



ISSO-publicatie 51

Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen

Status

Actueel

Publicatiedatum

01-07-2017

Opmerking

Deze ISSO-publicatie is bedoeld voor installateurs en installatietechnische adviseurs die verwarmingsinstallaties in woningen en woongebouwen moeten ontwerpen. Het gaat hierbij om het te installeren vermogen per vertrek of in het totale gebouw. Dit zowel voor de nieuwbouw als bij renovatie of vervanging. Deze ISSO-publicatie bevat de berekeningsmethode voor het bepalen van het per vertrek te installeren verwarmingsvermogen en gaat nader in op het aansluitvermogen c.q. de bijdrage aan een collectieve bron. In de berekeningsmethode wordt onderscheid gemaakt in woningen/woongebouwen die voldoen aan de (nieuwbouw)eisen van het Bouwbesluit en bestaande woningen/woongebouwen die er niet aan voldoen. Voor beide typen woningen/woongebouwen zijn de volgende berekeningsmethoden opgenomen: Een verkorte methode voor het bepalen van het aansluitvermogen op basis van het schilverlies; Een methode voor het bepalen van het per vertrek op te stellen vermogen; Een methode voor de bepaling van het aansluitvermogen, c.q. de bijdrage aan een collectieve warmteopwekker.

Uitgever

ISSO

ISBN

978-90-5044-303-6

Taal

nl

Herkomst print

{{date-of-print}}

Samenvatting

Deze ISSO-publicatie is bedoeld voor installateurs en installatietechnische adviseurs die verwarmingsinstallaties in woningen en woongebouwen moeten ontwerpen. Het gaat hierbij om het te installeren vermogen per vertrek of in het totale gebouw. Dit zowel voor de nieuwbouw als bij renovatie of vervanging. Deze ISSO-publicatie bevat de berekeningsmethode voor het bepalen van het per vertrek te installeren verwarmingsvermogen en gaat nader in op het aansluitvermogen c.q. de bijdrage aan een collectieve bron. In de berekeningsmethode wordt onderscheid gemaakt in woningen/woongebouwen die voldoen aan de (nieuwbouw)eisen van het Bouwbesluit en bestaande woningen/woongebouwen die er niet aan voldoen. Voor beide typen woningen/woongebouwen zijn de volgende berekeningsmethoden opgenomen: Een verkorte methode voor het bepalen van het aansluitvermogen op basis van het schilverlies; Een methode voor het bepalen van het per vertrek op te stellen vermogen; Een methode voor de bepaling van het aansluitvermogen, c.q. de bijdrage aan een collectieve warmteopwekker.

Downloads

Inhoudsopgave: ISSO-publicatie 51

Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen

- Samenvatting
- Afkortingen
- Symbolenlijst
- Begrippenlijst
- 1 Inleiding
 - 1.1 Algemeen
 - 1.2 Hoe aan de slag?
- 2 Uitgangspunten en definities
 - 2.1 Uitgangspunten
 - 2.2 Bepaling oppervlakte A van een vlak ten behoeve van transmissieberekening en tijdconstante
 - 2.3 Bepaling van het oppervlak of de inhoud van een gebouw/ruimte bij het bepalen van de tijdconstante van een gebouw of voor ventilatieberekeningen
 - 2.4 Bepaling U-waarde
 - 2.5 Ontwerpbinnentemperatuur
 - 2.6 Ontwerpbuitencondities
 - 2.6.1 Bepaling tijdconstante
 - 2.6.2 Specifiek warmteverlies naar de buitenlucht
 - 2.6.3 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende panden
 - 2.6.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimten
 - 2.6.5 Specifiek warmteverlies naar de grond
 - 2.6.6 Specifiek warmteverlies door buitenluchttoetreding
 - 2.7 Zekerheidsklasse warmteverlies naar aangrenzende woningen/gebouwen
 - 2.7.1 Woningen/woongebouwen
 - 2.7.2 Overige gebouwen
 - 2.8 Vraagspecificatie
- 3 Schillemethode - Warmteverliesberekening voor een gebouw
 - 3.1 Ontwerpbinnentemperatuur
 - 3.2 Specifiek warmteverlies van het gebouw naar de buitenlucht
 - 3.3 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimte(n)
 - 3.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende woning(en)/woongebouw(en)
 - 3.5 Specifiek warmteverlies naar de grond
 - 3.6 Warmteverlies door buitenluchttoetreding
 - 3.6.1 Specifiek warmteverlies door infiltratie
 - 3.6.2 Specifiek warmteverlies door ventilatie
 - 3.7 Toeslag voor bedrijfsbeperking
 - 3.8 Som van de gelijktijdig optredende systeemverliezen
 - 3.9 Som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten
- 4 Warmteverliesberekening per vertrek
 - 4.1 Algemeen
 - 4.2 Specifiek warmteverlies naar de buitenlucht
 - 4.3 Specifiek warmteverlies naar verwarmd vertrek in dezelfde woning
 - 4.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimten
 - 4.5 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand
 - 4.6 Specifiek warmteverlies naar de grond
 - 4.7 Warmteverlies door buitenluchttoetreding
 - 4.7.1 Infiltratiewarmteverlies
 - 4.7.2 Ventilatiwarmteverlies
 - 4.7.3 Vorstbeveiliging
 - 4.7.4 In rekening te brengen warmteverlies door buitenluchttoetreding
 - 4.8 Toeslag voor bedrijfsbeperking
 - 4.8.1 Regeling per vertrek
 - 4.8.2 Regeling met een kamerthermostaat

