingsmethode beschikbaar.

OPMERKING 4 De emissieniveaus zoals bepaald volgens de verschillende normen zijn betrokken op droog rookgas bij 13 % O<sub>2</sub>. Deze emissieniveaus worden ook voor Ecodesign getoetst bij 13 % O<sub>2</sub>.

## R.2 Grenswaarden voor op biomassa gestookte ketels

De grenswaarden voor de minimale verbrandingskwaliteit (het minimale nominale rendement) en het maximale emissieniveau voor op biomassa gestookte ketels zijn gegeven in tabel R.2.

Het nominale rendement en de emissieniveaus worden bepaald volgens NEN-EN 303-5.

De volgens NEN-EN 303-5 bepaalde emissies moeten worden gedeeld door 0,7324 voor toetsing aan de grenswaarden.

**Tabel R.2 — Grenswaarden voor de minimale verbrandingskwaliteit en het maximale emissieniveau voor op biomassa gestookte ketels**

	Nominaal rendement %	CO mg/m <sup>3</sup>	Stof mg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> mg/m <sup>3</sup>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> mg/m <sup>3</sup>
Met de hand gestookt	89	750	38	300	Geen eis
Automatisch gestookt	89	750	38	300	Geen eis
OPMERKING 1 De emissie-eisen zijn betrokken op droog rookgas bij 6 % O <sub>2</sub> .					
OPMERKING 2 De emissie-eisen voor stof gelden voor de meetmethode met een verwarmd filter.					

OPMERKING De emissieniveaus zoals bepaald volgens NEN-EN 303-5 zijn betrokken op droog rookgas bij 10 % O<sub>2</sub>. De omrekening naar 6 % sluit aan bij de toetsing in het Activiteitenbesluit. De factor is als volgt bepaald: (20,95-10)/(20,95-6).

## Bijlage S (informatief)

### Systeemvarianten ventilatiesystemen

#### S.1 Inleiding

In hoofdstuk 11 wordt in 11.2.2.3 onderscheid gemaakt in ventilatiesystemen naar de wijze van regelen van de toe- of afvoerlucht. Deze indeling is afgeleid van de indeling volgens NEN 8088-1, waarbij de omschrijving op een aantal punten is verduidelijkt en een aantal systeemvarianten is toegevoegd. De in tabel 11.5 gebruikte waarden zijn afgeleid uit onderzoek met luchtstroommodellen uit verschillende bronnen, waaronder een grote serie onderzoeken ten behoeve van de 'VLA-gelijkwaardigheidsmethodiek'. De wijze waarop deze waarden zijn afgeleid, is opgenomen in het achtergronddocument bij NTA 8800.

In S.2.1 t/m S.2.5 staat een toelichting op de varianten in de gehanteerde systeemindeling. Deze toelichting is ontleend aan bijlage A van NEN 8088-1:2011, de Praktijkgids Bouwbesluit Ventilatie van NEN (2013) en de nadere onderbouwing door de VLA ten behoeve van het achtergronddocument bij NTA 8800.

In alle situaties worden samenhangende componenten verondersteld die tezamen een ventilatievoorziening vormen volgens de inrichtingseisen uit NEN 1087. Daarbij wordt de verse (buiten)lucht in verblijfsruimten toegevoerd, direct via roosters of klepramen of indirect via een kanalenstelsel, en al dan niet via overstroomcomponenten vanuit de natte ruimten of andere niet-verblijfsruimten, al dan niet via een kanalenstelsel, als gebruikte lucht afgevoerd naar buiten.

Niet alle denkbare variaties in componenten zijn uitgewerkt. Gekeken is naar systeemvarianten die op het moment van samenstellen van NTA 8800 met enige regelmaat worden toegepast in de praktijk. Daarmee is het aantal varianten iets groter dan in NEN 8088-1 en is ook de omschrijving op onderdelen aangepast. Systeemvarianten volgens NEN 8088-1 komen overeen met systeemvarianten volgens NTA 8800.

De schematische weergave bij de varianten zijn in de vorm van een gestileerde woning. De meeste varianten zijn echter zowel in woningbouw als voor andere gebruiksfuncties toepasbaar. Waar dat niet het geval is, wordt dit explicet vermeld in tabel 11.5 van NTA 8800.

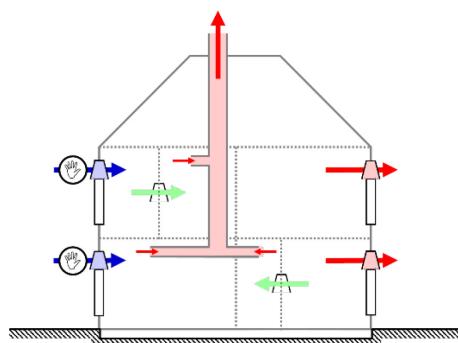
## S.2 Systeemvarianten

### S.2.1 Systeem A. Ventilatievoorzieningen met natuurlijke toe- en afvoer

Het betreft (combinaties van) ventilatievoorzieningen die geheel functioneren op basis van natuurlijke drijvende krachten (winddruk en thermiek), voor zowel de toevloe van verse lucht als de afvoer van binnenlucht. Deze systemen komen slechts bij hoge uitzondering in nieuwe gebouwen voor ten behoeve van de ventilatie van geklimatiseerde zones, omdat de afhankelijkheid van buitenomstandigheden groot is en de eisen van met name de afvoervoorzieningen groot zijn voor een goed functioneren. Bovendien is de hoeveelheid verplaatste lucht relatief groot in het overgrote deel van het jaar, omdat de voorzieningen gedimensioneerd worden op ongunstige buitenomstandigheden; dat leidt tot een hoog energieverlies en daarmee een ongunstige invloed op de energieprestatie.

#### S.2.1.1 A.1 Standaard

Deze systeemvariant is een voorziening voor ventilatie door middel van natuurlijke toe- en afvoer van lucht zonder enige vorm van sturing. Roosters (of ramen) zijn wel afsluitbaar en regelbaar door middel van handbediening.

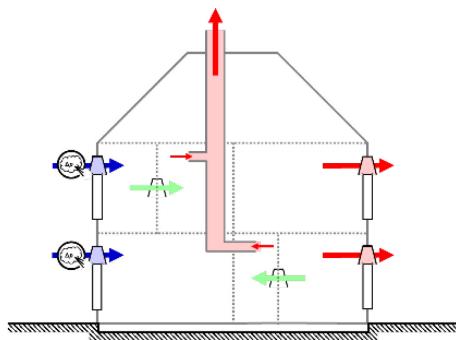


**Figuur S.1 — Systeemvariant A.1: Natuurlijke toe- en afvoer**

#### S.2.1.2 A.2a/b/c Natuurlijke toe- en afvoer met luchtdrukgestuurde toevloe

Deze variant is voorzien van toevloeroosters in de gevel met daarin een voorziening (regelklep op veerdruck) die bij een verhoogde luchtdruk (bijvoorbeeld door een windaanval) de hoeveelheid lucht door de roosters beperkt.

Het onderscheid tussen variant A.2a, A.2b en A.2c wordt gemaakt naar de regelkarakteristiek van de klep. Als deze meer nauwkeurig regelt (variant A.2a:  $\Delta p \leq 1 \text{ Pa}$ ), wordt de beoogde ventilatiehoeveelheid beter benaderd en is er bovendien minder kans dat het rooster vanwege tocht door de gebruiker wordt afgesloten. Daarmee ontstaat een energetisch voordeel ten opzichte van een niet-geregeld toevloerooster of een rooster met een minder nauwkeurige regeling (A.2b of A.2c). De categorie waaronder een rooster valt, wordt aangegeven door de fabrikant op basis van testgegevens, bijvoorbeeld conform NEN-EN 13141.



**Figuur S.2 — Systeemvariant A.2: Natuurlijke toe- en afvoer met luchtdrukgestuurde toevoer**

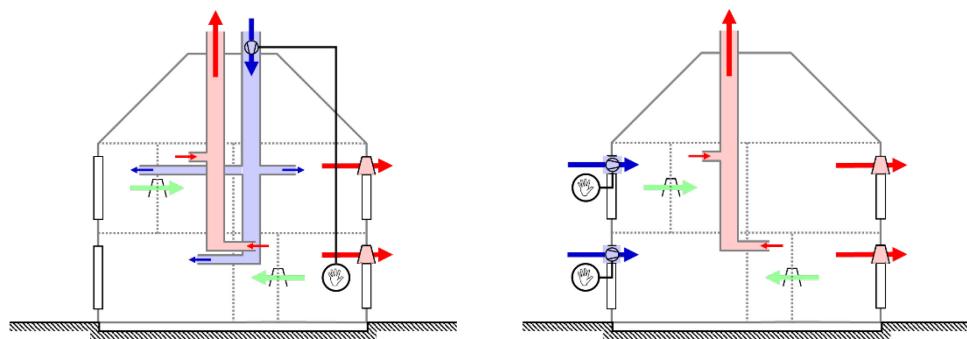
### S.2.2 Systeem B. Ventilatievoorzieningen met mechanische toevoer en natuurlijke afvoer

Deze systeemvariant wordt alleen toegepast in specifieke projecten, bijvoorbeeld bij geluidsisolatie van bestaande oudere gebouwen rondom vliegvelden. In de regel zal er sprake zijn van een combinatie met mechanische afvoer, waarmee de voorzieningen vallen onder systeem D.

In gebouwen voor specifieke functies (bijvoorbeeld in laboratoria en ziekenhuizen) komen wel zones voor met zogenaamde overdrukventilatie. Daarbij is echter in de regel ook sprake van mechanische afvoer, zodat die systemen eveneens vallen onder systeem D.

#### S.2.2.1 B.1 Standaard

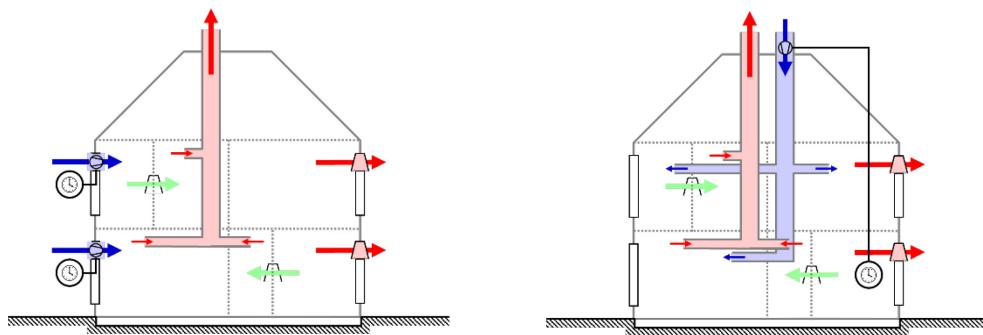
Ventilatiesystemen met mechanische toevoer zijn in verschillende varianten denkbaar. In NEN 8088-1 wordt nog onderscheid gemaakt tussen varianten met kanaaltoevoer en systemen met toevoer via de gevels. Voor de energieprestatiaberekening heeft dit geen betekenis, zodat dit onderscheid in deze NTA 8800 is komen te vervallen.



**Figuur S.3 — Systeemvariant B.1: Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer in twee varianten**

### S.2.2.2 B.2 Tijdsturing op toevoer, zonder zonering

In deze variant wordt de ventilatietoevoer geregeld op basis van een vast tijdschema, gebaseerd op aanwezigheidspatronen van de gebruikers, vergelijkbaar met de werking van een klokthermostaat. Bij afwezigheid volgens het patroon worden de toevoerroosters gesloten (bijvoorbeeld met behulp van een servomotor). Omdat deze regeling vrij kostbaar is, komt deze in combinatie met (ongeregelde) natuurlijke afvoer nauwelijks voor. Ook bij variant B.2 wordt onderscheid gemaakt tussen varianten met kanaaltoevoer en systemen met toevoer via de gevels. Voor de energieprestatieberekening heeft dit geen betekenis, zodat dit onderscheid in NTA 8800 is komen te vervallen.

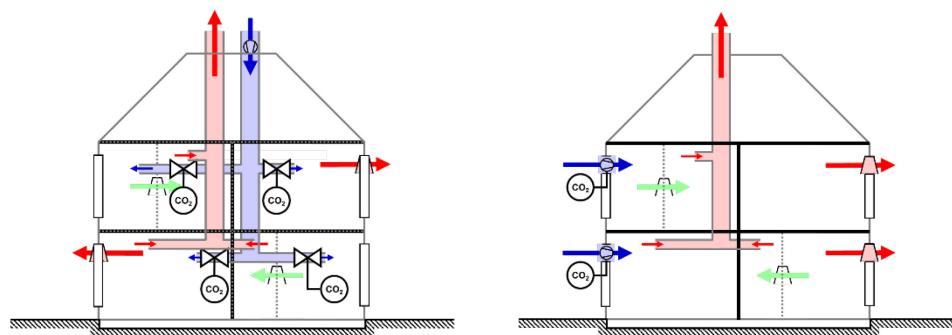


**Figuur S.4 — Systeemvariant B.2: Mechanische toevoer met tijdsturing en natuurlijke afvoer in twee varianten**

### S.2.2.3 B.3 CO<sub>2</sub>-sturing per verblijfsruimte

Bij deze variant wordt de mechanische toevoer geregeld op basis van een CO<sub>2</sub>-meting in de verblijfsruimten. Voor utiliteitsgebouwen ligt de inrichting voor de hand. Voor woningbouw is dit minder duidelijk, vandaar dat een iets nauwkeuriger omschrijving is opgenomen in NTA 8800: 'CO<sub>2</sub>-meting per verblijfsruimte, CO<sub>2</sub>-sturing op toevoer, met zonering'. Hieruit wordt de meting en regeling losgekoppeld en wordt bovendien gesteld dat zonering noodzakelijk is. Bij toevoer per verblijfsruimte ligt dat voor de hand, bij centrale mechanische toevoer is dat niet standaard, maar noodzakelijk voor een voldoende luchtkwaliteit in slaapvertrekken.

De sturing behoort zodanig te zijn dat deze gericht is op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de toevoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut.



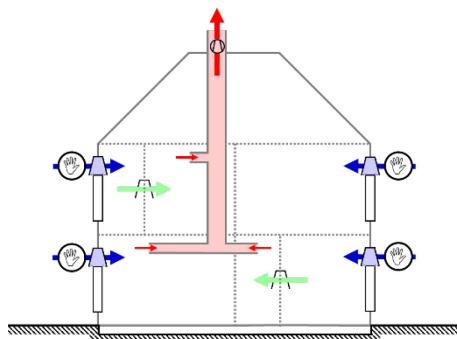
**Figuur S.5 — Systeemvariant B.3: Mechanische toevoer met CO<sub>2</sub>-sturing per verblijfsruimte en natuurlijke afvoer in twee varianten**

### S.2.3 Systeem C. Ventilatievoorzieningen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer

Deze systeemvariant komt veelvuldig voor in de woningbouw (zowel nieuwbouw als bestaande bouw) en wordt ook met enige regelmaat toegepast in de utiliteitsbouw. Kenmerk is de natuurlijke toevoer van ventilatielucht in de gevel, en mechanische afvoer in de ‘natte ruimten’. De toevoervoorziening is in de regel met ventilatieroosters, maar in bestaande bouw ook nog regelmatig door middel van (klep)ramen. De afvoer kan met een centrale ventilator en een kanalenstelsel, maar in bestaande bouw komt ook soms een variant voor met een mechanische afvoer per (natte) ruimte. Afvoer in de utiliteitsbouw vindt niet alleen plaats in natte ruimten, maar veelal ook in verkeersruimten, omdat anders de volumestroom in een toiletgroep te groot wordt en tot comfortklachten zou leiden. Dit doet niets af aan het principe en de invloed op de energieprestatie.

#### S.2.3.1 C.1 Standaard

Deze systeemvariant is een voorziening voor ventilatie door middel van natuurlijke toevoer van lucht zonder enige vorm van sturing. Roosters of ramen zijn wel afsluitbaar of regelbaar door middel van handbediening. De mechanische afvoer is in de regel voorzien van een handbediende driestanden-schakelaar. Deze variant levert in de praktijk geen bijdrage aan een verbetering van de energieprestatie. Voor nieuwbouw heeft deze variant beperkte betekenis, in bestaande bouw komt deze nog veel voor.



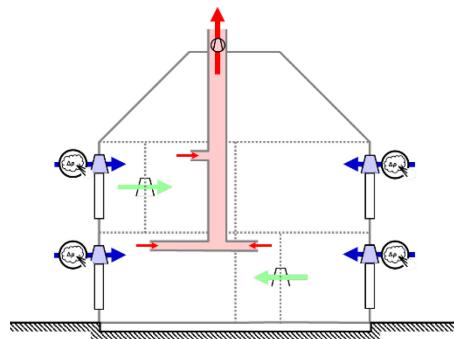
**Figuur S.6 — Systeemvariant C.1: Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer zonder regeling**

#### S.2.3.2 C.2a/b/c Natuurlijke toevoer met luchtdrukgestuurde toevoerroosters

Deze variant is voorzien van toevoerroosters in de gevel met daarin een voorziening (regelklep op veerdruk) die bij een verhoogde luchtdruk (bijvoorbeeld door een windaanval) de hoeveelheid lucht door de roosters beperkt.

Het onderscheid tussen variant C.2a, C.2b en C.2c wordt gemaakt naar de regelkarakteristiek van de klep. Als deze meer nauwkeurig regelt (variant C.2a:  $\Delta p \leq 1 \text{ Pa}$ ), wordt de beoogde ventilatiehoeveelheid beter benaderd en is er bovendien minder kans dat het rooster vanwege tocht door de gebruiker wordt afgesloten. Daarmee ontstaat een energetisch voordeel ten opzichte van een niet-geregeld toevoerrooster of een rooster met een minder nauwkeurige regeling (C.2b of C.2c). De categorie waaronder een rooster valt, wordt aangegeven door de fabrikant op basis van testgegevens, bijvoorbeeld conform NEN-EN 13141.

In alle gevallen is voorzien in mechanische afvoer in de regel met een handbediende driestanden-schakelaar.

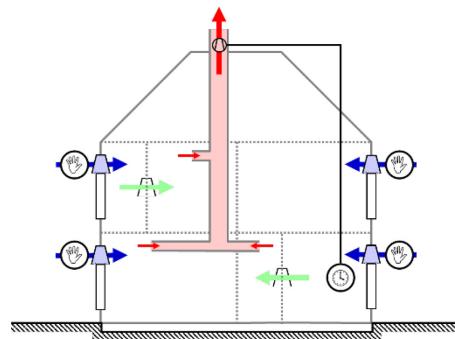


**Figuur S.7 — Systeemvariant C.2a/b/c: Natuurlijke toevoer met luchtdrukgestuurde toevoerroosters**

### S.2.3.3 C.3a Natuurlijke toevoer met tijdsturing op de afvoer

In deze variant wordt de ventilatieafvoer geregeld op basis van een vast tijdschema, gebaseerd op aanwezigheidspatronen van de gebruikers, vergelijkbaar met de werking van een klokthermostaat. Bij afwezigheid volgens het patroon wordt (worden) de afvoerventilator(en) in een lage stand geschakeld, bij aanwezigheid in een hogere stand, een en ander volgens een vast patroon, dat eventueel door de gebruiker nader kan worden gewijzigd.

Toevoer vindt plaats door middel van handbediende gevelroosters in alle verblijfsruimten.

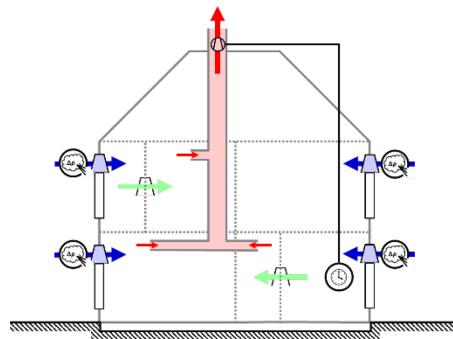


**Figuur S.8 — Systeemvariant C.3a: Natuurlijke toevoer met tijdsturing op de afvoer**

### S.2.3.4 C.3b Natuurlijke toevoer met luchtdrukgestuurde toevoer en tijdsturing op de afvoer $\Delta p \leq 1$ Pa, zonder zonering

Deze variant verschilt van variant C.3a door de toepassing van luchtdrukgestuurde toevoerroosters met een regelkarakteristiek met een nauwkeurigheid  $\Delta p \leq 1$  Pa (zie ook de toelichting bij C.2a in S.2.3.2).

Bij utiliteitsbouw wordt geen onderscheid gemaakt naar de regelkarakteristiek van het rooster.

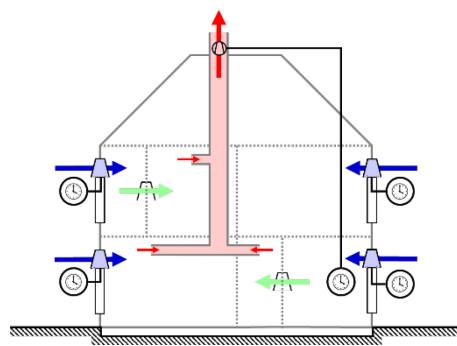


**Figuur S.9 — Systeemvariant C.3b: Luchtdrukgestuurde toevoerroosters en tijdsturing op de afvoer**

#### S.2.3.5 C.3c Natuurlijke toevoer met tijdsturing op de toevoer, afvoer zonder zonering

In deze variant wordt de ventilatietoevoer in elke verblijfsruimte geregeld op basis van een vast tijdschema, gebaseerd op aanwezigheidspatronen van de gebruikers, vergelijkbaar met de werking van een klokthermostaat. Bij afwezigheid volgens het patroon worden de toevoerroosters gesloten (bijvoorbeeld met behulp van een servomotor). De afvoer vindt in de regel plaats via een centraal kanalenstelsel waarbij zonering van de afvoer niet noodzakelijk is, omdat door de sturing op de toevoerroosters al sprake is van vraagsturing per verblijfsruimte. Tegen uitvoering van de afvoer met individuele ventilatoren, bijvoorbeeld in bestaande bouw, bestaat geen bezwaar.

Voor de utiliteitsbouw is het voor een correct functioneren in de praktijk noodzakelijk dat ook de afvoerventilator op de tijdsturing is aangesloten. Daarom is de formulering van deze systeemvariant voor andere gebruiksfuncties dan een woonfunctie: 'Tijdsturing toe- en afvoer zonder zonering'.



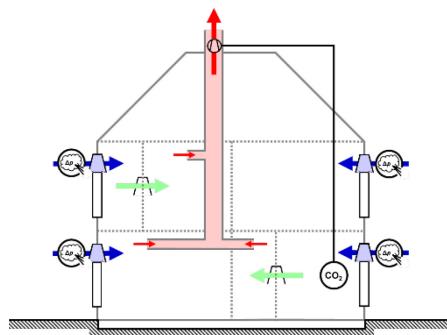
**Figuur S.10 — Systeemvariant C.3c: Natuurlijke toevoer met tijdsturing en mechanische afvoer**

#### S.2.3.6 C.4a Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op de afvoer door CO<sub>2</sub>-meting in de woonkamer, zonder zonering

Dit betreft de meest eenvoudige systeemvariant met een vorm van sturing op basis van CO<sub>2</sub>-meting in verblijfsruimten. Bij C.4a is er sprake van luchtdrukgestuurde toevoerroosters met een regelkarakteristiek met een nauwkeurigheid  $\Delta p \leq 1$  Pa (zie ook de toelichting bij C.2a in S.2.3.2). De afvoer wordt geregeld op basis van een meting van het CO<sub>2</sub>-gehalte in de

woonkamer (dan wel de grootste verblijfsruimte in een woonfunctie), waarbij de sensor en de sturing zodanig behoren te zijn dat deze gericht zijn op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de afvoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut.

Systeemvariant C.4a is niet van toepassing op utiliteitsbouw.



**Figuur S.11 — Systeemvariant C.4a: Luchtdrukgestuurde toevoer en sturing op de afvoer door CO<sub>2</sub>-meting in de woonkamer**

#### S.2.3.7 C.4b Woonfuncties: CO<sub>2</sub>-sturing op de toevoer

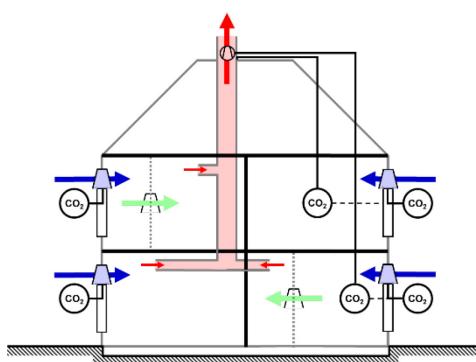
De formele omschrijving in NTA 8800 luidt: 'CO<sub>2</sub>-sturing op de toevoer in ten minste de woonkamer en hoofdslaapkamer, in overige verblijfsruimten luchtdrukgestuurde toevoer  $\Delta p \leq 1$  Pa; gecombineerd met sturing op de afvoer door CO<sub>2</sub>-meting in ten minste de woonkamer en hoofdslaapkamer, zonder zonering'.

Deze uitgebreide omschrijving is noodzakelijk om twee aspecten te benadrukken: er vindt CO<sub>2</sub>-sturing plaats op zowel de toevoer als de afvoer en de CO<sub>2</sub>-meting die daarvoor nodig is, is representatief in zowel dag als nacht. Ondanks het feit dat de termen 'woonkamer' en 'slaapkamer' geen formele status hebben in de bouwregelgeving, is er in de overgrote meerderheid van de situaties sprake van een in verblijfsruimten ingedeelde woning, waaruit dit eenvoudig af te leiden valt. CO<sub>2</sub>-sturing op de roosters veronderstelt ook actief geregelde roosters (bijvoorbeeld met behulp van servomotoren). Als deze actief geregelde roosters niet in alle verblijfsruimten worden toegepast, behoren de overige verblijfsruimten in elk geval voorzien te worden van luchtdrukgestuurde toevoerroosters met een regelkarakteristiek met een nauwkeurigheid  $\Delta p \leq 1$  Pa. De CO<sub>2</sub>-meting in woonkamer en hoofdslaapkamer stuurt ook de regeling van de afvoer aan.

Daarbij behoren de sensor en sturing zodanig te zijn dat deze gericht zijn op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de afvoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut en de roosters hun nominale capaciteit hebben (volledig open zijn).

### S.2.3.8 C.4b Utiliteitsbouw: CO<sub>2</sub>-sturing indirect op toevoer per verblijfsruimte, zonder zonering

Systeemvariant C.4b is eveneens van toepassing op utiliteitsbouw, maar daarbij wordt geen onderscheid gemaakt naar de functie van een verblijfsruimte. Dat wil zeggen dat alle toevoerroosters gestuurd worden door CO<sub>2</sub>-meting in verblijfsruimten. Met 'indirect' wordt aangeduid dat deze meting niet op het rooster hoeft plaats te vinden, maar ook via een separate CO<sub>2</sub>-sensor. Daarbij behoren de meting en sturing zodanig te zijn dat deze gericht zijn op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de afvoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut en de roosters hun nominale capaciteit hebben (volledig open zijn).



**Figuur S.12 — Systeemvariant C.4b: CO<sub>2</sub>-sturing op toevoer per verblijfsruimte, zonder zonering**

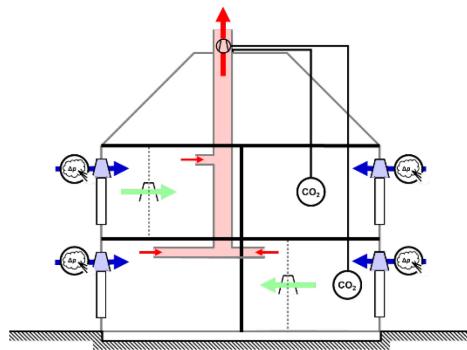
### S.2.3.9 C.4c Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op de afvoer door CO<sub>2</sub>-meting zonder zonering

Voor woningbouw wordt voor deze variant expliciet in tabel 11.5 vermeld dat de sturing op de afvoer moet plaatsvinden door meting van het CO<sub>2</sub>-gehalte in de woonkamer en ten minste de hoofdslaapkamer. Ondanks het feit dat de termen 'woonkamer' en 'slaapkamer' geen formele status hebben in de bouwregelgeving, is er in de overgrote meerderheid van de situaties sprake van een in verblijfsruimten ingedeelde woning, waaruit dit eenvoudig af te leiden valt.

Daarbij behoren de meting en sturing zodanig te zijn dat deze gericht zijn op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de afvoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut.

In elk geval behoren de toevoerroosters een regelkarakteristiek te hebben met een nauwkeurigheid  $\Delta p \leq 1$  Pa (zie ook de toelichting bij C.2a in S.2.3.2).

Systeemvariant C.4c is ook van toepassing op utiliteitsbouw, maar daarbij wordt geen onderscheid gemaakt naar de functie van een verblijfsruimte. Dat wil zeggen dat in alle verblijfsruimten het CO<sub>2</sub>-gehalte wordt gemeten en dat de afvoercapaciteit op basis van deze metingen wordt gestuurd. In de praktijk is dit het meest eenvoudig te realiseren met een afvoerpunt per verblijfsruimte. Daarbij behoren de meting en sturing zodanig te zijn dat deze gericht zijn op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de afvoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut.



**Figuur S.13 — Systeemvariant C.4c: CO<sub>2</sub>-sturing op afvoer per verblijfsruimte, zonder zonerings**

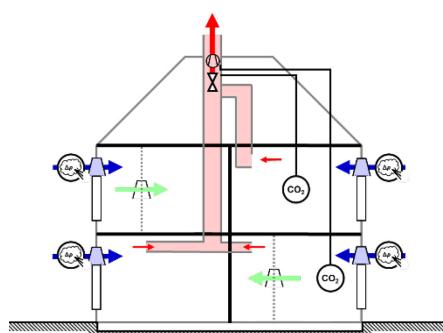
#### S.2.3.10 C.5a Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op de afvoer door CO<sub>2</sub>-meting, met zonerings

Deze variant lijkt sterk op variant C.4c voor woningbouw en is ook alleen van toepassing voor woningbouw. Verschil is dat er bij C.5a sprake is van zonering van de afvoervoorzieningen.

Explicit wordt in tabel 11.5 vermeld dat de sturing op de afvoer moet plaatsvinden door meting van het CO<sub>2</sub>-gehalte in de woonkamer en ten minste de hoofdslaapkamer. Ondanks het feit dat de termen 'woonkamer' en 'slaapkamer' geen formele status hebben in de bouwregelgeving, is er in de overgrote meerderheid van de situaties sprake van een in verblijfsruimten ingedeelde woning, waaruit dit eenvoudig af te leiden valt.

De afvoer voor C.5a is gesplitst in zones, afgestemd op het gebruik van de woning. Meest voor de hand liggend zijn een indeling in een 'woonzone' en een 'slaapzone'. Daarbij wordt de woonzone gestuurd op basis van de CO<sub>2</sub>-meting in de woonkamer en de slaapzone op basis van de CO<sub>2</sub>-meting in de hoofdslaapkamer. Daarbij behoren de meting en sturing zodanig te zijn dat deze gericht zijn op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de ventilatiecapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 voor de betreffende zone volledig wordt benut.

In elk geval behoren de toevoerroosters een regelkarakteristiek te hebben met een nauwkeurigheid  $\Delta p \leq 1$  Pa (zie ook de toelichting bij C.2a in S.2.3.2).

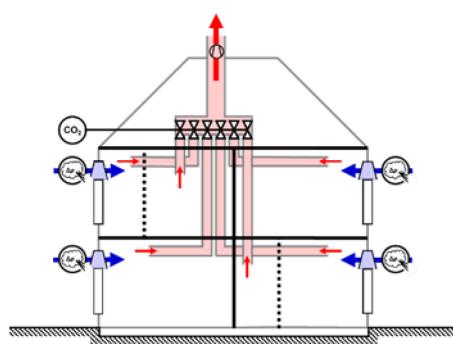


**Figuur S.14 — Systeemvariant C.5a: Sturing op de afvoer door CO<sub>2</sub>-meting, met zonerings**

### S.2.3.11 C.5b Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op de afvoer door CO<sub>2</sub>-meting, met zonering en afzonderlijke afvoerpunten per verblijfsruimte

Deze variant lijkt sterk op variant C.5a en is ook alleen van toepassing op woningbouw. Verschil is dat er bij C.5b sprake is van afzonderlijke afvoerpunten voor elke verblijfsruimte. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de ventilatiecapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 voor de betreffende verblijfsruimte volledig wordt benut. In de praktijk zal dit neerkomen op een regelklep per ruimte. De plaats van die regelklep, in de ruimte, in het kanalenstelsel of op of aan de ventilatiebox, kan per systeemleverancier verschillen.

Voor het overige is de toelichting bij S.2.3.10 van overeenkomstige toepassing.



**Figuur S.15 — Systeemvariant C.5b: Sturing op de afvoer door CO<sub>2</sub>-meting, met afzonderlijke afvoerpunten per verblijfsruimte**

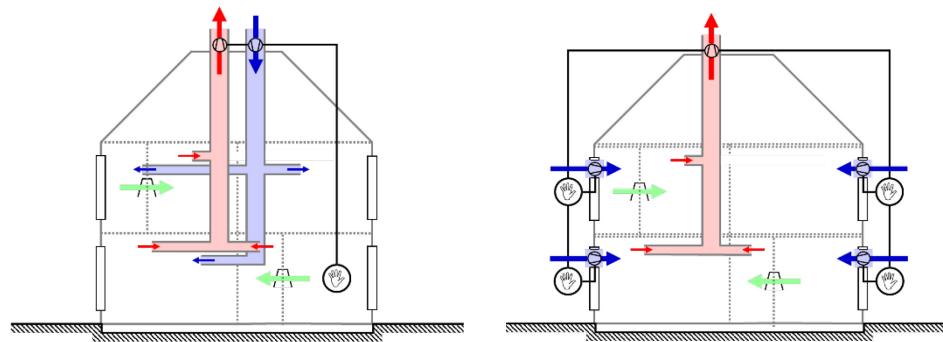
### S.2.4 Systeem D. Ventilatievoorzieningen met mechanische toe- en afvoer

Onder systeem D vallen alle varianten van systemen met mechanische toe- en afvoer. Deze manier van ventileren wordt ook wel aangeduid als 'balansventilatie', omdat zowel de toe- als afvoerluchtvolumestromen door mechanische voorzieningen wordt gerealiseerd. Er is echter bij toe- en afvoer van lucht per definitie sprake van een balanssituatie, al is er bij mechanische componenten een grotere mate van zekerheid dat de beoogde luchtverversing ook daadwerkelijk wordt gerealiseerd door veel minder grote invloed van de buitenomstandigheden.

Als de mechanische toe- en afvoer gerealiseerd wordt met een centrale voorziening (ventilatie-unit of luchtbehandelingskast), is het eenvoudig enige vorm van warmteterugwinning (WTW) uit de afvoerluchtstroom toe te passen, dat zal zeker ook een voordeel op het vlak van energieprestatie betekenen. Toch is ook WTW niet synoniem met systeem D, omdat de mechanische toe- en afvoer ook los van elkaar gerealiseerd kunnen worden, zoals bij variant D.1.

#### S.2.4.1 D.1 Standaard

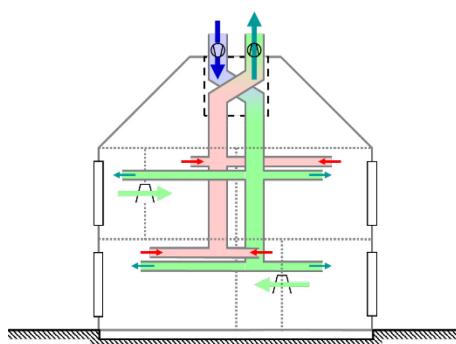
Er is bij systeemvariant D.1 sprake van de meest eenvoudige vorm van mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht: met handbediening en zonder warmteterugwinning. Dit is zowel mogelijk met decentrale toe- en/of afvoer als met behulp van een kanalenstelsel. Decentrale mechanische toevoer kan een oplossing zijn voor specifiek locaties (zie 2.2); in combinatie met mechanische afvoer ontstaat dan een ventilatiesysteem dat voldoet aan de omschrijving van D.1.



**Figuur S.16 — Systeemvariant D.1 met centrale en decentrale oplossing**

#### S.2.4.2 D.2 Centrale WTW-installatie zonder zonering en zonder sturing

Dit is de meest basale vorm van mechanische toe- en afvoer met warmteterugwinning (WTW). Hoewel er systemen zijn met decentrale WTW, komen die bij deze systeemvariant niet voor. Het type WTW is niet gespecificeerd. Ook in de utiliteitsbouw voldoen veel systemen met een eenvoudige luchtbehandelingskast (AHU) aan deze omschrijving.

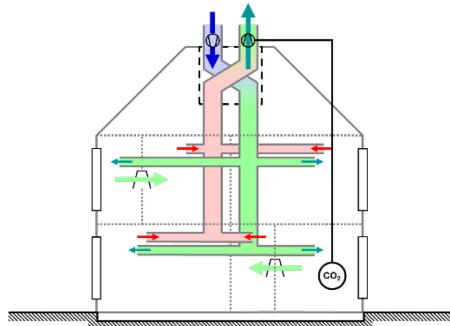


**Figuur S.17 — Systeemvariant D.2: Mechanische toe- en afvoer met centrale warmteterugwinning**

#### S.2.4.3 D.3 Mechanische toe- en afvoer met centrale warmteterugwinning en CO<sub>2</sub>-sturing

Voor woningbouw wordt hier de variant bedoeld met sturing op toe- of afvoer, door CO<sub>2</sub>-meting in de woonkamer, zonder zonering. Een van beide, of beide ventilatoren worden geregeld op basis van een meting van het CO<sub>2</sub>-gehalte in de woonkamer (dan wel de grootste verblijfsruimte in een woonfunctie), waarbij de sensor en de sturing zodanig behoren te zijn dat deze gericht zijn op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de afvoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut.

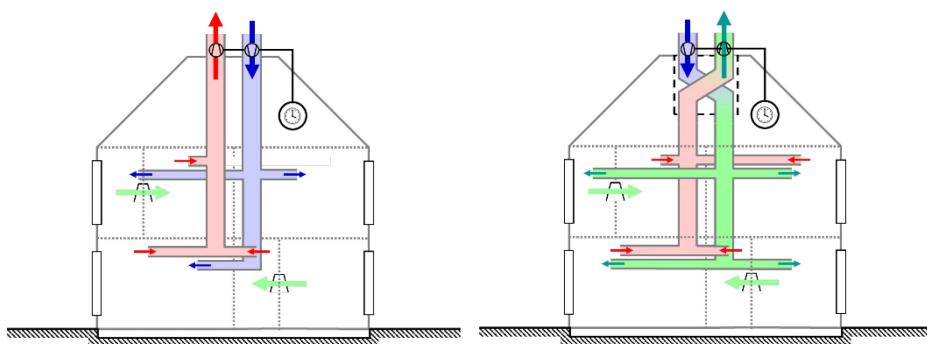
In de utiliteitsbouw komt deze variant sporadisch voor, waarbij er in de regel sprake zal zijn van het primair regelen van de afvoerlucht. Ook dan geldt dat bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de afvoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut. De positie van de CO<sub>2</sub>-meting wordt niet nader gespecificeerd bij deze variant.



**Figuur S.18 — Systeemvariant D.3: Mechanische toe- en afvoer met centrale warmteterugwinning en CO<sub>2</sub>-sturing op de afvoer**

#### S.2.4.4 D.4a Mechanische toe- en afvoer met tijdsturing zonder zonering

Systeemvariant D.4a is een mechanische toe- en afvoer met tijdsturing op de toe- en afvoer. Volgens de omschrijving lijkt er sprake van centrale toe- en afvoer, maar dat is niet strikt noodzakelijk, ook omdat er niet omschreven is of het systeem voorzien is van warmteterugwinning. In de figuur is een voorbeeld met en zonder WTW uitgewerkt. In deze variant wordt de ventilatietoevoer geregeld op basis van een vast tijdschema, gebaseerd op aanwezigheidspatronen van de gebruikers, vergelijkbaar met de werking van een klokthermostaat. De toevoeging ‘onder zonering’ wijst erop dat het systeem als geheel geregeld wordt, zodat een centrale oplossing wel voor de hand ligt.



**Figuur S.19 — Systeemvariant D.4a: Mechanische toe- en afvoer met tijdsturing zonder zonering in een variant zonder en met WTW**

#### S.2.4.5 D.4b Mechanische toe- en afvoer met tijdsturing en zonering

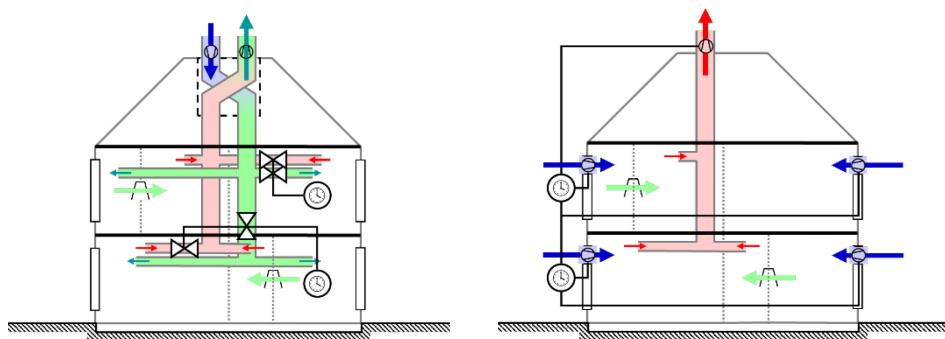
Belangrijkste onderscheid met systeemvariant D.4a is de regeling per zone. Ook hierbij geldt dat WTW niet noodzakelijk is voor deze variant, zoals blijkt uit figuur S.20.