- 4.8.3 Adaptieve regeling
 - 4.8.4 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking
 - 4.9 Warmtewinst in vertrek
- 5 Bepaling van het aansluitvermogen
 - 5.1 Woningen met individuele installaties
 - 5.1.1 Warmteverlies door buitenluchttoetreding
 - 5.1.2 Som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag
 - 5.2 Gebouwen met collectieve installaties
- 6 Berekeningsvoorbeelden
 - 6.1 Tussenliggende portiekwoning
 - 6.2 Tussenwoning
- Bijlage A Vraagspecificatie
- Bijlage B Verschillen met NEN-EN 12831-1 en ISSO-publicatie 51 (2012)
 - B.1 Verschillen met NEN-EN 12831-1
 - B.2 Verschillen met de ISSO-publicatie 51 uit 2012
- Bijlage C Berekening van de opbrengst van warmteterugwinning
- Bijlage D Berekening van leiding- of kanaalverliezen in onverwarmde ruimten
 - D.1 Berekening van de leidingverliezen in onverwarmde ruimten
 - D.2 Berekening van de kanaalverliezen in onverwarmde ruimten
- Bijlage E U-waarde bepaling
- Bijlage F Bepaling temperatuur van aangrenzende vertrekken met een warmtebalans
 - F.1 Temperatuur van vertrekken die tot het gebouw behoren
 - F.2 Temperatuur van aangrenzende vertrekken die niet tot de woning behoren
 - F.2.1 Specifiek warmteverlies door uitwendige scheidingsconstructies
 - F.2.2 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand
 - F.2.3 Specifiek warmteverlies door scheidingsconstructies in contact met grond
 - F.2.4 Specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie
 - F.2.5 Specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie
- Literatuurlijst
- Colofon
- Archief

Samenvatting

Deze ISSO-publicatie is bedoeld voor installateurs en installatietechnische adviseurs die verwarmingsinstallaties in woningen en woongebouwen moeten ontwerpen. Het gaat hierbij om het te installeren vermogen per vertrek of in het totale gebouw. Dit zowel voor de nieuwbouw als bij renovatie of vervanging.

Deze ISSO-publicatie bevat de berekeningsmethode voor het bepalen van het per vertrek te installeren verwarmingsvermogen en gaat nader in op het aansluitvermogen c.q. de bijdrage aan een collectieve bron. In de berekeningsmethode wordt onderscheid gemaakt in woningen/woongebouwen die voldoen aan de (nieuwbouw)eisen van het Bouwbesluit en bestaande woningen/woongebouwen die er niet aan voldoen.

Voor beide typen woningen/woongebouwen zijn de volgende berekeningsmethoden opgenomen:

1. Een verkorte methode voor het bepalen van het aansluitvermogen op basis van het schilverlies;
2. Een methode voor het bepalen van het per vertrek op te stellen vermogen;
3. Een methode voor de bepaling van het aansluitvermogen, c.q. de bijdrage aan een collectieve warmteopwekker.

Het in een vertrek op te stellen vermogen bestaat uit een drietal bijdragen:

1. Het transmissiewarmteverlies;
2. Het warmteverlies door buitenluchttoetreding;
3. De toe te rekenen toeslag voor opwarming na eventuele nachtverlaging of bedrijfsbeperking.

De methode is conform de norm NEN-EN 12831-1 [11].

In de nieuwe methode wordt rekening gehouden met ltv-systemen en woningen met een geringe warmtevraag. Qua terminologie en maatvoering wordt zoveel mogelijk aangesloten bij het Bouwbesluit 2012. Voor bepaling van de U-waarde van een constructie wordt zo veel mogelijk aangesloten bij NEN 1068. De verschillende ventilatiesystemen die in de woningbouw gebruikt worden komen uitgebreid aan de orde.