Bij woningbouw is in tabel 11.5 als opmerking toegevoegd dat de woonkamer en hoofdslaapkamer niet in dezelfde zone mogen liggen. Ondanks het feit dat de termen ‘woonkamer’ en ‘slaapkamer’ geen formele status hebben in de bouwregelgeving, is er in de

overgrote meerderheid van de situaties sprake van een in verblijfsruimten ingedeelde woning, waaruit dit eenvoudig af te leiden valt.

Om redactionele reden zijn de omschrijvingen in tabel 11.5 gesplitst voor woning en utiliteitsbouw, om voor woningbouw de opmerking over de indeling in zones toe te kunnen voegen. Ook de oplossingen in de utiliteitsbouw kunnen zowel systemen met als zonder WTW betreffen.

De tijdsturing regelt op basis van een vast tijdschema, gebaseerd op aanwezigheidspatronen van de gebruikers, vergelijkbaar met de werking van een klokthermostaat. Bij afwezigheid volgens het patroon wordt de ventilatiehoeveelheid verlaagd, door het toerental van de ventilatoren te verlagen. In alle gevallen behoort de tijdsturing per zone uitgevoerd te worden en zowel de toe- als de afvoer te regelen.



**Figuur S.20 — Systeemvariant D.4b: Mechanische toe- en afvoer met tijdsturing met zonering in een variant met en zonder WTW**

#### S.2.4.6 D.5a Mechanische toe- en afvoer met CO<sub>2</sub>-meting en zonering

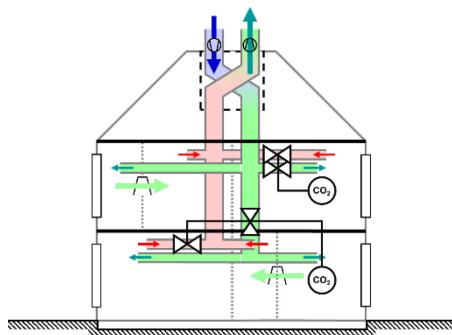
In de woningbouw worden twee uitvoeringen onderscheiden:

- D.5a1 met centrale WTW en CO<sub>2</sub>-meting in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer;
- D.5a2 met WTW en CO<sub>2</sub>-meting in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, echter zonder specificatie van een centrale of decentrale oplossing.

**OPMERKING** Systeem D.5a kan zowel met als zonder WTW worden toegepast.

In beide gevallen wordt expliciet in tabel 11.5 vermeld dat de sturing moet plaatsvinden door meting van het CO<sub>2</sub>-gehalte in de woonkamer en ten minste de hoofdslaapkamer. Bovendien geldt dat de woonkamer en hoofdslaapkamer niet in dezelfde zone mogen liggen. Ondanks het feit dat de termen 'woonkamer' en 'slaapkamer' geen formele status hebben in de bouwregelgeving, is er in de overgrote meerderheid van de situaties sprake van een in verblijfsruimten ingedeelde woning, waaruit dit eenvoudig af te leiden valt.

Er wordt bij utiliteitsbouw geen onderscheid gemaakt tussen variant D.5a1 en D.5a2. In elk geval behoort er sprake te zijn van een gezoneerd systeem met sturing op basis van CO<sub>2</sub>-meting per zone.



**Figuur S.21 — Systeemvariant D.5a: Mechanische toe- en afvoer met CO<sub>2</sub>-meting en zonerig - Variant D.5a1 met centrale WTW**

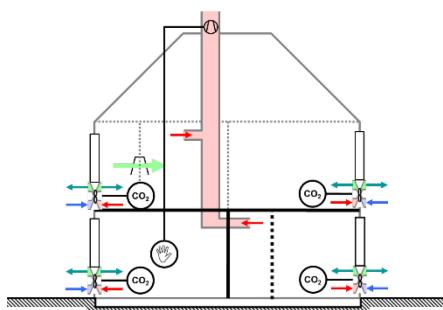
#### S.2.4.7 D.5b Decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-meting

In deze variant worden er per ruimte decentrale ventilatie-units toegepast (veelal aan of nabij de gevel) waarmee gebalanceerde ventilatie met WTW op basis van CO<sub>2</sub>-meting wordt gerealiseerd.

De opmerking bij woningbouw dat er sprake moet zijn van meting in woonkamer en hoofdslaapkamer wordt formeel gemaakt, maar daar wordt met deze oplossing bijna vanzelfsprekend aan voldaan. Dat geldt eveneens met de opmerking dat woonkamer en hoofdslaapkamer niet in dezelfde zone mogen zijn gelegen (behalve bij studio's en dergelijke).

De sensor en de sturing behoren zodanig te zijn dat deze gericht zijn op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de afvoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut.

Aanvullend zal in de regel een handbediende voorziening voor de afvoer van ventilatielucht uit de natte ruimten aanwezig zijn.

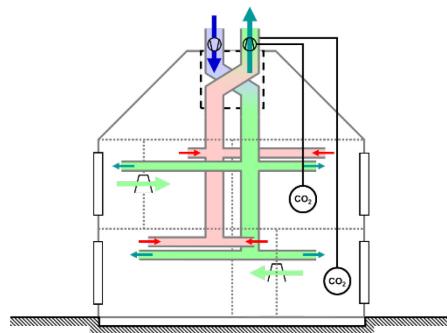


**Figuur S.22 — Systeemvariant D.5b: Decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-meting**

#### S.2.4.8 D.5c Centrale WTW met CO<sub>2</sub>-meting, zonder zonering

Deze variant is uitsluitend van toepassing in woonfuncties. De CO<sub>2</sub>-meting behoort plaats te vinden in zowel de woonkamer als de hoofdslaapkamer en zowel toe- als afvoer aansturen. Ondanks het feit dat de termen 'woonkamer' en 'slaapkamer' geen formele status hebben in de bouwregelgeving, is er in de overgrote meerderheid van de situaties sprake van een in verblijfsruimten ingedeelde woning, waaruit dit eenvoudig af te leiden valt.

De sensor en de sturing behoren zodanig te zijn dat deze gericht zijn op het beperken van het CO<sub>2</sub>-gehalte tot maximaal 1 200 ppm. Dat impliceert dat in elk geval bij een meetwaarde van 1 200 ppm of hoger de afvoercapaciteit volgens Bouwbesluit 2012/Besluit bouwwerken leefomgeving en NEN 1087 volledig wordt benut.



**Figuur S.23 — Systeemvariant D.5c: Centrale WTW met CO<sub>2</sub>-meting, zonder zonering**

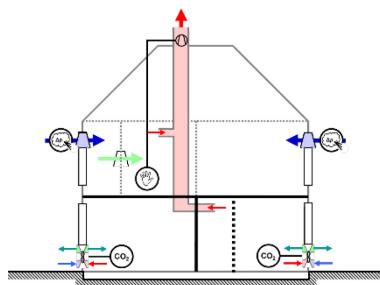
#### S.2.5 Systeem E. Gecombineerde systemen

In de praktijk worden soms gecombineerde systemen toegepast, zonder dat er sprake is van volledig gescheiden ventilatiezones. Kenmerk is dat de ventilatiestromen niet volledig zijn gescheiden, zoals NEN 1087:2001 voorschrijft. Dit is het geval bij een combinatie van (decentrale) mechanische toe- en afvoer voorzien van sensorregeling (systeem D.5b) met de toepassing van enig ander ventilatiesysteem, zoals natuurlijke toevoer en mechanische afvoer (variant van systeem C), andere vormen van mechanische toe- en afvoer (varianten van systeem D), of enig ander systeem. Zelfs combinaties met systeem A (natuurlijke toe- en afvoer) zijn denkbaar, zeker in de bestaande bouw. Uit zowel model- als praktijkonderzoek is gebleken dat met deze 'hybride' systemen een goede luchtvervanging kan worden gerealiseerd. Daarom is het relevant ook de invloed op de energieprestatie normatief te waarderen. Dergelijke gecombineerde oplossingen vallen onder systeem E.

##### S.2.5.1 E.1 Decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO<sub>2</sub>-sturing in combinatie met een ander ventilatiesysteem

Ten aanzien van de randvoorwaarden van het deel van de decentrale mechanische toe- en afvoer gelden de randvoorwaarden en opmerkingen zoals omschreven bij systeemvariant D.5b in S.2.4.7. Voor het andere deel gelden de randvoorwaarden uit de overeenkomstige paragraaf in deze bijlage, afhankelijk van het toegepaste systeemprincipe en de toegepaste regelsystemen.

De uitwerking in NTA 8800 weegt de twee onderdelen van het hybride ventilatiesysteem naar rato van het erop aangewezen oppervlak aan verblijfsgebied.



**Figuur S.24 — Systeemvariant E.1: Hybride oplossing op basis van een decentrale mechanische toe- en afvoerunit; voorbeeld van combinatiemogelijkheid**

## Bijlage T (normatief)

### Bepaling opwekkingsrendement warmtapwatertoestellen ten behoeve van de koppeling met Gaskeur

#### T.1 Principe

Deze bijlage bevat de methode voor de bepaling van het opwekkingsrendement van warm tapwater bij verschillende toepassingsklassen. De methode is overgenomen uit bijlage A van NEN7120:2012+C2 inclusief C5.

In NTA8800 zijn voor het opwekkingsrendement van warm tapwater afhankelijk van het type toestel verschillende methoden aangewezen. Voor de beproeving van (individuele) met gas gestookte toestellen en elektrische warmtepompen die pas sinds 2021 op de markt beschikbaar zijn, moet bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van de Europese methode volgens NEN-EN 13203-2 respectievelijk NEN-EN 16147. Voor toestellen waarvan het type al voor het jaar 2021 op de markt beschikbaar is, kan voor de bepaling van het opwekkingsrendement nog gebruik worden gemaakt van de methode in deze bijlage.

Daarnaast wordt de methode in deze bijlage nog gebruikt voor de koppeling met het Gaskeur keurmerk en is de methode aangewezen voor de beproeving van het opwekkingsrendement van boosterwarmtepompen (zie bijlage W). De Nederlandse tapprofielen in deze bijlage worden ook gebruikt voor beproeving van douchewaterwarmteterugwin (dwtw) units (zie bijlage U).

De in deze bijlage gegeven bepalingsmethode voor het opwekkingsrendement van warm tapwater kan worden gebruikt voor de volgende situaties:

- bepaling ten behoeve van forfaitaire rendementen op basis van Gaskeur;
- voor boosterwarmtepompen;
- voor warmtepompen zonder geïntegreerde naverwarmer.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van de Nederlandse tappatronen die in deze bijlage zijn gegeven. Voor het bepalen van het opwekkingsrendement van de overige warm tapwatertoestellen wordt gebruik gemaakt van de Europese tappatronen zoals vastgelegd in CDR 811/2013, 812/2012, 813/2013 en 814/2013. Deze tappatronen wijken af van de Nederlandse tappatronen doordat rekening wordt gehouden met gebruik van een vaatwasser en (gedeeltelijk) gebruik van een bad. In de Nederlandse tappatronen wordt rekening gehouden met handafwas en met douchen.

De Nederlandse tappatronen worden ook gebruikt voor het bepalen van het rendement van douchewaterwarmteterugwinning (zie bijlage U).

Het opwekkingsrendement van warmtapwatertoestellen wordt bepaald als de verhouding tussen de aan het tapwater nuttig afgegeven hoeveelheid warmte onder gebruiksomstandigheden en de hoeveelheid energie die daartoe aan het toestel moet worden toegevoerd. Omdat het rendement bij bepaalde toestellen sterk afhangt van het warmtapwatergebruik, zijn standaard tapprogramma's gedefinieerd, die elk representatief zijn voor een bepaalde mate van dagelijks warmtapwatergebruik (toepassingsklasse). De getalswaarde van een gemeten rendement heeft dus uitsluitend betekenis indien daarbij de klasse wordt opgegeven waarbij het rendement is bepaald.

Voor combitoestellen kan in het verwarmingsseizoen een hoger opwekkingsrendement worden bereikt dan in de zomer door interactie met de verwarmingsfunctie. Het gewogen gemiddelde van het zomer- en winterrendement levert het jaarrendement op.

Om dit jaarrendement voor combitoestellen te bepalen zijn twee methoden gegeven om het winterrendement te bepalen:

- een op metingen gebaseerde methode volgens T.4.1; deze methode is voor alle typen combitoestellen toepasbaar;
- een op forfaitaire omrekening gebaseerde methode volgens T.4.2; deze methode mag uitsluitend worden toegepast voor:
  - met gas gestookte combitoestellen zonder geïntegreerde of externe warmtepomp of microWKK;
  - met gas gestookte combitoestellen met een geïntegreerde of externe warmtepomp of microWKK mits deze warmtepomp of microWKK in zomerbedrijf niet wordt ingezet voor warmtapwaterbereiding.

Het toepassingsgebied omvat de volgende individuele toestellen voor warm tapwater:

- met gas en met olie gestookte toestellen;
- elektrische toestellen;
- warmtepompen met geïntegreerde of externe bijstook;
- met gas gestookte (combi)toestellen met microWKK.

**OPMERKING** De bepalingsmethode volgens Gaskeur CW-HRww:2010 is een bepalingsmethode die voldoet aan de in deze bijlage gegeven omschrijving. Zie opmerking 4 in 13.8.4.7.2 voor de overeenkomst tussen de toepassingsklassen volgens Gaskeur CW-HRww:2010 en de hier gedefinieerde klassen.

## T.2 Uitgangspunten

### T.2.1 Meetcondities

De meetcondities voor de bepaling van het opwekkingsrendement zijn de volgende:

- tapwaterinlaatdruk: 0,2 MPa (overdruk);
- tapwaterinlaattemperatuur,  $\theta_{koud}$ : 10 °C;
- omgevingstemperatuur opstellingsruimte: 20 °C.

Voor warmtepompen gelden de volgende extra condities:

- de meting wordt uitgevoerd inclusief eventuele bijstookvoorziening.

Daarbij, voor warmtepompen die ventilatiereturrlucht als bron gebruiken:

- ventilatieluchtdebit: volgens opgave van de leverancier;
- ventilatieluchttemperatuur: 20 °C;

— relatieve vochtigheid ventilatielucht: 57 %.

Het ventilatieluchtdebiet wordt aan de zuigzijde ingesteld, maar ook aan de perszijde gemeten. Deze laatste waarde is bepalend voor het eventueel bij de bepaling van de energieprestatiecoëfficiënt in rekening te brengen extra warmteverlies door ventilatie ('overventilatie'). Indien de warmtepomp automatisch schakelt tussen verschillende ventilatorstanden, moet aan de perszijde het gemiddelde ventilatieluchtdebiet worden bepaald over 24 h.

In het opwekkingsrendement is de ventilatorenergie niet inbegrepen. Deze wordt apart verrekend, zie hoofdstuk 11.

Voor overige warmtepompen geldt:

- buitenluchttemperatuur: 7 °C;
- relatieve vochtigheid buitenlucht: 87 %;
- grondwater: 10 °C;
- bodemwarmtewisselaar ('brine'): 5 °C.

Voor warmwaterdoorstroomtoestellen moet bij een tapdebiet van ten minste 2,5 dm<sup>3</sup>/min aan de uitlaat van het toestel een temperatuurverhoging van ten minste 50 K kunnen worden bereikt.

Voor warmwatervoorraadtoestellen moet aan de uitlaat van het toestel een temperatuur van ten minste 58 °C kunnen worden bereikt.

Voor lucht-naar-waterwarmtepompen die afschakelen bij lage buitentemperaturen, bijvoorbeeld om aanvriezen te voorkomen, geldt afhankelijk van de exacte temperatuur van afschakelen een andere gemiddelde buitentemperatuur, omdat de warmtepomp niet bij lage buitentemperaturen in bedrijf is. Bij beproeving moeten de buitenluchttemperaturen volgens tabel T.1 worden gebruikt, waarbij  $\theta_{H;hp;off}$  de temperatuur in °C is waarbij, indien de buitenluchttemperatuur onder deze waarde komt, de warmtepomp uitschakelt, volgens opgave fabrikant.

**Tabel T.1 — Aan te houden buitenluchttemperatuur bij beproeving van lucht-naar-waterwarmtepompen en energiefractie  $F_{W;gen;tbu}$**

$\theta_{H,hp;off}$ °C	Buitenluchttemperatuur bij beproeving lucht-naar-water- warmtepompen °C	$F_{W;gen;tbu}$ —
10	11,9	0,30
9	11,1	0,35
8	10,4	0,44
7	9,8	0,54
6	9,4	0,64
5	9,0	0,70
4	8,6	0,76
3	8,2	0,83
2	8,1	0,88
1	7,8	0,89
0	7,7	0,92
-1	7,4	0,94
-2	7,3	0,97
-3	7,3	0,98
-4	7,2	0,98
-5	7,1	0,99
-6	7,1	1,00
-7	7,1	1,00
-8	7,0	1,00
-9	7,0	1,00
-10	7,0	1,00

## T.2.2 Klassen

De indeling in klassen is gebaseerd op tappatronen die variëren rond een basistappatroon; zie tabel T.2.

**Tabel T.2 — Basistappatroon**

Nr.	Tijd h/min	Tapvolume dm <sup>3</sup> bij $\theta_{\text{gewenst}}^{\text{a}}$	Tapdebit dm <sup>3</sup> /min	$\theta_{\text{gewenst}}$ °C	$\theta_{\text{nuttig}}$ °C	Gebruik
1	7	4	3,5	40	25	Wastafel
2	7,15	Afhankelijk van de klasse	Afhankelijk van de klasse	40	40	Douche
3	7,3	4	3,5	40	25	Wastafel
4	8	1	3,5	55	40	Spoelen
5	9	1	3,5	40	25	Handen wassen
6	9,05	1	3,5	40	25	Handen wassen
7	10	1	3,5	55	40	Spoelen
8	10,3	1	3,5	40	25	Handen wassen
9	10,35	0,5	3,5	40	25	Korte tap
10	10,45	1	3,5	40	25	Handen wassen
11	11	1	3,5	55	40	Spoelen
12	11,3	1	3,5	40	25	Handen wassen
13	11,32	1	3,5	40	25	Handen wassen
14	11,34	1	3,5	40	25	Handen wassen
15	13	5	3,5	55	40	Spoelen
16	13,05	5	3,5	55	40	Vaat wassen
17	13,25	2	3,5	55	40	Spoelen
18	13,27	2	3,5	55	40	Spoelen
19	13,29	2	3,5	55	40	Spoelen
20	14	1	3,5	40	25	Handen wassen
21	14,3	1	3,5	40	25	Handen wassen

Nr.	Tijd h/min	Tapvolume dm <sup>3</sup> bij $\theta_{\text{gewenst}}^{\text{a}}$	Tapdebit dm <sup>3</sup> /min	$\theta_{\text{gewenst}}$ °C	$\theta_{\text{nuttig}}$ °C	Gebruik
22	14,35	0,5	3,5	40	25	Korte tap
23	14,45	1	3,5	40	25	Handen wassen
24	14,48	1	3,5	40	25	Handen wassen
25	14,51	0,5	3,5	40	25	Korte tap
26	15	2	3,5	40	25	Handen wassen
27	16	1	3,5	40	25	Handen wassen
28	16,1	0,5	3,5	40	25	Korte tap
29	16,2	0,5	3,5	40	25	Korte tap
30	16,3	1	3,5	55	40	Spoelen
31	18	5	3,5	55	40	Spoelen
32	18,05	5	3,5	55	40	Vaat wassen
33	18,25	2	3,5	55	40	Spoelen
34	18,27	2	3,5	55	40	Spoelen
35	18,29	2	3,5	55	40	Spoelen
36	19,3	1	3,5	40	25	Handen wassen
37	19,35	1	3,5	40	25	Handen wassen
38	19,4	0,5	3,5	40	25	Korte tap
39	19,45	1	3,5	40	25	Handen wassen
40	19,5	1	3,5	40	25	Handen wassen
41	20	1	3,5	55	40	Spoelen
42	20,1	2	3,5	55	40	Naspelen
43	21	1	3,5	40	25	Handen wassen
44	22	1	3,5	55	40	Spoelen
45	22,3	1	3,5	40	25	Handen wassen
46	23	2	3,5	55	40	Spoelen

Nr.	Tijd h/min	Tapvolume dm <sup>3</sup> bij $\theta_{\text{gewenst}}$ <sup>a</sup>	Tapdebit dm <sup>3</sup> /min	$\theta_{\text{gewenst}}$ °C	$\theta_{\text{nuttig}}$ °C	Gebruik
47	23,15	4	3,5	40	25	Wastafel
48	23,3	Afhankelijk van de klasse	Afhankelijk van de klasse	40	40	Douche
49	23,45	4	3,5	40	25	Wastafel
<sup>a</sup> Totaal volume zonder douche bij 60 °C is 61,2 dm <sup>3</sup> .						

Klasse 'Aanrecht': uitsluitend voor gebruik zonder douche (aanrecht):

- basistappatroon, maar met tapdebit 2,5 dm<sup>3</sup>/min.

Klasse 1: tappatroon met geringe taphoeveelheid, inclusief één douchetapping:

- basistappatroon, maar met toevoeging van douche op tijd 23,3. Zie tabel T.3.

**Tabel T.3 — Klasse 1: tappatroon met geringe taphoeveelheid, inclusief één douchetapping: basistappatroon, maar met toevoeging van douche op tijd 23,3**

Nr.	Tijd h/min	Tapvolume dm <sup>3</sup> bij $\theta_{\text{gewenst}}$ <sup>a</sup>	Tapdebit dm <sup>3</sup> /min	$\theta_{\text{gewenst}}$ °C	$\theta_{\text{nuttig}}$ °C	Gebruik
48	23,3	47	3,5	40	40	Douche
<sup>a</sup> Totaal volume bij 60 °C is 89,2 dm <sup>3</sup> .						

Klasse 2: tappatroon met matige taphoeveelheid, inclusief twee douchetappingen:

- basistappatroon, maar met toevoeging van douche op tijden 7,15 en 23,3. Zie tabel T.4.

**Tabel T.4 — Klasse 2: tappatroon met matige taphoeveelheid, inclusief twee douchetappingen: basistappatroon, maar met toevoeging van douche op tijden 7,15 en 23,3**

Nr.	Tijd h/min	Tapvolume dm <sup>3</sup> bij $\theta_{\text{gewenst}}$ <sup>a</sup>	Tapdebit dm <sup>3</sup> /min	$\theta_{\text{gewenst}}$ °C	$\theta_{\text{nuttig}}$ °C	Gebruik
2	7,15	47	3,5	40	40	Douche
48	23,3	47	3,5	40	40	Douche
<sup>a</sup> Totaal volume bij 60 °C is 117,2 dm <sup>3</sup> .						

Klasse 3: tappatroon met grote taphoeveelheid:

— basistappatroon, maar met toevoeging van douche op tijden 7,15 en 23,3. Zie tabel T.5.

**Tabel T.5 — Klasse 3: tappatroon met grote taphoeveelheid: basistappatroon, maar met toevoeging van douche op tijden 7,15 en 23,3**

Nr.	Tijd h/min	Tapvolume dm <sup>3</sup> bij $\theta_{\text{gewenst}}$ <sup>a</sup>	Tapdebit dm <sup>3</sup> /min	$\theta_{\text{gewenst}}$ °C	$\theta_{\text{nuttig}}$ °C	Gebruik
2	7,15	73	5,5	40	40	Douche
48	23,3	73	5,5	40	40	Douche

<sup>a</sup> Totaal volume bij 60 °C is 149,2 dm<sup>3</sup>.

Klasse 4: tappatroon met zeer grote taphoeveelheid:

— basistappatroon, maar met toevoeging van douche op tijden 7,15 en 23,3. Zie tabel T.6.

**Tabel T.6 — Klasse 4: tappatroon met zeer grote taphoeveelheid: basistappatroon, maar met toevoeging van douche op tijden 7,15 en 23,3**

Nr.	Tijd h/min	Tapvolume dm <sup>3</sup> bij $\theta_{\text{gewenst}}$ <sup>a</sup>	Tapdebit dm <sup>3</sup> /min	$\theta_{\text{gewenst}}$ °C	$\theta_{\text{nuttig}}$ °C	Gebruik
2	7,15	100	7,5	40	40	Douche
48	23,3	100	7,5	40	40	Douche

<sup>a</sup> Totaal volume bij 60 °C is 181,2 dm<sup>3</sup>.

### T.2.3 Tappatroon

Het tappatroon zoals dat binnen deze bepalingsmethode wordt gehanteerd, wordt door de opdrachtgever aangegeven. Hierbij kan worden gekozen voor tappatroon volgens klasse 'Aanrecht', 1, 2, 3 of 4 (zie T.2.2).

Het opwekkingsrendement is uitsluitend geldig voor de gemeten klasse. Voor gastoestellen en warmtepompen geeft de bepalingsmethode voor de energieprestatie forfataire correctiefactoren, waarmee een rekenwaarde voor het rendement voor een lagere klasse kan worden afgeleid uit het gemeten rendement voor een hogere klasse. Voor gastoestellen mag bovendien het rendement gemeten bij een lagere klasse worden gebruikt als (conservatieve) rekenwaarde voor een hogere klasse.

Voor warmtepompen is dit laatste niet toegelaten, omdat bij gebruik in een hogere klasse de vergrote inzet van de (elektrische) bijstookvoorziening kan leiden tot een significante daling van het rendement.

### T.2.4 Meetnauwkeurigheid

Het opwekkingsrendement wordt bepaald met een onnauwkeurigheid van ten hoogste vijf procentpunten.

## T.3 Beproevingsmethode

### T.3.1 Energietoever

De metingen worden uitgevoerd met de energiedrager die voor het warmwatertoestel als energiebron is voorgeschreven (bijvoorbeeld soort gas of elektriciteit).

### T.3.2 Beïnvloeding door cv-functie (combitoestellen)

Bij combitoestellen wordt de cv-functie uitgeschakeld door het onderbreken van de thermostaat voor ruimteverwarming.

### T.3.3 Warmhoudschakeling

Indien toestellen zijn voorzien van een zogenoemde warmhoudschakeling, wordt deze ingesteld overeenkomstig de manier waarop het toestel in de praktijk wordt gebruikt.

**OPMERKING** De instelling overeenkomstig de manier waarop het toestel in de praktijk wordt gebruikt is doorgaans opgegeven in specificaties in de installatie- en gebruiksvoorschriften die met het product worden meegeleverd.

### T.3.4 Meetapparatuur

Tijdsafhankelijke temperatuurmetingen moeten worden uitgevoerd met temperatuuropnemers met een tijdconstante van ten hoogste 1 s bepaald in stilstaand water en met een meetonnauwkeurigheid van ten hoogste  $\pm 1 \text{ K}$ .

### T.3.5 Systemen op basis van microWKK

Bij meting aan warmtapwatertoestellen op basis van microWKK moet naast de metingen aan energiedragers en tapopbrengst tevens de door de microWKK geleverde elektriciteit worden gemeten.

### T.3.6 Bivalente warmtepompsystemen met externe bijstook

Bij meting aan bivalente warmtepompsystemen, bestaande uit een warmteopwekker met externe bijstook, die zoals wordt voorzien in de praktijk gaat worden toegepast met verschillende typen bijstook, mag de bijdrage van de bijstook met bijbehorend opwekkingsrendement rekenkundig worden bepaald.

Hiertoe wordt bij beproeving alleen de hoofdopwekker bemeten. Deze wordt volgens de algemene procedure beproefd, zie T.2.1. Omdat het toestel uiteindelijk wordt toegepast met na- of bijverwarming, kan het voorkomen dat de warmtepomp zelf niet in alle gevallen  $\theta_{\text{gewenst}}$  haalt. Deze verplichting vervalt dan ook voor deze systemen. In plaats daarvan wordt ervan uitgegaan dat de bijstook ervoor zorgt dat de temperatuur te allen tijde 58 °C is. Hiermee wordt er rekentechnisch voor gezorgd dat het systeem aan de tapeis voldoet. Bij bepaling van het debiet waarbij  $Q_{\text{gewenst}}$  is geleverd, moet ook worden uitgegaan van deze 58 °C.

### T.3.7 Instellingen van het toestel

Indien het toestel is voorzien van een circulatiepomp met meer standen, dan wordt deze op de minimumstand of op de voor praktijkgebruik opgegeven laagste stand gezet. Voor toestellen met een belastingsgebied voor de tapwaterfunctie worden het toestel, de opstelling en het tapdebiet ingeregeld overeenkomstig de manier waarop het toestel in de praktijk wordt gebruikt.

**OPMERKING 1** De inregeling overeenkomstig de manier waarop het toestel in de praktijk wordt gebruikt is doorgaans opgegeven in specificaties in de installatie- en gebruiksvoorschriften die met het product worden meegeleverd.

Tijdens de beproeving moet de instelling van het toestel zo zijn dat de in het tappatroon aangegeven gewenste temperatuur bij elke tapping ( $\theta_{gewenst}$ ) wordt gerealiseerd.

Het is toegelaten om het bijstookelement zo in te stellen dat de gewenste temperatuur wordt bereikt. De instellingen van het toestel worden ingesteld overeenkomstig de manier waarop het toestel in de praktijk wordt gebruikt. Het toestel moet zo worden ingesteld dat het toestel en/of eventuele bijstook op ieder moment in bedrijf kan komen indien hier op basis van temperatuurniveaus in het toestel behoeft aan is.

De instellingen van het toestel moeten gelijk zijn aan de instellingen die worden gebruikt voor de bepaling van het comfort.

**OPMERKING 2** Meetmethoden die het comfort vastleggen en waarvan de leverancier uitdrukking geeft in technische of commerciële documentatie, zijn niet wettelijk voorgeschreven maar betreffen privaatrechtelijke meetmethoden (zoals Gaskeur) of vrijwillige meetmethoden (zoals vastgelegd in NEN-EN 13203-2).

Voor zover niet anders vermeld, zijn de overige instellingen overeenkomstig de manier waarop het toestel in de praktijk wordt gebruikt.

**OPMERKING 3** De instellingen overeenkomstig de manier waarop het toestel in de praktijk wordt gebruikt zijn doorgaans opgegeven in specificaties in de installatie- en gebruiksvoorschriften die met het product worden meegeleverd.

### T.3.8 Bepaling van het opwekkingsrendement

Het toestel wordt zo opgesteld en van meet- en regelapparatuur voorzien dat genoemde condities, tapdebieten en tappatroon en meetnauwkeurigheid worden gerealiseerd.

De meetopstelling wordt zo bediend dat de vereiste energie-inhoud ( $Q_{gewenst}$ ) per tapping wordt gerealiseerd met water waarvan de uitstroomtemperatuur ten minste boven de in het tappatroon aangegeven nuttige temperatuur ( $\theta_{nuttig}$ ) ligt. Tevens moet per tapping ten minste de in het tappatroon aangegeven gewenste temperatuur ( $\theta_{gewenst}$ ) worden bereikt. De werkelijk te tappen volumes worden bepaald op basis van de nuttig aan het tapwater overgedragen hoeveelheid energie. De gewenste hoeveelheid energie wordt per tapping als volgt uit de tappatroongegevens afgeleid:

$$Q_{gewenst} = m \times 4,18 \times \Delta\theta \quad (\text{T.1})$$

waarin:

$Q_{gewenst}$  is de energiehoeveelheid die moet worden getapt, in kJ;

$m$  is de hoeveelheid getapt water van de gewenste temperatuur, in kg; deze is getalsmatig gelijk aan het tapvolume in  $\text{dm}^3$  zoals per tapping opgegeven in T.2.2;

$\Delta\theta$  is het verschil tussen  $\theta_{gewenst}$  en  $\theta_{koud}$ , in K.

De meting voor elke tapping wordt gestart wanneer het tapwater de temperatuur van  $\theta_{nuttig}$  heeft bereikt. Warm tapwater met een lagere temperatuur wordt als verlies beschouwd en dus niet meegerekend in  $Q_{gewenst}$ .

De meting wordt beëindigd zodra  $Q_{\text{geleverd}} = Q_{\text{gewenst}}$ .  $Q_{\text{geleverd}}$  is de gemeten energie-inhoud van de tapping. Hierbij moet  $\theta_{\text{koud}}$  als referentie worden gebruikt.

Voor warmtepompen met externe bijstook, beproefd volgens T.3.6, wordt de meting beëindigd zodra  $Q_{\text{geleverd;calc}} = Q_{\text{gewenst}}$ . Hierbij wordt  $Q_{\text{geleverd;calc}}$  bepaald volgens:

$$Q_{\text{geleverd;calc}} = m \times 4,18 \times (58 - \theta_{\text{koud}}) \quad (\text{T.2})$$

Tevens moet de daadwerkelijk door de beproefde warmtepomp geleverde warmte,  $Q_{\text{geleverd}}$ , worden bepaald. Hiertoe wordt dezelfde bepalingsmethode gebruikt als voor andere systemen wordt gehanteerd, met de uitzondering dat alle warmte wordt meegerekend, ook wanneer de temperatuur bij de uitgang van het toestel nog onder  $\theta_{\text{nuttig}}$  ligt. De naverwarmer zal dit in de praktijk namelijk opwarmen tot 58 °C.

De metingen volgens de tappatronen duren 24 h.

Er moet voor worden gezorgd dat de toestanden van het toestel met betrekking tot warmteinhoud aan het begin en aan het eind van de meting gelijk zijn. Bij voorraadtoestellen is het begin van de meting gedefinieerd als het moment waarop het toestel tijdens de opwarmperiode op zijn thermostaat afslaat. Na een tappatroonmeting van 24 h wordt wederom een opwarming gestart. Het voorraadtoestel wordt geacht weer dezelfde uitgangspositie te hebben bereikt zodra het wederom op de thermostaat wordt uitgeschakeld. Omdat dit voor toestellen met een gering vermogen (bijv. warmtepompen) lang kan duren, wordt het energieverbruik over deze extra periode (na 24 h) bepaald *exclusief* de stilstandsverliezen.

**OPMERKING 1** Voor gastoestellen geeft Gaskeur CW-HRww:2010 een gedetailleerde methode. Voor warmtepompen heeft TNO een *Beproevingsrichtlijn tapwater warmtepompen*, rapportnummer R 2003-060, opgesteld die een gedetailleerde methode geeft.

Bepaal eerst het tapwaterzijdig opwekkingsrendement op onderwaarde,  $\eta_{\text{tg}}$ , volgens:

Elektrisch toestel:

$$\eta_{\text{tg}} = \frac{Q_n}{3,6 \times \frac{Q_{\text{toe;el}}}{\eta_{\text{el;ow}}}} \quad (\text{T.3})$$

In dit rendement is de omzetting van primaire energie naar elektriciteit reeds verrekend.

Overige toestellen:

$$\eta_{\text{tg}} = \frac{Q_n}{Q_{\text{prim;toe;ov}} + 3,6 \times \frac{Q_{\text{toe;el}}}{\eta_{\text{el;ow}}}} \quad (\text{T.4})$$

In dit rendement is de omzetting van primaire energie naar elektriciteit voor hulpenergie reeds verrekend.

waarin:

$\eta_{\text{tg}}$  is het dimensieloze tapwaterzijdig opwekkingsrendement, op onderwaarde;

$Q_n$	is de gemeten energie opgenomen in het tapwater waarvan de uitstroomtemperatuur ten minste boven de nuttige temperatuur $\theta_{nuttig}$ ligt, in MJ;
$Q_{\text{prim,toe,ov}}$	is het gemeten opgenomen primaire energiegebruik exclusief eventuele elektrische hulpenergie voor overige dan elektrische toestellen, op onderwaarde, in MJ;
$Q_{\text{toe,el}}$	is het gemeten opgenomen elektriciteitsgebruik inclusief eventuele hulpenergie (bijv. pomp, ventilator, elektronica), in kWh;
$\eta_{\text{el,ow}}$	is het dimensieloze rendement van de elektriciteitsvoorziening omgerekend naar onderwaarde; gebruik voor het dimensieloze rendement ( $1/f_{P,\text{del},el}$ ), waarbij $f_{P,\text{del},el}$ bepaald wordt volgens 5.5.5.

OPMERKING 2 In NTA 8800 wordt een andere primaire energiefactor voor elektriciteit gehanteerd dan in NEN 7120+C2 waardoor het rendement van de elektriciteitsvoorziening verschilt voor verklaringen op basis van NEN 7120+C2 en NTA 8800.

### **Warmwatertoestel zonder cv-functie**

Bepaal voor een warmwatertoestel zonder cv-functie (geen microWKK) en alle warmtepompen zonder externe bijstook het opwekkingsrendement op bovenwaarde volgens:

$$\eta_{W,\text{gen}} = \eta_{tg,bw} \quad (\text{T.5})$$

### **Met gas gestookt combitoestel**

Bepaal voor een met gas gestookt combitoestel het opwekkingsrendement op bovenwaarde volgens:

$$\eta_{W,\text{gen}} = \eta_{tg,bw;\text{jaar}} \quad (\text{T.6})$$

waarin:

$\eta_{tg,bw;\text{jaar}}$	is het dimensieloze jaarrendement van de tapwaterfunctie voor combitoestellen op onderwaarde, $\eta_{tg;\text{jaar}}$ , bepaald volgens T.4.1 of T.4.2 en vervolgens omgerekend naar bovenwaarde;
----------------------------	---

Een met gas gestookt combitoestel betreft in dit verband:

- een met gas gestookt combitoestel zonder geïntegreerde of externe warmtepomp of microWKK;
- een met gas gestookt combitoestel met een geïntegreerde of externe warmtepomp of microWKK mits deze warmtepomp of microWKK in zomerbedrijf niet wordt ingezet voor warmtapwaterbereiding.

OPMERKING 3 Met gas gestookte combitoestellen die zijn voorzien van een warmtepomp of microWKK waarbij er geen inzet is van de warmtepomp of microWKK voor de opwekking van warm tapwater in de zomerperiode, mogen worden beschouwd als 'normale' combitoestellen.

### **Bivalente elektrische warmtepomp met externe bijstook**

Voor een bivalente elektrische warmtepomp met externe bijstook, beproefd volgens T.3.6, worden het opwekkingsrendement en de energiefractie van de warmtepomp bepaald.

Bepaal het elektrisch opwekkingsrendement bij ieder toegepast tappatroon (de klasse) volgens:

$$\eta_{W;gen} = \frac{Q_{n;calc} - Q_{bu}}{3,6 \times Q_{toe;el}} \quad (T.7)$$

Bepaal de energiefactie bij ieder toegepast tappatroon (de klasse) volgens:

$$F_{W;gen} = F_{W;gen;tbu} \times \frac{Q_{n;calc} - Q_{bu}}{Q_{n;calc}} \quad (T.8)$$

### Met gas gestookt combitoestel met microWKK

Bepaal voor een met gas gestookt combitoestel met microWKK het jaargemiddelde thermisch omzettingsgetal op bovenwaarde  $\varepsilon_{W;chp;th}$  volgens:

$$\varepsilon_{W;chp;th} = \eta_{tg;bw} \quad (T.9)$$

Bepaal het jaargemiddelde elektrisch omzettingsgetal op bovenwaarde  $\varepsilon_{W;chp;el}$  volgens:

$$\varepsilon_{W;chp;el} = \frac{Q_{el}}{Q_{prim;toe;bw} + 3,6 \times \frac{Q_{toe;el} - Q_{EE}}{\eta_{el;bw}}} \quad (T.10)$$

waarin:

- $\eta_{W;gen}$  is het dimensiooze opwekkingsrendement voor warm tapwater, bij het gegeven tappatroon (de klasse) op bovenwaarde, van de desbetreffende opwekker;
- $\eta_{tg;bw}$  is het dimensiooze tapwaterzijdig opwekkingsrendement op bovenwaarde,  $\eta_{tg}$ , bepaald volgens formule T.3 of T.4 en vervolgens omgerekend naar bovenwaarde;
- $\eta_{tg;bw;jaar}$  is het dimensiooze jaarrendement van de tapwaterfunctie voor combitoestellen op onderwaarde,  $\eta_{tg;jaar}$ , bepaald volgens T.4.1 of T.4.2 en vervolgens omgerekend naar bovenwaarde;
- $Q_{n;calc}$  is de berekende energie opgenomen in het tapwater waarvan de uitstroomtemperatuur ten minste boven de nuttige temperatuur  $\theta_{nuttig}$  ligt, in MJ;
- $Q_{bu}$  is de totale door de bijstook aan het warm tapwater toe te voeren warmte, volgens formule T.11 in MJ;
- $Q_{toe;el}$  is het gemeten opgenomen elektriciteitsgebruik inclusief eventuele hulpenergie (bijv. pomp, ventilator, elektronica), in kWh;
- $F_{W;gen}$  is de dimensiooze energiefactie voor warm tapwater, bij het gegeven tappatroon (de klasse) op bovenwaarde, die de desbetreffende opwekker levert;
- $F_{W;gen;tbu}$  is de dimensiooze energiefactie voor warm tapwater die opwekker *gi* levert, uitsluitend ten gevolge van de begrenzing van de warmtelevering door de buitentemperatuur; voor warmtepompen met buitenlucht als bron moet de energiefactie worden ontleend aan tabel T.1; voor warmtepompen met ventilatielucht als bron bedraagt de energiefactie 1,0;

- $\varepsilon_{W;chp;th}$  is het dimensiooze jaargemiddelde thermisch omzettingsgetal van de microWKK voor warm tapwater op bovenwaarde;
- $\varepsilon_{W;chp;el}$  is het dimensiooze jaargemiddelde elektrisch omzettingsgetal van de microWKK voor warm tapwater op bovenwaarde;
- $Q_{el}$  is de gemeten opgewekte elektrische energie tijdens het uitvoeren van de beproeving, in MJ;
- $Q_{prim;toe;bw}$  is het gemeten opgenomen primaire energiegebruik exclusief eventuele elektrische hulpenergie, op bovenwaarde, in MJ;
- $Q_{EE}$  is het gemeten opgenomen elektriciteitsverbruik voor de elektronica, in kWh;
- $\eta_{el;bw}$  is het dimensiooze rendement van de elektriciteitsvoorziening op bovenwaarde; gebruik voor het dimensiooze rendement ( $1/f_{P;del;el}$ ), waarbij  $f_{P;del;el}$  bepaald wordt volgens 5.5.5.

De waarde  $Q_{n;calc}$  is de som van alle  $Q_{geleverd;calc}$  zoals bepaald gedurende de tapproef.

Bepaal  $Q_{bu}$  door de gemeten warmtetoevoer van de warmtepomp af te trekken van de totaal berekende opgenomen energie, volgens:

$$Q_{bu} = Q_{n;calc} - \sum Q_{geleverd} \quad (\text{T.11})$$

OPMERKING Bij een eventuele kwaliteitsverklaring van  $\eta_{bu;bivalent}$  behoort rekening te worden gehouden met de bedrijfscondities die optreden bijstook.

Voor een aantal energiedragers geeft tabel T.7 de omrekeningsfactoren voor de omzetting van het rendement op onderwaarde naar het rendement op bovenwaarde.

**Tabel T.7 — Omrekeningsfactor van onderwaarde naar bovenwaarde**

Energiedrager	$\eta_{bw}/\eta_{ow}$
Elektriciteit	0,923
Aardgas	0,902
Propaan	0,921
Butaan	0,924
waarin:	
	$\eta_{bw}$ is het rendement op bovenwaarde;
	$\eta_{ow}$ is het rendement op onderwaarde.

## T.4 Bepaling jaarrendement voor combitoestellen

### T.4.1 Bepaling op basis van zomer- en winterrendementsmeting

#### T.4.1.1 Rekenregel

De hier gegeven methode mag uitsluitend worden toegepast voor met gas gestookte individuele combitoestellen zonder toepassing van een warmtepomp of micro-WKK.

Het jaargebruiksrendement van de tapwaterfunctie op onderwaarde,  $\eta_{tg;jaar}$ , wordt bepaald op basis van het 'zomerrendement' ( $\eta_Z'$ ) en het 'winterrendement' ( $\eta_W'$ ), die rechtstreeks aan het toestel zijn gemeten. De formule luidt:

$$\eta_{tg;jaar} = \frac{\eta_Z' \cdot \frac{Q_{tap;Z} \times D_Z + Q_{tap;W} \times D_W}{\eta_W' \times \eta_{el;ow}} + \frac{(D_Z + D_W) \times 3,6 \times (Q_{ZE} - Q_{EE})}{\eta_{el;ow}}}{\eta_Z' + \eta_W'} \quad (T.12)$$

waarin:

- $\eta_{tg;jaar}$  is het dimensieloze jaargebruiksrendement van de tapwaterfunctie voor combitoestellen, op onderwaarde;
- $Q_{tap;Z}$  is de nuttige taphoeveelheid in zomerpatroon, in MJ/dag;
- $D_Z$  is het aantal dagen in de zomerperiode (= 153);
- $Q_{tap;W}$  is de nuttige taphoeveelheid in winterpatroon, in MJ/dag;
- $D_W$  is het aantal dagen in de winterperiode (verwarmingsseizoen) (= 212);
- $\eta_Z'$  is het dimensieloze 'zomerrendement' exclusief elektrische hulpenergie, op onderwaarde, bepaald volgens T.4.1.2;
- $\eta_W'$  is het dimensieloze 'winterrendement' exclusief elektrische hulpenergie, op onderwaarde, bepaald volgens T.4.1.2;
- $Q_{ZE}$  is het elektriciteitsverbruik tijdens zomertappatroon, in kWh/dag;
- $Q_{EE}$  is het elektriciteitsverbruik voor de elektronica, in kWh/dag;
- $\eta_{el;ow}$  is het dimensieloze rendement van de elektriciteitsvoorziening omgerekend naar onderwaarde; gebruik voor het dimensieloze rendement ( $1/f_{P;del;el}$ ), waarbij  $f_{P;del;el}$  bepaald wordt volgens 5.5.5.

#### T.4.1.2 Meting van het winter- en zomerrendement exclusief hulpenergie

Het toestel wordt onderworpen aan een meting die in de basis identiek is aan die voor het gebruiksrendement op tapwater volgens T.3, waaraan toegevoegd enkele metingen om de start/stop- en de cv-gebonden stilstandsverliezen te bepalen.

Hiervoor wordt na een verwarmingsactie (branderactie) het cv-deel met water van 30 °C gespoeld, totdat het verschil in aanvoer- en retourtemperatuur kleiner is geworden dan 2 K. Bepaald worden de door het toestel aan het spoelwater overgedragen energie-inhoud, de

energie-inhoud in het tapwater conform tappatroon ( $Q_{\text{tap};W}$ ) en de totaal benodigde energie ( $Q_{\text{toe};W}$ ).

Het winterrendement en het zomerrendement (beide exclusief hulpenergie) worden berekend met de volgende formules:

$$\eta_z' = \frac{Q_{\text{tap};Z}}{Q_{\text{toe};Z}} \quad (\text{T.13})$$

en:

$$\eta_w' = \frac{\frac{Q_{\text{tap};W}}{Q_{\text{CV}}}}{Q_{\text{toe};W} - \frac{Q_{\text{CV}}}{\eta_{\text{cv-nom}}}} \quad (\text{T.14})$$

waarin:

- $\eta_z'$  is het dimensieloze ‘zomerrendement’ exclusief hulpenergie, op onderwaarde;
- $Q_{\text{tap};Z}$  is de nuttige taphoeveelheid in zomerpatroon, in MJ/dag;
- $Q_{\text{toe};Z}$  is de gebruikte hoeveelheid primaire energie, exclusief elektrische hulpenergie, in de zomersituatie, in MJ/dag;
- $\eta_w'$  is het dimensieloze ‘winterrendement’ exclusief hulpenergie, op onderwaarde;
- $Q_{\text{tap};W}$  is de nuttige taphoeveelheid in winterpatroon, in MJ/dag;
- $Q_{\text{toe};W}$  is de gebruikte hoeveelheid primaire energie, exclusief elektrische hulpenergie, in de wintersituatie, in MJ/dag;
- $Q_{\text{CV}}$  is de aan de cv-functie toe te rekenen hoeveelheid primaire energie, in MJ/dag;
- $\eta_{\text{cv-nom}}$  is het dimensieloze vollastrendement onder nominale condities van de cv-functie, op onderwaarde. Voor combitoestellen met een warmtepomp of microWKK moet voor de bepaling van het vollastrendement worden uitgegaan van het nominale vollastrendement van alleen de bijstookinrichting, dus bij uitgeschakelde warmtepomp of microWKK.

## T.4.2 Bepaling op basis van forfataire omrekening

### T.4.2.1 Rekenregel

De hier gegeven methode mag uitsluitend worden toegepast voor met gas gestookte combitoestellen zonder toepassing van een warmtepomp of microWKK ten behoeve van de tapfunctie.

Indien voor gastoestellen het gebruiksrendement op tapwater,  $\eta_{tg;bw}$ , bepaald volgens T.3 en omgerekend naar bovenwaarde, een waarde heeft van ten minste 0,40 op bovenwaarde (warmwatertoestel klasse CW), mag het jaargebruiksrendement van de tapwaterfunctie,  $\eta_{tg;jaar}$ , met behulp van de volgende formule worden bepaald uit het winter- en zomerrendement (inclusief alle hulpenergie):

$$\eta_{tg;jaar} = \frac{D_Z + D_W}{\frac{D_Z}{\eta_Z} + \frac{D_W}{\eta_W}} \quad (T.15)$$

waarin:

- $\eta_{tg;jaar}$  is het dimensieloze jaargebruiksrendement van de tapwaterfunctie voor combitoestellen, op onderwaarde;
- $D_Z$  is het aantal dagen in de zomerperiode (= 153);
- $D_W$  is het aantal dagen in de winterperiode (= 212);
- $\eta_Z$  is het dimensieloze zomerrendement inclusief alle hulpenergie, op onderwaarde, bepaald volgens T.4.2.2;
- $\eta_W$  is het dimensieloze winterrendement inclusief alle hulpenergie, op onderwaarde, bepaald volgens T.4.2.2.

#### T.4.2.2 Rekenwaarden voor winter- en zomerrendement

In de bepaling op basis van de forfaitaire omrekening gelden als rekenwaarden voor het zomer- respectievelijk winterrendement (inclusief alle hulpenergie):

$$\eta_Z = \eta_{tg} \quad (T.16)$$

en:

$$\eta_W = \eta_{tg} + K_f \times (\eta_{cv-nom} - \eta_{tg}) \quad (T.17)$$

waarin:

- $\eta_Z$  is het dimensieloze zomerrendement inclusief alle hulpenergie, op onderwaarde;
- $\eta_{tg}$  is het dimensieloze tapwaterzijdig opwekkingsrendement, op onderwaarde, inclusief alle hulpenergie, bepaald volgens formule T.4;
- $\eta_W$  is het dimensieloze winterrendement inclusief alle hulpenergie, op onderwaarde;
- $K_f$  is een dimensieloze forfaitaire correctiefactor;
- $\eta_{cv-nom}$  is het dimensieloze vollastrendement onder nominale condities van de cv-functie, op onderwaarde. Voor combitoestellen met een warmtepomp of microWKK moet voor de bepaling van het vollastrendement worden uitgegaan van het nominale vollastrendement van alleen de bijstookinrichting, dus bij uitgeschakelde warmtepomp of microWKK.

Voor combitoestellen waarvan het rendement is gemeten volgens A.3, geldt  $K_f = 0,5$ .

**OPMERKING** Deze waarde is een conservatieve benadering; zie ook *Gaskeur CW-HRww:2010* en het rapport *Vergelijkende metingen Gaskeur CW met EPN* van Gastec, augustus 1998.

## T.5 Resultaten en rapportage

In de rapportage van de beproeving worden ten minste de volgende gegevens opgenomen:

- a) beproevingscentrum;
- b) beproevingsdatum;
- c) supervisor;
- d) type toestel;
- e) fabrikaat, typenummer, serienummer;
- f) tappatroon (klasse) waarbij de beproeving is uitgevoerd;
- g) instellingen;
- h) opwekkingsrendement;
- i) gewenste en gerealiseerde temperatuur tijdens de uitvoering van de meting.

## Bijlage U

(normatief)

# Bepaling rendement douchewaterwarmteterugwinning

### U.1 Principe

Het rendement van een toestel voor douchewaterwarmteterugwinning (DWTW) wordt bepaald als de verhouding tussen de aan het tapwater nuttig afgegeven hoeveelheid warmte onder gebruiksomstandigheden en de hoeveelheid warmte in het douchewater.

Omdat het rendement bij bepaalde toestellen sterk afhangt van de duur van de douchetapping en het tapdebit, zijn standaard douchetappingen gedefinieerd, die elk representatief zijn voor een bepaalde mate van dagelijks warmtapwatergebruik (toepassingsklasse). De getalswaarde van een gemeten rendement heeft dus uitsluitend betekenis indien daarbij de klasse wordt opgegeven waarbij het rendement is bepaald.

### U.2 Uitgangspunten

#### U.2.1 Meetcondities

De meetcondities voor de bepaling van het DWTW-rendement zijn:

- a) tapwaterinlaatdruk: 0,2 MPa (overdruk);
- b) tapwaterinlaattemperatuur,  $\theta_{koud}$ :  $10^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ K}$ ;
- c) douchewatertemperatuur,  $\theta_{douche}$ :  $40^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ K}$ ;
- d) omgevingstemperatuur opstellingsruimte:  $20^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$ .

De overige meetcondities: tapdebit, tapvolume en tapduur zijn afhankelijk van de klasse en worden hieronder gegeven.

#### U.2.2 Douchetapping per klasse

De meetcondities van de douchetapping zijn gegeven per klasse; zie tabel U.1. De indeling in klassen en de bijbehorende meetcondities zijn gebaseerd op de klassen van tappatronen, zoals beschreven in bijlage T.

**Tabel U.1 — Meetcondities van de douchetapping per klasse**

CW-klasse	Tapdebit l/min	Tapvolume l	Tapduur min:s
2	5,8	47	8:06
3	9,2	73	7:56
4, 5, 6	12,5	100	8:00

Het debiet dat door de DWTW-unit stroomt, is identiek voor afvalwater en aanvoerwater en gelijk aan het totale tapdebit.

De tapduur waarover wordt gemeten, wordt bepaald door het vereiste tapvolume en het tapdebiet uit tabel U.1.

**OPMERKING** In de filosofie van de methode voor de bepaling van het opwekkingsrendement van warmtapwatertoestellen (en de Gaskeur CW-criteria) gelden deze volumes bij een temperatuur van 40 °C. Bij hogere temperaturen is het volume minder, bij lagere is het volume meer. In feite wordt dus niet zozeer een bepaald volume vereist als wel een bepaalde geleverde energie. De hier gegeven tapduur is gevonden door het tapvolume te delen door het tapdebiet.

### **U.2.3 Meetnauwkeurigheid**

Het opwekkingsrendement wordt bepaald met een onnauwkeurigheid van ten hoogste 5 procentpunten.

## **U.3 Beproevingsmethode**

### **U.3.1 Meetapparatuur**

Tijdsafhankelijke temperatuurmetingen moeten worden uitgevoerd met temperatuuropnemers met een tijdcyclische van ten hoogste 1 s bepaald in stilstaand water en met een meetnauwkeurigheid van ten hoogste  $\pm 1$  K.

Meting van het koude en voorverwarmde aanvoerwater moet zo dicht mogelijk op de uiteinden van de DWTW-unit plaatsvinden. Meting van het aanvoerwaterdebit mag op een andere plaats plaatsvinden waarbij echter wel de watertemperatuur ter plekke ( $\theta_{koud}$ ) moet worden geregistreerd. Deze is nodig om de dichtheid van het water op een correcte manier te berekenen.

### **U.3.2 Proefopstelling en begincondities**

De DWTW-unit moet zo worden opgesteld en van meet- en regelapparatuur worden voorzien dat de genoemde meetcondities, douchetapping en meetnauwkeurigheid worden gerealiseerd.

Om voor iedere meting eenzelfde uitgangssituatie te verkrijgen mag de werkelijke meting niet eerder starten dan wanneer de temperatuur van het warme douchewater een stabiele waarde heeft bereikt. Pas bij het begin van de meting mag het warme douchewater de DWTW-unit doorstromen. Daarvóór mag geen doorstroming van de DWTW-unit met douchewater optreden.

De DWTW-unit moet voor de meting op een uniforme temperatuur van het koude aanvoerwater worden gebracht. Dit wordt bereikt door voor de meting de DWTW-unit aan de aanvoerzijde te doorstromen met koud drinkwater.

Om de praktijksituatie zo veel mogelijk na te bootsen moet de toestroom van het afvalwater via een sifon lopen, tenzij deze volgens inbouwvoorschrift van de leverancier na het toestel is geplaatst. De lengte tussen het punt waarop de temperatuur van het douchewater wordt gemeten en de ingang van de DWTW-unit moet zo kort mogelijk zijn en deze leiding moet zo veel mogelijk zijn geïsoleerd.

### **U.3.3 Bepaling van het DWTW-rendement**

De meetopstelling moet zo worden bediend dat de vereiste energie-inhoud ( $Q_{gewenst}$ ) per douchetapping wordt gerealiseerd met water waarvan de uitstroomtemperatuur ten hoogste 1 K afwijkt van de aangegeven douchewatertemperatuur,  $\theta_{douche}$ . De werkelijk te tappen volumes moeten worden bepaald op basis van de nuttig aan het douchewater overgedragen hoeveelheid energie. De gewenste hoeveelheid energie moet per tapping als volgt uit de gegevens worden afgeleid:

$$Q_{\text{gewenst}} = m \times 4,18 \times \Delta\theta \quad (\text{U.1})$$

waarin:

$Q_{\text{gewenst}}$  is de gewenste energiehoeveelheid van de douchetapping, die wordt aangeboden aan de DWTW-unit, in kJ;

$m$  is de hoeveelheid getapt water van de gewenste temperatuur, in kg; deze is getalsmatig gelijk aan het tapvolume in  $\text{dm}^3$  zoals per douchetapping opgegeven in U.2.2;

$\Delta\theta$  is het verschil tussen  $\theta_{\text{douche}}$  en  $\theta_{\text{koud}}$ , in K.

Aan het begin van de meting moet het drinkwater in de DWTW-unit de koudwatertemperatuur hebben, met een afwijking van ten hoogste 1 K.

Het tapdebiet van de douche en het drinkwater moeten identiek zijn en moeten gelijktijdig worden gestart en beëindigd.

De energie-inhoud van het drinkwater moet gedurende de gehele tapping worden gemeten. Hierbij moet  $\theta_{\text{koud}}$  als referentie worden gebruikt.

De meting moet worden beëindigd zodra  $Q_{\text{douche}} = Q_{\text{gewenst}}$ .  $Q_{\text{douche}}$  is de gemeten energie-inhoud van de douchetapping. Hierbij moet  $\theta_{\text{koud}}$  als referentie worden gebruikt.

De meting heeft een duur van de tapduur, eventueel aangepast aan afwijkingen van de douchewatertemperatuur.

Het rendement van de DWTW moet uit de meetgegevens worden bepaald volgens onderstaande formule.

$$\eta_{\text{DWTW}} = \frac{Q_{\text{DWTW}}}{Q_{\text{douche}}} \quad (\text{U.2})$$

De energiehoeveelheid van het in de DWTW-unit opgewarmde drinkwater  $Q_{\text{DWTW}}$  moet uit de meetgegevens worden bepaald volgens onderstaande formule:

$$Q_{\text{DWTW}} = \sum \{ q_{v;\text{koud}} \times \rho(\theta_{\text{koud}}) \times [ h(\theta_{\text{koud};\text{uit}}) - h(\theta_{\text{koud}}) ] \times dt \} \quad (\text{U.3})$$

De energiehoeveelheid van de douchetapping  $Q_{\text{douche}}$  moet uit de meetgegevens worden bepaald volgens onderstaande formule:

$$Q_{\text{douche}} = \sum \{ q_{v;\text{douche}} \times \rho(\theta_{\text{douche}}) \times [ h(\theta_{\text{douche}}) - h(\theta_{\text{koud}}) ] \times dt \} \quad (\text{U.4})$$

waarin:

$\eta_{\text{DWTW}}$  is het dimensiooze rendement van de DWTW-unit;

$Q_{\text{DWTW}}$  is de energiehoeveelheid van het in de DWTW-unit opgewarmde drinkwater, in kJ;

$q_{v;\text{koud}}$  is het waterdebiet van het drinkwater door de DWTW-unit, in  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$\rho(\theta)$  is de soortelijke dichtheid van het water, als functie van de temperatuur volgens U.3.4, in  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

- $\theta_{koud}$  is de temperatuur van het drinkwater aan de inlaat van de DWTW-unit, in °C;
- $h(\theta)$  is de soortelijke enthalpie van het water, als functie van de temperatuur volgens U.3.4, in kJ/kg;
- $\theta_{koud;uit}$  is de temperatuur van het opgewarmde drinkwater aan de uitlaat van de DWTW-unit, in °C;
- $dt$  is de samptijd, in s;
- $Q_{douche}$  is de energiehoeveelheid van de douchetapping, in kJ;
- $q_{v;douche}$  is het waterdebiet van het douchewater door de DWTW-unit, in m<sup>3</sup>/s;
- $\theta_{douche}$  is de temperatuur van het douchewater aan de inlaat van de DWTW-unit, in °C.

De sommatie moet worden uitgevoerd over de gehele duur van de meting.

Meting moet gebeuren over de gehele tijdsperiode waarin wordt getapt, waarin met een constante frequentie de gewenste meetwaarden worden geregistreerd. Elke registratie van meetwaarden is een sample. De tijdsduur tussen twee samples is de samptijd ( $dt$ ). De maximale samptijd bedraagt 1 s.

De meting moet voor elk toestel driemaal worden uitgevoerd per klasse. Het rekenkundig gemiddelde rendement van deze drie metingen, naar beneden afgerond op een veelvoud van 0,025, moet als eindresultaat worden gepresenteerd.

OPMERKING DWTW-units met een grote middellijn van de binnenuit zijn erg gevoelig voor het stromingsprofiel van het afvalwater. Zelfs bij eenzelfde meetopstelling kan dit tot onaanvaardbare variaties in het meetresultaat leiden.

### **U.3.4 Formules voor soortelijke dichtheid en enthalpie van water**

Soortelijke dichtheid van water:

$$\rho(\theta) = 999,964\ 9 + 0,026\ 467\ 2 \times \theta - 0,006\ 154\ 9 \times \theta^2 + 1,775E - 05 \times \theta^3 \quad (\text{U.5})$$

Soortelijke enthalpie van water:

$$h(\theta) = 0,167\ 853 + 4,185\ 87 \times \theta - 0,000\ 146\ 789 \times \theta^2 + 9,381\ 53E - 07 \times \theta^3 + 8,367\ 64E - 09 \times \theta^4 \quad (\text{U.6})$$

waarin:

$\theta$  is de temperatuur van het water, in °C.

### **U.4 Resultaten en rapportage**

In de rapportage van de beproeving moeten ten minste de volgende gegevens worden opgenomen:

- beproevingscentrum;
- beproevingsdatum;
- supervisor;
- type toestel;
- fabricaat, typenummer, serienummer;

DWTW-rendement per doucheklasse.

## Bijlage V

(normatief)

### Regeneratie bronsystemen bij toepassing warmtepompen

Voor de correctiefactor  $c_{\text{source}}$  voor regeneratie van een individuele bodemwarmtewisselaar gelden de in tabel V.1 gegeven getalswaarden.

**Tabel V.1 — Correctiefactor  $c_{\text{source}}$  opwekkingsrendement verwarmingssysteem en warmtapwaterbereiding met individuele bodemwarmtewisselaars (bodem) en regeneratie**

Mate van regeneratie ( $R$ )	$c_{\text{source}}$
0 – <0,5	1,00
0,5 – <0,75	1,02
≥ 0,75	1,04

waarin:

$R$  is de mate van regeneratie, volgens formule (V.1).

De mate van regeneratie wordt bepaald volgens:

$$R = \frac{Q_{C;\text{nd};fc;zi} + Q_{\text{sol};\text{reg};i}}{\left( \sum_{mi} Q_{H;\text{dis};nren;si;mi} \right) \times \left( 1 - \frac{\eta_{el}}{\eta_{H;\text{gen};si}} \right) + \left( \sum_{mi} Q_{W;\text{dis};nren;si,mi} \right) \times \left( 1 - \frac{\eta_{el}}{\eta_{W;\text{gen};si}} \right)} \quad (\text{V.1})$$

Indien er sprake is van vrije koeling door toepassing van koudeopslag/bodemkoeling geldt:

$$Q_{C;\text{nd};fc;zi} = Q_{C;\text{nd};zi} \quad (\text{V.2})$$

In alle overige gevallen geldt:

$$Q_{C;\text{nd};fc;zi} = 0 \quad (\text{V.3})$$

waarin:

$Q_{C;\text{nd};fc;zi}$  is de jaarlijkse bijdrage van vrije koeling van zone  $zi$  van de woonfunctie of het woongebouw, in kWh;

$Q_{C;\text{nd};zi}$  is de jaarlijkse koudebehoefte voor koeling van zone  $i$  van de woonfunctie of het woongebouw, door sommatie over het jaar van de termen  $Q_{C;\text{nd};zi;mi}$ , bepaald volgens hoofdstuk 7, in kWh;

$Q_{\text{sol};\text{reg};i}$  is de jaarlijkse bijdrage van het zonne-energiesysteem  $i$  voor regeneratie, bepaald volgens formule V.4 in kWh;

$Q_{H;\text{dis};nren;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van de energiefunctie verwarming, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $nren$ ) geleverd aan het

distributiedeel van systeem  $si$ , in kWh; gebruik hiervoor de som van  $Q_{H;\text{nod};\text{out}}$  en  $Q_{H;\text{nod};\text{ls}}$  zoals bepaald in 9.2.3.2 en 9.2.3.3 minus  $Q_{H;\text{ren}}$  zoals bepaald in 13.7.2;

- $\eta_{el}$  is het dimensieloze rendement van de elektriciteitsvoorziening voor het landelijke openbare opwekkingspark, op bovenwaarde, rekening houdend met netverliezen; gebruik voor het dimensieloze rendement ( $1/f_{P;\text{del};\text{el}}$ ), waarbij  $f_{P;\text{del};\text{el}}$  bepaald wordt volgens 5.5.5;
- $\eta_{H;\text{gen};si}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor ruimteverwarming, in het systeem  $si$ , bepaald volgens 14.6, met  $C_{\text{source}} = 1,0$ ;
- $Q_{W;\text{dis};\text{nren};si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers ( $_{\text{nren}}$ ) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.1.2, in kWh;
- $\eta_{W;\text{gen};si}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor warm tapwater, in het systeem  $si$ , bepaald volgens 19.7, met  $C_{\text{source}} = 1,0$ .

Energiehoeveelheden moeten alleen in de noemer worden opgenomen indien deze energie door een warmtepomp wordt opgewekt die op dezelfde bron is aangesloten als de bron die wordt geregenereerd.

### De jaarlijkse bijdrage van het zonne-energiesysteem voor regeneratie

Bepaal de jaarlijkse bijdrage van een zonne-energiesysteem  $i$  voor regeneratie volgens:

$$Q_{\text{sol};\text{reg};i} = \eta_{\text{sol};\text{reg};i} \times Q_{\text{sol};\text{reg};\text{rec};i} \quad (\text{V.4})$$

waarin:

$$Q_{\text{sol};\text{reg};\text{rec};i} = F_{\text{sh};\text{obst};mi;i} \times A_{\text{col};i} \times \sum (I_{\text{sol};mi} \times t_{mi}) \quad (5 \leq mi \leq 9) \quad (\text{V.5})$$

waarin:

- $Q_{\text{sol};\text{reg};i}$  is de jaarlijkse bijdrage van het zonne-energiesysteem  $i$  voor regeneratie, bepaald volgens formule (V.4), in kWh;
- $\eta_{\text{sol};\text{reg};i}$  is het dimensionele jaarrendement van het zonne-energiesysteem  $i$  voor regeneratie, bepaald volgens tabel V.2;
- $Q_{\text{sol};\text{reg};\text{rec};i}$  is de hoeveelheid in de zomermaanden op de zonnecollectoren van systeem  $i$  vallende straling, in kWh;
- $F_{\text{sh};\text{obst};mi;i}$  is de dimensieloze beschaduwingsreductiefactor van de zonnecollector(en) van zonne-energiesysteem  $i$  voor regeneratie, in maand  $mi$ , bepaald volgens 17.3;
- $A_{\text{col};i}$  is het referentieoppervlak van de zonnecollector(en) van zonne-energiesysteem  $i$ , bepaald volgens NEN-EN 12975-2, in m<sup>2</sup>;
- $I_{\text{sol};mi}$  is de opvallende zonnestraling in maand  $mi$  bepaald volgens 17.2, in W/m<sup>2</sup>;
- $t_{mi}$  is de lengte van maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h;
- $mi$  is het ranggetal van de desbetreffende maand, waarbij  $mi$  zich beperkt tot de periode mei tot en met september;
- $i$  is het ranggetal van het zonne-energiesysteem.

**Tabel V.2 — Jaarrendement zonne-energiesysteem voor regeneratie**

<b>Verhouding warmtevraag/zonaanbod</b>	<b>Jaarrendement voor regeneratie</b> $\eta_{sol;reg;i}^a$
0	0,58
0,25	0,56
0,60	0,51
0,80	0,48
1,00	0,46
1,60	0,43
2,00	0,41
$\geq 5,00$	0,35

<sup>a</sup> Deze rekenwaarden voor het rendement gelden voor systemen met water als transportmedium, collectorafdekking van enkel glas, spectraalselectieve absorbeerplaat en een warmteopslagcapaciteit van ten minste 0,05 MJ/K per m<sup>2</sup> collectoroppervlakte. Voorts zijn deze getalswaarden uitsluitend geldig voor oriëntaties vanaf zuidoost tot en met zuidwest en voor hellingen van 0° tot en met 90°.

De verhouding warmtevraag/zonaanbod ( $F$ ) wordt bepaald volgens:

$$F = \frac{\left( \sum_{mi} Q_{H;dis;nren;si;mi} \right) \times \left( 1 - \frac{\eta_{el}}{\eta_{H;gen;si}} \right) + \left( \sum_{mi} Q_{W;dis;nren;si,mi} \right) \times \left( 1 - \frac{\eta_{el}}{\eta_{W;gen;si}} \right)}{Q_{sol;reg;rec;i}} \quad (V.6)$$

Interpoleer rechtlijnig voor tussenliggende waarden, met inachtneming van de hierna genoemde afrondingsregels.

Indien een van de tabel afwijkende waarde wordt overlegd, moet deze naar beneden zijn afgerond tot de dichtstbijzijnde getalswaarde uit de in bijlage X gegeven reeks.

**OPMERKING** Met deze afrondingsregels wordt een klasse-indeling nagestreefd. De klassen zijn zo gekozen dat, indien bij vergroting van de collectoroppervlakte een klassegrens wordt overgestoken, de lagere rekenwaarde voor het rendement niet leidt tot de onlogische situatie dat er een significante verlaging van de jaarlijkse bijdrage van het zonne-energiesysteem optreedt.

**Collectieve warmtebron**

Voor de correctiefactor  $c_{\text{source}}$  voor regeneratie van een warmtepompsysteem met een collectieve warmtebron (grondwater) gelden de in tabel V.3 genoemde getalswaarden.

**Tabel V.3 — Correctiefactor  $c_{\text{source}}$  opwekkingsrendement verwarmingssysteem en warmtapwaterbereiding met collectieve warmtebron (grondwater)**

<b>Elektrische warmtepomp, niet behorend tot externe warmtelevering, met als bron</b>	<b><math>c_{\text{source}}</math></b>
Collectief bronsysteem (recirculatietype)	1,00
Collectief bronsysteem (doublette-type)	1,04

## Bijlage W

(normatief)

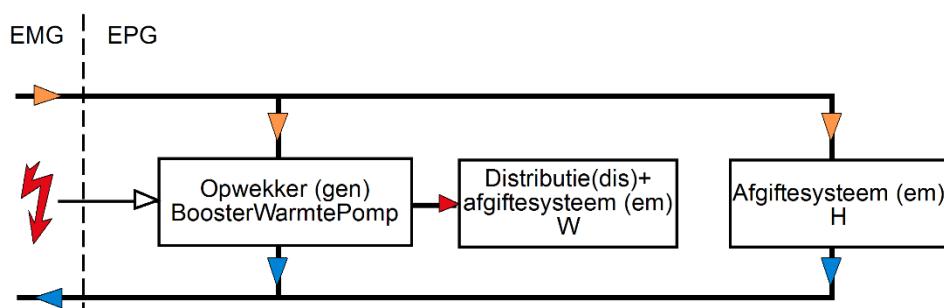
### Bepaling opwekkingsrendement boosterwarmtepompen

#### W.1 Principe

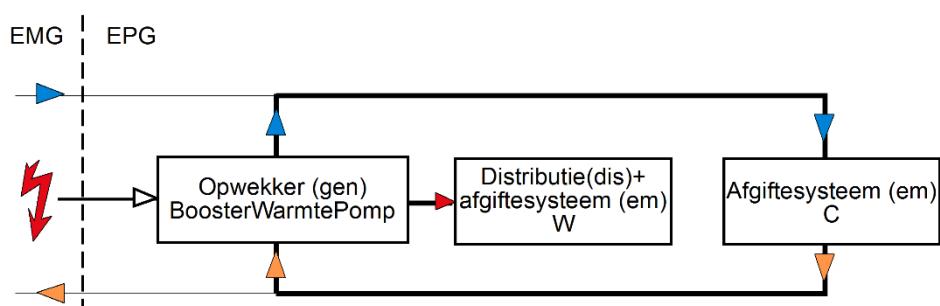
Deze bijlage geeft de bepalingsmethode voor het opwekkingsrendement van individuele warmtapwaterwarmtepompen met een hogetemperatuurwarmtebron, met een watertemperatuur boven 12 °C, in het vervolg aangeduid als boosterwarmtepompen (BWP).

In woningen en gebouwen met een collectief verwarmingssysteem kan voor de bereiding van warm tapwater een boosterwarmtepomp worden toegepast, waarbij warmte van het collectieve verwarmingssysteem, al dan niet aangevuld met warmte onttrokken aan de woning of het gebouw, als warmtebron voor de BWP fungert.

De twee manieren waarop de individuele BWP kan worden aangesloten, zijn geschetst in figuur W.1 en figuur W.2.



**Figuur W.1 — BWP aangesloten op een collectief verwarmingssysteem, hier in de vorm van externe warmtelevering, parallel aan afgiftesysteem voor ruimteverwarming**



**Figuur W.2 — BWP serieel aangesloten op het afgiftesysteem voor ruimtekoeling, eventueel in combinatie met een collectief koelsysteem, hier in de vorm van externe koudelevering**

De BWP gebruikt twee energiestromen: elektriciteit en warmte, elk met een eigen primair energiegebruik.

Het elektrisch energiegebruik wordt bepaald door de hoeveelheid geleverd warm tapwater, de COP van de BWP en het stand-byverbruik. Het energiegebruik van de warmtebron wordt bepaald door de som van geleverd warm tapwater en vatverliezen minus het elektrisch energiegebruik.

De energieprestatie van de BWP als warmteopwekker voor warm tapwater wordt op de volgende manier in de EPG-methode weergegeven:

- Energiegebruik van de warmtebron; geleverd door het verwarmingssysteem van het gebouw.

Dit is de ingaande energiestroom voor de opwekker voor warm tapwater; de omrekening naar primair energiegebruik gebeurt met het opwekkingsrendement voor verwarming en de bijbehorende energiefactor.

- Elektrisch energiegebruik van de BWP.

Dit wordt in de EPG verwerkt als hulpenergiegebruik van de BWP.

Indien de BWP (deels) gebruikmaakt van de warmte uit het koelsysteem, dan heeft de BWP tevens het karakter van een koelmachine. Indien gewenst kan ter indicatie het opwekkingsrendement en de energiefractie voor koeling bepaald worden. Het opwekkingsrendement betreft de verhouding tussen geleverde koude en energiegebruik van de circulatiepomp. Het gelijktijdige elektrische energiegebruik van de BWP zelf wordt toegerekend aan de tapfunctie. Het (totale) hulpenergiegebruik voor de circulatiepomp van koeling wordt bepaald in H10.

OPMERKING 1 De warmtapwaterwarmtepomp kan uitsluitend in de configuratie volgens figuur W.1 worden bedreven, of, door middel van omkeerkleppen, afwisselend ook in de configuratie volgens figuur W.2.

OPMERKING 2 Een BWP benut in de regel een warmtebron op een temperatuurniveau van 24 (of 16) °C – 40 °C. De methode is in principe geschikt voor een groter temperatuurbereik.

OPMERKING 3 Voor warmtapwaterwarmtepompen die uitsluitend een koudwaternet als warmtebron benutten, behoort de energieprestatie te worden bepaald volgens de methode in hoofdstuk 13.

De prestatie van de boosterwarmtepomp wordt bepaald door twee of drie variabelen:

- de geleverde hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater;
- de ingaande brontemperatuur;
- de benodigde hoeveelheid energie ten behoeve van de energiefunctie koeling (optioneel).

Omdat deze variabelen per gebouw verschillen, wordt hieronder een algemene aanpak gevolgd om op basis van de gemeten toestelprestaties de energieprestatie per gebouw te bepalen:

- De toestelprestaties worden bepaald volgens de methode van bijlage T bij twee ingaande brontemperaturen van respectievelijk 24 (of 16) °C en 40 °C en bij een of meer standaard tappatronen (comfortklasse of toepassingsklasse, verder aangeduid als klasse). Dit is uitgewerkt in W.4, waar tevens de eisen voor rapportage van de meetresultaten zijn opgenomen.
- De bepaling van de COP voor een van de metingen afwijkende taphoeveelheid wordt beschreven in W.3.3.

- De bepaling van de COP bij een van de metingen afwijkende brontemperatuur wordt beschreven in W.3.1; de bepaling van de hiervoor vereiste COP-constanten gebeurt in W.3.2.
- De bepaling van het elektrisch en thermisch energiegebruik op jaarbasis en het resulterende equivalente opwekkingsrendement van de boosterwarmtepomp, voor de combinatie van taphoeveelheid, brontemperatu(u)r(en) en optioneel koudebehoeft, wordt beschreven in W.2.
- Indien de boosterwarmtepomp mede gebruikmaakt van warmte uit de woning, dan wordt het opwekkingsrendement en de energiefractie voor koeling bepaald in W.2.

## **W.2 Energieprestatie**

### **W.2.1 Elektrisch (hulp)energiegebruik voor warmtapwater**

Bepaal de door de BWP gebruikte elektrische (hulp)energie per maand:

$$W_{W;\text{aux;gen;bp;mi}} = \frac{Q_{W;\text{gen};gi,\text{out};mi}}{COP_{W;\text{hp};mi} \times f_{\text{prac};gi}} \quad (\text{W.1})$$

waarin:

$W_{W;\text{aux;gen;bp,mi}}$  is de hoeveelheid gebruikte elektrische (hulp)energie ten behoeve van warm tapwater, voor maand  $mi$ , van de BWP ( $gi = hp$ ), in kWh;

$Q_{W;\text{gen};gi,\text{out},mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2, in kWh;

$COP_{W;\text{hp};mi}$  is de COP van de BWP, in maand  $mi$ , bepaald volgens W.3.1;

$f_{\text{prac};gi}$  is de dimensioze correctiefactor voor het opwekkingsrendement van toestel  $gi$  onder praktijkomstandigheden. Bij toepassing van het forfaitaire opwekkersrendement van boosterwarmtepompen geldt  $f_{\text{prac};gi} = 1,0$ , in overige gevallen geldt  $f_{\text{prac};gi} = 0,95$ .

Rond  $W_{W;\text{aux;gen;bp,mi}}$  af naar boven op twee significante cijfers tot de dichtstbijzijnde getalswaarde uit de in bijlage X gegeven reeks.

### **W.2.2 Warmtegebruik voor warm tapwater, geleverd door verwarmingssysteem**

Bepaal de door de BWP gebruikte energie, geleverd door het collectieve verwarmingssysteem  $hj$ ,  $E_{W;\text{hj};an}$ , per maand, volgens:

$$E_{W;\text{gen,in};hj;mi} = MAX(Q_{W;\text{hp};mi} + Q_{W;\text{hp};ls;mi} - f_c \times Q_{c;\text{gen,BWP,in};mi}; 0) / 3,6 \quad (\text{W.2})$$

$$Q_{c;\text{gen,BWP,in};mi} = f_c \times MIN(Q_{c;\text{HP};si;mi} \times 3,6; Q_{W;\text{HP};mi} + Q_{W;\text{HP};ls;mi}) \quad (\text{W.3})$$

waarin:

$E_{W;\text{gen,in};hj;mi}$  is de door de BWP gebruikte energie, geleverd door het collectieve verwarmingssysteem  $si = hj$ , per maand, in kWh;

- $f_c$  is de dimensieloze factor voor al ( $f_c = 1$ ) dan niet ( $f_c = 0$ ) toepassing van een BWP voor gebouwkoeling, conform figuur W.2;
- $Q_{C;gen,BWP;in;mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van de energiefunctie koeling, in maand  $mi$ , door de boosterwarmtepomp aangeleverd aan het distributiedeel van koelsysteem  $si$ , in MJ;
- $Q_{C,HP,si;mi}$  is de door de boosterwarmtepomp aan het koudedistributiesysteem  $si$ , in maand  $mi$ , ontrokken energie, volgens vergelijking 10.6 indien aan de voorwaarde van vergelijking 10.7 wordt voldaan, of volgens vergelijking 10.9, in kWh;
- $Q_{W;hp;mi}$  is de t.b.v. warmtapwaterbereiding door de verdamper afgenoem warmte, per maand, bepaald volgens formule W.8;
- $Q_{W,hp;ls;mi}$  is de door de verdamper opgenomen warmte ter compensatie van warmteverlies, per maand, bepaald volgens formule W.9.

Rond  $E_{W;gen,in;hj;mi}$  af naar boven op twee significante cijfers tot de dichtstbijzijnde getalswaarde uit de in bijlage X gegeven reeks.

**OPMERKING 1** De laatste term in formule (W.2), ( $f_c \times Q_{C,dis;nren;si,mi}$ ), geeft de koudebehoefte in maand  $mi$ ; de maximale hoeveelheid warmte die door de BWP aan de woning kan worden ontrokken.

**OPMERKING 2** De warmte die aan de woning wordt ontrokken, wordt met formule W.2 in mindering gebracht op de totaal benodigde thermische aandrijfenergie, zodat minder warmte aan het collectieve verwarmingssysteem hoeft te worden ontrokken.

**OPMERKING 3** Bij de bepaling van  $Q_{C,HP,si;mi}$  gaat het bij individuele koelsystemen om  $Q_{C,HP,gi;mi}$ . In het geval van een collectief koelsysteem waarbij meerdere boosterwarmtepompen in een deel van de koudevraag voorzien gaan het om  $Q_{C,HP,si;mi} / (\text{aantal boosterwarmtepompen dat voor het onttrekken van de warmte gebruikt van rekenzones die zijn aangesloten op het collectieve koelsysteem } si)$

### W.2.3 Opwekkingsrendement en energiefractie voor koeling door BWP

Indien een BWP het afgiftesysteem voor ruimtekoeling als warmtebron gebruikt, dan is de boosterwarmtepomp de preferente koudeopwekker voor het koelsysteem  $si$ . Indien gewenst kunnen voor koeling het opwekkingsrendement, de energiefractie en het hulpenergiegebruik van de circulatiepomp (voor distributie) van de boosterwarmtepomp in beeld gebracht worden. Het (totale) hulpenergiegebruik voor distributie van koeling wordt bepaald in H10.

Bepaal ter indicatie het opwekkingsrendement van de boosterwarmtepomp voor koeling  $\eta_{C;gen;si,gpref}$ , volgens:

$$\eta_{C;gen;si,gpref} = \frac{\sum_{mi} Q_{C;gen,BWP;in;mi}}{E_{C;gen,el;an} \times 3,6} \quad (W.4)$$

Bepaal ter indicatie de dimensieloze energiefractie  $F_{C;gen;si,gpref}$  voor koeling, die de BWP bijdraagt aan de jaarlijkse koudebehoefte, volgens:

$$F_{C;gen;si,gpref} = \frac{\sum_{mi} Q_{C;gen,BWP;in;mi}}{\sum_{mi} Q_{C;gen,BWP;in;mi} + \sum_{zi} \sum_{mi} Q_{C;gen,in;zi;mi} \times 3,6} \quad (W.5)$$

waarin:

- $\eta_{C;gen;si,gpref}$  is het dimensieloze opwekkingsrendement voor koeling, in maand  $mi$ , van opwekker  $gpref(BWP)$  in het koelsysteem  $si$ ;
- $F_{C;gen;si,gpref}$  is de dimensieloze energiefractie voor koeling, die opwekker  $gpref(BWP)$  levert aan het koelsysteem  $si$ ;
- $Q_{C;gen,BWP;in;mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van de energiefunctie koeling, in maand  $mi$ , door de boosterwarmtepomp aangeleverd aan het distributiedeel van koelsysteem  $si$ , volgens formule W.3, in MJ;
- $Q_{C;gen;in;zi;mi}$  is de koudebehoefte aan het koudeopweksysteem vanuit rekenzone  $zi$  in maand  $mi$ , die door de verschillende opwekkers exclusief boosterwarmtepomp aangeleverd wordt aan het distributiedeel van het koudeopweksysteem, volgens formule 10.8, in kWh;
- $E_{C;gen;el;an}$  is het elektrisch energiegebruik van de circulatiepomp per jaar, als de BWP wordt ingezet voor gebouwkoeling, in kWh, volgens formule (W.6).

Bepaal ter indicatie het elektrisch hulpenergiegebruik van de circulatiepomp per jaar, bij toepassing van een koelsysteem als warmtebron voor de boosterwarmtepompen, volgens:

$$E_{C;gen;el;an} = \sum_{mi} \left( f_C \times P_{C;aux;ngen;spec} \times \left( \sum_{zi} A_{g;zi} \right) \times t_{C;on;BWP;mi} \right) / 3,6 \quad (\text{W.6})$$

waarin:

- $E_{C;gen;el;an}$  is het elektrisch energiegebruik van de circulatiepomp per jaar, als de BWP wordt ingezet voor gebouwkoeling, in kWh;
- $f_C$  is de dimensieloze factor voor al ( $f_C = 1$ ) dan niet ( $f_C = 0$ ) toepassing van een boosterwarmtepomp voor gebouwkoeling, conform figuur W.2;
- $P_{C;aux;ngen;spec}$  is het specifieke vermogen van circulatiepompen van het koelsysteem per  $m^2$  gebrugsoppervlakte, met een forfaitaire waarde van  $2 \text{ W/m}^2$ ;
- $A_{g;zi}$  is de gebrugsoppervlakte van elk van de voor koeling betrokken rekenzones  $zi$ , bepaald volgens 6.6.3, in  $m^2$ ;
- $t_{C;on;BWP;;mi}$  is de nominale aan-tijd van de circulatiepomp, bij koeling door de boosterwarmtepomp, in maand  $mi$ , volgens formule (D.7), in Ms.

OPMERKING het elektrische hulpenergiegebruik voor het (gehele) distributiesysteem wordt bepaald in hoofdstuk 10.

Bepaal de nominale aan-tijd van de boosterwarmtepomp voor koeling,  $t_{C;on;BWP;;mi}$ , volgens:

$$t_{C;on;BWP;mi} = \frac{Q_{C;gen,BWP;in;mi}}{P_{source}} \quad (\text{W.7})$$

waarin:

$Q_{C;gen,BWP;in;mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van de energiefunctie koeling, in maand  $mi$ , door de boosterwarmtepomp aangeleverd aan het distributiedeel van koelsysteem  $si$ , volgens formule W.3, in MJ;

$P_{source}$  is het nominale opgenomen thermische vermogen (verdamperzijde) van de boosterwarmtepomp, bepaald volgens W.4 bij een brontemperatuur van 24 °C, in W.

## W.2.4 Door de BWP afgenoem warmte

Bepaal de door de verdamper van de BWP afgenoem warmte voor warmtapwaterbereiding,  $Q_{W;hp;mi}$ , volgens:

$$Q_{W;hp;mi} = Q_{W;dis;nren;si,mi} \times 3,6 \times \frac{COP_{W;hp;mi} - 1}{COP_{W;hp;mi}} \quad (W.8)$$

en:

$$Q_{W;hp;ls;mi} = \left[ \frac{Q_{W;gen;gi,out;mi}}{\left( \frac{Q_{W;gen;gi,out;mi}}{COP_{W;hp;mi}} - E_{ls;mi} \right)} - 1 \right] \times E_{ls;mi} \times 3,6 \quad (W.9)$$

en:

$$E_{ls;mi} = P_{ls} \times t_{mi} \quad (W.10)$$

waarin:

$Q_{W;hp;mi}$  is de t.b.v. warmtapwaterbereiding door de verdamper afgenoem warmte, in maand  $mi$ , in MJ;

$Q_{W;hp;ls;mi}$  is de door de verdamper opgenomen warmte ter compensatie van warmteverlies, in maand  $mi$ , in MJ;

$Q_{W;dis;nren;si,mi}$  is de hoeveelheid energie ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , door de niet-duurzame opwekkers (<sub>nren</sub>) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , bepaald volgens 13.1.2, in kWh;

$Q_{W;gen;gi,out,mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2, in kWh;

$E_{ls;mi}$  is de elektriciteitsvraag van de BWP, ter compensatie van het thermisch verlies, in maand  $mi$ , in kWh;

$COP_{W;hp;mi}$  is de COP van de BWP, in maand  $mi$ , bepaald volgens W.3.1;

$P_{ls}$  is de gemiddelde elektriciteitsvraag van de BWP, ter compensatie van het stilstandsverlies, bepaald volgens W.4, in kW;

$t_{mi}$  is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand  $mi$ , bepaald volgens 17.2, in h.

**OPMERKING** De breuk in formule (D.9) geeft het netto-opwekkingsrendement (COP) van de BWP berekend uit de nettowarmtelevering aan het distributiesysteem ( $Q_{W;dis,nren;mi}$ ) gedeeld door de netto daarvoor benodigde elektriciteit. Deze laatste wordt berekend uit de totaal (bruto) benodigde elektriciteit ( $Q_{W;dis,nren;mi}/COP_{W;hp;mi}$ ) minus de elektriciteitsbehoefte voor compensatie van warmteverlies van de BWP ( $E_{ls;mi}$ ).

## W.3 COP van een boosterwarmtepomp (BWP)

### W.3.1 Bepaling COP op maandbasis

Bepaal de COP op maandbasis voor de BWP voor een specifieke taphoeveelheid volgens:

$$COP_{W;hp;mi} = c_1 \times \theta_{evap;mi} + c_2 \quad (\text{W.11})$$

waarin:

$COP_{W;hp;mi}$  is de COP van de boosterwarmtepomp, in maand  $mi$ ;

$c_{1,2}$  zijn dimensiooze constanten voor een specifieke taphoeveelheid, bepaald volgens W.3.2;

$\theta_{evap,mi}$  is de gemiddelde ingaande temperatuur van de aangeboden bronwarmte, in maand  $mi$ , in °C.

De gemiddelde ingaande temperatuur (naar de verdamper van de BWP),  $\theta_{evap,mi}$ , moet op maandbasis gegeven zijn. Voor de maanden waarin het gebouwkoelsysteem als bron wordt gebruikt, is  $\theta_{evap,mi}$  het gemiddelde van de temperatuur van het collectieve verwarmingssysteem en 20 °C.

Het temperatuurbereik mag worden geëxtrapoleerd met 4 K buiten de in W.4 gehanteerde meetpunten tot minimaal 20 °C en maximaal 44 °C.

**OPMERKING** Voor een warmtenet kan de aanvoertemperatuur variabel zijn, omdat deze bijvoorbeeld via een stooklijn geregeld worden. Voor de ingaande temperatuur van de bron van de BWP ( $\theta_{evap,mi}$ ) wordt het maandgemiddelde toegepast.

### W.3.2 Bepaling COP-constanten

Bepaal de constanten voor de berekening van het opwekkingsrendement voor een specifieke taphoeveelheid volgens:

$$c_1 = \frac{COP_{W;hp;\theta_1} - COP_{W;hp;\theta_2}}{\theta_{evap;1} - \theta_{evap;2}} \quad (\text{W.12})$$

en:

$$c_2 = COP_{W;hp;\theta_2} - c_1 \times \theta_{evap;2} \quad (\text{W.13})$$

waarin:

$c_{1,2}$  zijn dimensiooze constanten voor een specifieke taphoeveelheid;

$COP_{W;hp;\theta j}$  is de COP voor testcondities  $\theta j = 24$  (of  $16$ ) °C en  $40$  °C, voor een specifieke taphoeveelheid, bepaald volgens W.3.3;

$\theta_{evap;j}$  is de temperatuur van de aangeboden bronwarmte in °C, voor testcondities  $\theta j = 24$  (of  $16$ ) °C en  $40$  °C, bepaald volgens W.4.

### W.3.3 Rekenwaarde opwekkingsrendement bij een specifieke taphoeveelheid

Het opwekkingsrendement wordt bepaald uit metingen bij een aangegeven klasse. Bij toepassing voor een specifieke taphoeveelheid moet het opwekkingsrendement hiervoor worden gecorrigeerd. Hiervoor zijn drie methoden mogelijk,

- lineaire interpolatie per brontemperatuur, indien de COP-bepaling bij verschillende klassen is uitgevoerd (dit is vergelijkbaar met de aanpak in 13.8.4.2, maar is in deze bijlage niet in formules uitgewerkt);
- toepassing van een correctiewaarde volgens tabel 13.27: indien de COP-bepaling bij één klasse is uitgevoerd;
- lineaire interpolatie per brontemperatuur tussen de COP-bepaling bij één klasse  $ki$  en het gemeten stilstandsverlies, volgens onderstaande formule:

$$COP_{W;hp;\theta j} = \frac{\min(Q_{W;dis;nren;an}, Q_{W;dis;an;ki})}{\left( \frac{Q_{W;dis;an;ki}}{COP_{ki;\theta j}} - P_{ls} \times t_{an} \right) \times \frac{\min(Q_{W;dis;nren;an}, Q_{W;dis;an;ki})}{Q_{W;dis;an;ki}} + (P_{ls} \times t_{an})} \quad (W.14)$$

$$Q_{W;dis;nren;an} = \sum_{mi} Q_{W;gen;gi,out;mi} \quad (W.15)$$

waarin:

$COP_{W;hp;\theta j}$  is de COP voor testcondities  $\theta j = 24$  (of  $16$ ) °C en  $40$  °C, voor een specifieke taphoeveelheid;

$Q_{W;dis;nren;an}$  is de jaarlijkse brutowarmtebehoefte voor warmtapwaterbereiding: de jaarlijkse hoeveelheid energie ten behoeve van de energiefunctie warm tapwater, door de niet-duurzame opwekkers (<sub>nren</sub>) aangeleverd aan het distributiedeel van systeem  $si$ , in kWh;

$Q_{W;dis;an;ki}$  is het warmtapwatergebruik per jaar  $Q_{W;dis;nren;an}$ , bij toepassingsklasse  $ki$ , volgens tabel 13.23, in kWh;

$COP_{ki,\theta j}$  is de dimensieloze COP, bij toepassingsklasse  $ki$  en ingaande brontemperatuur  $\theta j$ , bepaald volgens W.4;

$P_{ls}$  is de gemiddelde elektriciteitsvraag van de boosterwarmtepomp, ter compensatie van het stilstandsverlies, bepaald volgens W.4, in kW;

$t_{an}$  is de lengte van het jaar, bepaald volgens 17.2, in h;

$Q_{W;gen;gi,out;mi}$  is de hoeveelheid energie die door opwekker  $gi$  geleverd wordt ten behoeve van warm tapwater, in maand  $mi$ , bepaald volgens 13.8.2, in kWh.

**OPMERKING 1** Deze correctie voor een specifieke taphoeveelheid gebeurt door uitgaande van een effectieve COP bij gemeten klasse (nuttig geleverde warmte/totale elektriciteitsvraag), via berekening van een werkelijke COP (nuttig geleverde warmte/sec daarvoor benodigde elektriciteit), naar een effectieve COP bij afwijkende klasse.

**OPMERKING 2** Door het minimumcriterium in formule W.14) verkrijgt een hogere klasse dan waarbij gemeten is, de correctiewaarde 1,0.

## **W.4 Meting energieprestaties boosterwarmtepomp (BWP)**

### **W.4.1 Inleiding**

De prestaties van een BWP moeten worden gemeten als unit, inclusief buffervat en eventuele voorverwarmer. Er moeten twee typen metingen worden uitgevoerd:

- a) Bepaling van de COP bij toepassingen van een of meer standaard tapprogramma's. Deze metingen moeten worden uitgevoerd conform bijlage T, met de volgende aanpassingen:
  - Hanteer voor de standaard tapprogramma's de Europese taprofielen uit NEN-EN 16147.
  - De metingen worden per standaard tapprogramma uitgevoerd bij twee ingaande brontemperaturen van respectievelijk 24 °C en 40 °C. Indien de BWP ook bij brontemperaturen buiten het standaard extrapolatiebereik (20 °C – 44 °C) moet worden toegepast, moet een extra meting worden uitgevoerd. Voor lagere brontemperaturen moet een meting worden verricht bij 16 °C.
  - Het brondebiet wordt zodanig ingeregeld dat een  $\Delta T$  van  $6 \text{ K} \pm 0,5 \text{ K}$  wordt bereikt zodra de warmtepomp een eerste start maakt bij een ingaande brontemperatuur van 24 °C.
  - Als de boosterwarmtepomp niet in bedrijf is, moet het brondebiet nul zijn.
  - Bepaal het nominale opgenomen thermische vermogen (verdamperzijde) van de BWP, tijdens bedrijf, bij de verschillende brontemperaturen, in W.
  - Bepaal de COP volgens:

$$COP_{ki;\theta_j} = \frac{Q_n}{Q_{\text{toe;el}}} \quad (\text{W.16})$$

waarin:

- $COP_{ki;\theta_j}$  is de dimensieloze COP, bij toepassingsklasse  $ki$  en ingaande brontemperatuur  $\theta_j$ ;
- $Q_n$  is de gemeten energie opgenomen in het tapwater waarvan de uitstroomtemperatuur ten minste boven de nuttige temperatuur  $\theta_{\text{nuttig}}$  ligt, bij toepassingsklasse  $ki$ , in kWh;
- $Q_{\text{toe;el}}$  is het gemeten opgenomen elektriciteitsgebruik inclusief eventuele hulpenergie (bijv. elektronica), in kWh.

**OPMERKING 1** Het standaard extrapolatiebereik (20 °C – 44 °C) ligt 4 K buiten de standaard brontemperaturen waarbij de metingen worden uitgevoerd. Indien de BWP ook bij brontemperaturen buiten het standaard extrapolatiebereik wordt toegepast, geldt dezelfde

benadering: de resultaten van een meting bij 16 °C mogen dan worden geëxtrapoleerd naar minimaal 12 °C.

b) Bepaling van het stilstandsverlies. Deze meting moet als volgt worden uitgevoerd:

- standaard brontemperatuur van 24 °C;
- meting van het elektriciteitsgebruik  $Q_{\text{toe;el}}$  in kWh;
- duur van de meting: minimaal 24 h vanaf het begin van een schakelactie van de warmtepomp tot het begin van een volgende schakelactie van de warmtepomp;
- overige condities conform de condities bij de bepaling van de COP bij toepassingen van een of meer standaard tapprogramma's;
- bepaal de gemiddelde elektriciteitsvraag van de boosterwarmtepomp, ter compensatie van het stilstandsverlies,  $P_{ls}$ , volgens:

$$P_{ls} = \frac{3,6 \times 10^3 \times Q_{\text{toe;el}}}{t_{ls}} \quad (\text{W.17})$$

waarin:

$P_{ls}$  is de gemiddelde elektriciteitsvraag van de boosterwarmtepomp, ter compensatie van het stilstandsverlies, in kW;

$Q_{\text{toe;el}}$  is het gemeten opgenomen elektriciteitsgebruik inclusief eventuele hulpenergie (bijv. elektronica), in kWh;

$t_{ls}$  is de gemeten tijdsduur tijdens de meting van het stilstandsverlies, in s.

Bij de bepaling van het opwekkingsrendement en het verlies is alle interne elektriciteitsgebruik van de BWP (voor bijv. interne circulatiepomp en regeling) inbegrepen.

**OPMERKING 2** Meer informatie wordt gegeven in het Kiwa-rapport 120901297, *Ontwikkeling van een methodiek, de beoordeling van een warmtapwater warmtepomp met een hoge temperatuurbron.*

## W.4.2 Testrapport

Op het testrapport van een BWP moet worden vermeld:

- 1) Minimum- en maximumbrontemperatuur (opgave fabrikant).
- 2) De resultaten van de meting bij de verschillende gemeten brontemperaturen en bij gemeten klasse(n):
  - COP voor warmtapwaterbereiding bij gemeten brontemperaturen en bij gemeten klasse(n)  $ki$ ;
  - het warmtapwatergebruik per jaar bij toepassingsklasse  $ki$ ,  $Q_{W;\text{dis};an;ki} = Q_{W;\text{dis};nren;an}$ , volgens tabel 13.23, in MJ;

- de gemeten energie opgenomen in het tapwater waarvan de uitstroomtemperatuur ten minste boven de nuttige temperatuur  $\theta_{nuttig}$  ligt, in MJ;
- het gemeten opgenomen elektriciteitsgebruik inclusief eventuele hulpenergie (bijv. elektronica), in kWh;
- het nominale opgenomen thermische vermogen (verdamperzijde) van de BWP, tijdens bedrijf,  $P_{source}$ , bij de verschillende brontemperaturen, in W;
- de gemiddelde uitgaande temperatuur van de warmtebron en bijbehorende standaarddeviatie [°C].

1) De resultaten van de stilstandsverliesmeting:

- de elektriciteitsvraag van de BWP, ter compensatie van het stilstandsverlies,  $P_{ls}$ , in W;
- het gemeten opgenomen elektriciteitsgebruik inclusief eventuele hulpenergie (bijv. elektronica), in kWh;
- de gemeten tijdsduur tijdens de meting van het stilstandsverlies, in s;
- de gemiddelde uitgaande temperatuur van de warmtebron en bijbehorende standaarddeviatie [°C].

## Bijlage X (normatief)

### Significante cijfers

#### X.1 Principe

Om te voorkomen dat marginale wijzigingen in het ontwerp van installaties of vervanging van een component tijdens de levensduur door een net iets andere component rechtstreeks invloed hebben op de bepaling van de energieprestatie, zijn, waar mogelijk, de installatietechnische kenmerken in klassen ingedeeld. Voor vermogens van installatiecomponenten wordt deze klassenindeling bereikt door afronding van het werkelijke vermogen.

#### X.2 Rekenregel

Rond naar boven af op twee significante cijfers door in plaats van het waargenomen of berekende getal voor de eerste twee cijfers het eerstvolgende hogere getal uit tabel X.1 te nemen en alle daaropvolgende cijfers op nul te stellen. 'Voorloopnullen' worden hierbij genegeerd.

Rond naar beneden af op twee significante cijfers door in plaats van het waargenomen of berekende getal voor de eerste twee cijfers het desbetreffende getal uit tabel X.1 te nemen of, indien dit niet wordt gegeven, het eerstvolgende lagere getal uit tabel X.1, en vervolgens alle daaropvolgende cijfers op nul te stellen. 'Voorloopnullen' worden hierbij genegeerd.

Het getal 0 wordt nooit afgerond.

**Tabel X.1 — Significante cijfers voor klassenindeling**

Significante cijfers voor klassenindeling		
10	22	48
11	24	52
12	26	56
13	28	60
14	30	65
15	32	70
16	34	75
17	36	80
18	38	85
19	40	90
20	44	95

**OPMERKING** Afronding naar boven op twee significante cijfers volgens tabel X.1 houdt in dat een waargenomen vermogen of een berekend eindresultaat naar boven wordt afgerond als in de volgende voorbeelden:

- 0 blijft 0
- 0,09 wordt 0,095
- 0,14 wordt 0,15
- 0,33 wordt 0,34;
- 3,3 wordt 3,4;
- 33 wordt 34;
- 332 wordt 340;
- 3 327 wordt 3 400;
- 3400 wordt 3600;
- 3450 wordt 3600;
- 0,82 wordt 0,85;
- 8,2 wordt 8,5;
- 82 wordt 85;
- 822 wordt 850;
- 8 227 wordt 8 500.

**OPMERKING** Afronding naar beneden op twee significante cijfers volgens tabel X.1 houdt in dat een waargenomen vermogen of een berekend eindresultaat naar beneden wordt afgerond als in de volgende voorbeelden:

- 0 blijft 0
- 0,09 blijft 0,09
- 0,14 blijft 0,14
- 0,33 wordt 0,32;
- 3,3 wordt 3,2;
- 33 wordt 32;
- 332 wordt 320;
- 3 327 wordt 3200;
- 3400 blijft 3400;
- 3450 wordt 3400.

## Bijlage Y (normatief)

### Daglichttoetredingsfactor voor hellende ramen

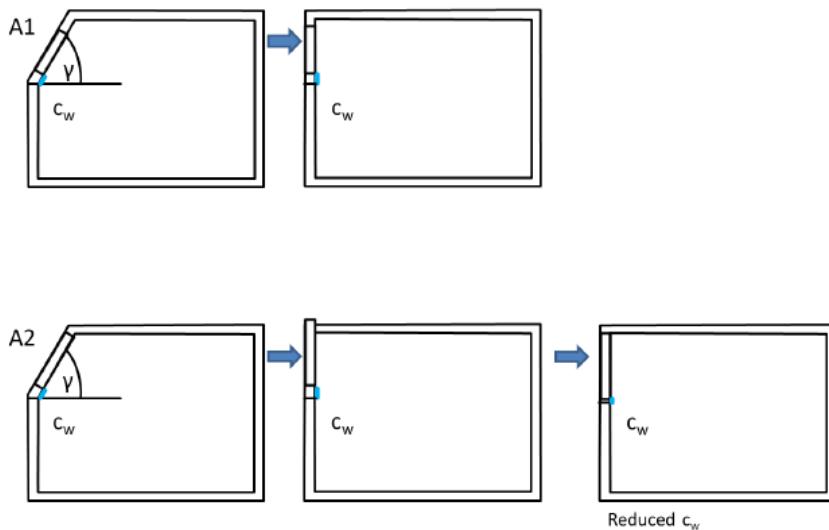
Om de bijdrage van daglicht door hellende ramen te waarderen, wordt een projectie gemaakt van het hellende raam op het horizontale of verticale vlak. Welke projectie wordt gemaakt, is afhankelijk van de hoek van de helling. De procedure is als volgt:

Indien de hellingshoek groter dan of gelijk is aan  $75^\circ$  maar kleiner dan of gelijk is aan  $105^\circ$ , moet een verticale projectie van het raam worden gemaakt, zoals hieronder beschreven, en moet vervolgens de procedure van 14.6 voor verticale ramen worden gebruikt. Indien de hellingshoek kleiner is dan  $75^\circ$ , moet een horizontale projectie van het raam worden gemaakt, zoals hieronder beschreven, en moet de procedure van 14.6 voor daklichten worden gebruikt.

#### *Verticale projectie*

Figuur Y.1 toont de procedure voor het aanpassen van hellende ramen naar verticale ramen. De afstand  $c_w$  tussen het begin van de helling en het raam is gekozen als vaste variabele om zo een gestandaardiseerde aanpassing te verkrijgen. Het hellende dak wordt naar een verticale oriëntatie gedraaid, in het verlengde van de bestaande verticale gevel. Afhankelijk van de hoogte van het raam wordt procedure A1 of procedure A2 toegepast.

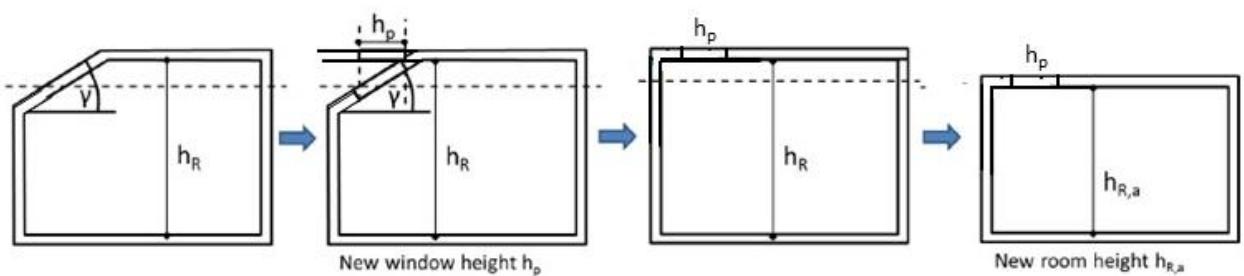
Indien het raam, na deze draaiing, in zijn geheel onder het plafond valt, wordt procedure A1 toegepast en blijft  $c_w$  gelijk. Indien het raam, na deze draaiing, boven het plafond uitkomt, wordt procedure A2 toegepast en wordt  $c_w$  verkleind totdat het raam in zijn geheel onder het plafond past. De positie van het raam op dat punt is het uitgangspunt voor de bepaling van de daglichtafhankelijkheidsfactor van de daglichtsector voor de verticale ramen conform de procedure van 14.6 voor verticale ramen.



Figuur Y.1 — Aanpassing van hellende ramen naar verticale ramen ( $75^\circ \leq \gamma \leq 105^\circ$ )

### Horizontale projectie

Figuur Y.2 toont de stappen voor het aanpassen van hellende ramen naar daklichten. Projecteer eerst het hellende raam op het plafond. Hierdoor wordt de raamhoogte  $h_w$  aangepast naar  $h_p$ , zijnde de projectie van het raam op het horizontale vlak. De positie van de horizontale projectie van het raam en aangepaste raamhoogte  $h_p$  zijn het uitgangspunt voor de bepaling van de daglichtafhankelijkheidsfactor van de daglichtsector conform de procedure van 14.6 voor daklichten. Stel vervolgens de aangepaste vrije hoogte van de ruimte  $h_{R,a}$  vast; dit is de hoogte in het midden van de binnenoppervlakte van het hellende raam. Deze aangepaste vrije hoogte van de ruimte  $h_{R,a}$  wordt in plaats van de werkelijke vrije hoogte  $h_R$  gebruikt in 14.6.



**Figuur Y.2 — Aanpassing van hellend raam naar daklicht ( $\gamma < 75^\circ$ )**

**OPMERKING** Deze bepalingsmethode is overgenomen uit een voorstel van Fraunhofer-Institut IBP, ontwikkeld als aanvulling op NEN-EN 15193-1:2017 voor schuine ramen, omdat een dergelijke methode nog niet in NEN-EN 15193-1:2017 is opgenomen.

De beschreven methode in deze bijlage geldt niet voor naar voren hellende ramen met een hellingshoek die groter is dan  $105^\circ$ , aangezien de hoeveelheid daglichttoetreding hierdoor te gering wordt geacht. Bij de beoordeling van een daglichtregeling moet daglicht door deze ramen worden verwaarloosd.

## Bijlage Z

(normatief)

### Vermelding beleidsfactoren NTA

Voor de leesbaarheid van deze NTA zijn op diverse plaatsen in de lopende tekst beleidsfactoren benoemd. In onderstaande tabellen staat vermeld in welke tabellen en paragrafen de beleidsfactoren worden genoemd. De genoemde waarden moeten worden beschouwd als vaste waarden.

**Tabel Z.1 — Vermelding beleidsfactoren tabellen NTA**

Tabelnr.	Tabeltitel
7.2	Specifieke interne warmteproductie door personen $q_{0c}$
7.3	Specifieke interne warmteproductie door apparatuur $q_A$
7.11	Setpointtemperatuur voor thermisch geconditioneerde zones
7.12	Gereduceerde setpointtemperatuur voor de warmtebehoefteberekening
7.13	Aantal uren per dag en aantal dagen per week met gereduceerde setpointtemperatuur of uitgeschakelde thermostaat voor de warmte- en koudebehoefteberekening
11.7	Temperatuurgewogen tijdfacties
11.8	Aan gebruiksfunctie gerelateerde specifieke ventilatiecapaciteit en correctiefactor voor de bezettingstijd van een gebouw of deel van een gebouw
11.10	Specifieke spuiventilatiecapaciteit
11.13	Bouwjaarcorrectiefactor voor de rekenwaarde van de luchtdoorlatendheid
11.15	Temperatuur van de lucht die de zone in wordt geblazen op het moment dat er sprake is van een luchtbehandelingskast (met koeling en verwarming)
12.1	Hoeveelheid kg/h vocht ( $\Delta x \cdot t_{mi}$ ) <sub>a;sup;zi;mi</sub> dat per maand mi per gemiddelde kg/h luchtv ventilatiecapaciteit moet worden toegevoerd
13.1	De jaarlijkse specifieke nettowarmtebehoefte voor warm tapwater, $Q_{W;nd;spec}$ , (vaste waarden) per gebruiksfunctie
13.7	Rekenwaarden aandeel doucheverbruik (vaste waarden)
14.1	Maximale branduur per jaar overdag $t_D$ en 's avonds/'s nachts $t_N$
14.3	Specifiek geïnstalleerd vermogen voor verlichting, $P_{n;spec}$
14.4	Afwezigheidsfactoren overdag, $F_{A;D}$ , en 's avonds, $F_{A;N}$
17.1	Lengte van de maand, $t_{mi}$ , maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, $\vartheta_{e;avg;mi}$ , maandgemiddelde buitenluchttemperatuur voor zomernachtventilatie, $\vartheta_{e;argII,mi}$ , en maandgemiddelde windsnelheid, $u_{site;mi}$ , en de maandgemiddelde temperatuur van de toevierlucht vóór de WTW gedurende de periode dat er sprake is van koudeterugwinning via de WTW, $\vartheta_{ODA;preh;WTWC;zi;mi}$
17.2	Maandgemiddelde totale opvallende zonnestraling, $I_{sol;mi}$ , gemiddeld over alle uren; grondreflectiecoëfficiënt $\rho = 0,2$

**Tabel Z.2 — Vermelding beleidsfactoren paragrafen NTA**

<b>Paragraaf</b>	<b>Onderwerp</b>
11.2.3.2	Tijdsfractie spuiventilatie $\tau_{argI}$
11.2.3.3.1	Technische randvoorwaarden zomernachtventilatie Bediening $f_{argII}$
11.3.2.9.1	Elektrisch verwarmde gevelroosters $\Delta T_{preh;roosters}$
13.2.3.1	$C_{W;nd;k}$ $C_{W;nd;b}$

## Bibliografie

NEN 2686, *Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode*

NEN 8088-1, *Ventilatie en luchtdoorlatendheid van gebouwen – Bepalingsmethode voor de toevoerluchttemperatuur gecorrigeerde ventilatie- en infiltratieluchtvolumestromen voor energieprestatieberekeningen – Deel 1: Rekenmethode*

NPR-CEN/TS 16628, *Energieprestatie van gebouwen – Fundamentele beginselen voor EPBD normen*

NPR-CEN/TS 16629, *Energieprestatie van gebouwen – Gedetailleerde technische regels voor EPB-normen*

NPR-CEN/TR 1749, *Europees schema voor de indeling van gastoestellen volgens de methode van de afvoer van verbrandingsgassen (Typen)*

NPR-CEN/TR 15316-6-9, *Energieprestatie van gebouwen – Berekeningsmethode voor de systeemenergiebehoefte en het systeemrendement – Deel 6-9: Toelichting en verantwoording van EN 15316-4-8, Module M3-8-8*

NEN-EN 267, *Verstuivingsbranders voor vloeibare brandstoffen*

NEN-EN 303-1, *Centrale-verwarmingsketels – Deel 1: Centrale-verwarmingsketels met ventilatorbranders – Terminologie, algemenen eisen, beproeving en merken*

NEN-EN 303-2, *Centrale-verwarmingsketels – Deel 2: Centrale-verwarmingsketels met ventilatorbranders – speciale eisen voor ketels met verstuivingsbranders voor olie*

NEN-EN 303-3, *Verwarmingsketels – Deel 3: Met gas gestookte centrale-verwarmingsketels – Samenstel van een ketel en een ventilatorbrander*

NEN-EN 303-4, *Centrale-verwarmingsketels – Deel 4: Centrale-verwarmingsketels met ventilatorbranders – Speciale eisen voor ketels met een ventilatorbrander op olie met een vermogen tot 70 kW en een maximale bedrijfsdruk van 3 bar – Termen en definities, bijzondere eisen, beproeving en merken*

NEN-EN 303-5, *Centrale-verwarmingsketels – Deel 5: Centrale-verwarmingsketels voor vaste brandstoffen, met de hand of automatisch gestookt, nominale belasting tot 500 kW – Termen en definities, eisen, beproeving en merken*

NEN-EN 303-6, *Verwarmingsketels – Deel 6: Verwarmingsketels met ventilatorbranders – Specifieke eisen voor de warmwatervoorziening van huishoudelijke combi-ketels met verstuivingsbranders met een nominale warmte-invoer niet groter dan 70 kW*

NEN-EN 303-7, *Verwarmingsketels – Deel 7: Met gas gestookte centrale-verwarmingsketels met een ventilatorbrander met nominale belasting tot 1000 kW*

NEN-EN 304, *Centrale verwarmingsketels – Beproevingsvoorschriften voor centrale verwarmingsketels met verstuivingsbranders voor olie*

NEN-EN 416-1, *Met gas gestookte donkerstralers met één brander voor niet-huishoudelijk gebruik – Deel 1: Veiligheid*

NEN-EN 416-2, *Met gas gestookte donkerstralers met één brander voor niet-huishoudelijk gebruik – Deel 1: Veiligheid*

NEN-EN 419-1, *Met gas gestookte hoge-temperatuurstralers voor niet-huishoudelijk gebruik – Deel 1: Veiligheid*

NEN-EN 419-2, *Met gas gestookte hoge-temperatuurstralers voor niet-huishoudelijk gebruik – Deel 2: Rationeel gebruik van energie*

NEN-EN 621, *Niet-huishoudelijke met gas gestookte luchtverwarmers met gedwongen convectie voor ruimteverwarming met een belasting op onderwaarde van 300 kW zonder ventilator voor de aanvoer van verbrandingslucht en/of de afvoer van verbrandingsgassen*

NEN-EN 777-1, *Met gas gestookte donkerstralers met meer dan één brander voor niet-huishoudelijk gebruik – Deel 1: Systeem D, veiligheid*

NEN-EN 777-2, *Met gas gestookte donkerstralers met meer dan één brander voor niet-huishoudelijk gebruik – Deel 2: Systeem E – Veiligheid*

NEN-EN 777-3, *Met gas gestookte donkerstralers met meer dan één brander voor niet-huishoudelijk gebruik – Deel 3: Systeem F – Veiligheid*

NEN-EN 777-4, *Met gas gestookte donkerstralers met meer dan één branders voor niet-huishoudelijk gebruik – Deel 4: Systeem H – Veiligheid*

NEN-EN 778, *Eisen voor huishoudelijke met gas gestookte luchtverwarmers voor ruimteverwarming met een nettowarmtebelasting van 70 kW, zonder een ventilator voor de aanvoer van verbrandingslucht en/of afvoer van verbrandingsgassen*

NEN-EN 1020, *Niet-huishoudelijke met gas gestookte luchtverwarmers voor ruimteverwarming met een netto-warmtebelasting tot 300 kW en een ventilator voor het transport van de verbrandingslucht en/of verbrandingsgassen*

NEN-EN 1196, *Met gas gestookte luchtverwarmers voor huishoudelijk en niet-huishoudelijk gebruik – Aanvullende eisen voor condenserende luchtverwarmers*

NEN-EN 1319, *Met gas gestookte luchtverwarmers voor ruimteverwarming voor huishoudelijk gebruik, met door een ventilator ondersteunde branders en een belasting op onderwaarde tot 70 kW*

NEN-EN 1745, *Metselwerk en metselwerkproducten – Methoden voor het bepalen van thermische eigenschappen*

prEN 13203-7:2019, *Gasgestookte huishoudelijke warmwatertoestellen – Deel 7: Beoordeling van het energieverbruik van combinatie boilers uitgerust met een passief rookkanaal warmterugwinningsapparaat*

NEN-EN 13410, *Met gas gestookte donkerstralers – Ventilatie-eisen voor niet-huishoudelijke toepassingen*

NEN-EN 15034:2006, *Verwarmingsketels – Condenserende verwarmingsketels voor olie*

NEN-EN 15035, *Verwarmingsketels – Speciale eisen voor oliegestookte gesloten C.V. ketels tot en met 70 kW*

NEN-EN 15250, *Accumulerende toestellen gestookt met vaste brandstof – Eisen en beproefingsmethoden*

NEN-EN 15316-2, *Energieprestatie van gebouwen – Berekeningsmethode voor de systeemenergiebehoefte en het systeemrendement – Deel 2: Afgiftesystemen voor ruimteverwarming*

NEN-EN 15456, *Boilers – Elektriciteitsverbruik voor warmtegeneratoren – Systeemgrensmetingen*

NEN-EN 15502-2-1, *Met gas gestookte centrale verwarmingsketels – Deel 2-1: Specifieke standaard voor type C toestellen en type B2, B3 en B5-toestellen van een nominale warmteinvoer van ten hoogste 1 000 kW*

EN 15502-2-2, *Centrale verwarmingsketels – Deel 2-2: Specifieke standaard voor type B1 toestellen met een nominale belasting tot en met 70 kW*

NEN-EN 16430:reeks, *Fan assisted radiators, convectors and trench convectors*

prEN 16510-1, *Huishoudelijke verbrandingstoestellen voor vaste brandstoffen – Deel 1: Algemene eisen en beproefingsmethoden*

prEN 16510-2-1<sup>1)</sup>, *Huishoudelijke verbrandingstoestellen voor vaste brandstoffen – Deel 2-1: Ruimteverwarmingen*

prEN 16510-2-2, *Huishoudelijke verbrandingstoestellen voor vaste brandstoffen – Deel 2-2: Inzet van apparaten, waaronder open haarden*

prEN 16510-2-6, *Huishoudelijke verbrandingstoestellen voor vaste brandstoffen – Deel 2-6: Toestellen gestookt met houtpellets*

- [1] COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 811/2013 of 18 February 2013 supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to *the energy labelling of space heaters, combination heaters, packages of space heater, temperature control and solar device and packages of combination heater, temperature control and solar device*
- [2] COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 813/2013 of 2 August 2013 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to *ecodesign requirements for space heaters and combination heaters*
- [3] COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 814/2013 of 2 August 2013 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to *Ecodesign requirements for water heaters and hot water storage tanks*
- [4] DRAFT COMMISSION REGULATION (EU) implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to *Ecodesign requirements for solid fuel local space heaters*
- [5] ECN rapport, *Primaire fossiele energiefactor elektriciteit op bovenwaarde (HHV) voor toepassing in de energieprestatienorm NTA8800,*  
<http://publications.tno.nl/publication/34626498/vipZuT/TNO-2018-P10441.pdf>

1) EN 16510 standard and its parts are the candidate harmonised standards for local heaters included in lot 20 of Ecodesign.

- [6] Gaskeur CW-HRww:2010 en het rapport *Vergelijkende metingen Gaskeur CW met EPN* van Gastec, augustus 1998
- [7] Kiwa-rapport 120901297, *Ontwikkeling van een methodiek, de beoordeling van een warmtapwater warmtepomp met een hoge temperatuurbron*
- [8] ISSO, *ISSO-Referentiedetails*,  
<https://open.hetnieuweisso.nl/zoeken?product=Referentiedetail&view=tile>



# Altijd de actuele norm?

Nooit meer zoeken in de systemen en zelf de vraag stellen:  
**'Heb ik de laatste versie van NTA 8800:2023 nl?'**

Via het digitale platform NEN Connect heeft u altijd toegang tot de meest actuele versie van deze norm. Vervallen versies blijven ook beschikbaar. Met een licentie kan de norm via NEN Connect altijd en overal makkelijk geraadpleegd worden, zowel online als offline.

Kies voor slimmer werken en bekijk onze mogelijkheden op [www.nenconnect.nl](http://www.nenconnect.nl).

## Meer informatie over de mogelijkheden

Onze Klantenservice is bereikbaar maandag tot en met vrijdag, van 8.30 uur tot 17.00 uur.

Telefoon: 015 2 690 391  
E-mail: [klantenservice@nen.nl](mailto:klantenservice@nen.nl)