De methodiek wordt toegelicht aan de hand van een aantal voorbeelden.

Afkortingen

EPC	Energie Prestatie Coëfficiënt.
HR	Hoog rendement.
HT	Hoge temperatuur.
HTV	Hoge temperatuur verwarming.
LT	Lage temperatuur.
LTV	Lage temperatuur verwarming.
NEN	Nederlands Normalisatie Instituut.
PMV	Predicted Mean Vote.
WTW	Warmteterugwinning.

Symbolenlijst

Symbol	Omschrijving	Eenheid
A_a	accumulerende oppervlakte	$[m^2]$
A_k	oppervlakte van vlak k	$[m^2]$
A_s	oppervlak van de woningscheidende vlakken	$[m^2]$
A_{totaal}	totaal oppervlak van het verblijfsgebied	$[m^2]$
A_u	oppervlakte van de uitwendige scheidingsconstructie (gevels, vloeren en daken) (incl. ramen en deuren)	$[m^2]$
A_v	vloeroppervlak van de ruimte waarvoor geldt hoogte tot plafond/dak $\geq 1,5$ m	$[m^2]$
A_{vb}	oppervlak van de beganegrondvloer boven buitenlucht	$[m^2]$
A_{vl}	oppervlakte van de vloer	$[m^2]$
B^l	hulpwaarde bij bepaling verliezen door de vloer	$[-]$
C_{eff}	effectieve opslagcapaciteit	$[Wh/K]$
C_z	correctiefactor voor zekerheidsklasse bij verlies naar aangrenzende woningen	$[-]$
f_{wm}	reductiefactor om bij wanden/vloer/plafond en met isolerende deklagen de verminderde warmte-indringing in rekening te brengen	$[-]$
H_i	specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie	$[W/K]$
$H_{T,ia}$	specifiek warmteverlies door de scheidingsconstructie naar een tot de woning behorend verwarmd vertrek	$[W/K]$
$H_{T,iaBE}$	specifiek warmteverlies naar de aangrenzende woning/woongebouw	$[W/K]$
$H_{T,iae}$	specifiek warmteverlies van het vertrek naar de buitenlucht via onverwarmde aangrenzende ruimten	$[W/K]$
$H_{T,ie}$	specifiek warmteverlies van het vertrek naar de buitenlucht via de externe scheidingsconstructie	$[W/K]$
$H_{T,ig}$	specifiek warmteverlies door scheidingsconstructie in contact met de grond	$[W/K]$
$H_{T,ix}$	specifiek warmteverlies van verwarmde ruimte naar aangrenzende ruimte	$[W/K]$
H_v	specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie	$[W/K]$
l	lengte	$[m]$
O	omtrek van de vloer	$[m]$
P	specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking	$[W/m^2]$
R_c	de warmteweerstand van de vloerconstructie	$[m^2 \cdot K/W]$
R_e	warmteovergangsweerstand aan het buitenoppervlak	$[m^2 \cdot K/W]$
R_i	warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak	$[m^2 \cdot K/W]$
R_{iso}	warmteovergangsweerstand van de folie/isolatielaag	$[m^2 \cdot K/W]$
R_T	totale warmteovergangsweerstand	$[m^2 \cdot K/W]$
R_1	warmteweerstand van de isolatielaag die wordt doorbroken door de bevestigingsmiddelen (bepaald zonder invloed van de bevestigingsmiddelen)	$[m^2 \cdot K/W]$
T_a	omgevingstemperatuur	$[K]$
T_i	oppervlaktetemperatuur isolatie	$[K]$
U	warmtedoorgangscoefficiënt	$[W/(m^2 \cdot K)]$
$U_{\text{equiv,k}}$	equivalente warmtedoorgangscoefficiënt	$[W/(m^2 \cdot K)]$
U_{glas}	warmtedoorgangscoefficiënt van het glas	$[W/(m^2 \cdot K)]$
U_c	warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie	$[W/(m^2 \cdot K)]$
U_T	warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie zonder correctie	$[W/(m^2 \cdot K)]$
U_k	warmtedoorgangscoefficiënt van vlak k	$[W/(m^2 \cdot K)]$
U_{kozijn}	warmtedoorgangscoefficiënt van het kozijn	$[W/(m^2 \cdot K)]$

Symbol	Omschrijving	Eenheid
U_{raam}	warmtedoorgangscoefficiënt van het raamsysteem (kozijn + glas)	[W/(m ² ·K)]
U_s	warmtedoorgangscoefficiënt van woningscheidende vlakken	[W/(m ² ·K)]
V	inhoud van het gebouw (gebaseerd op binnenafmetingen)	[m ³]
V_e	inhoud van het gebouw (gebaseerd op buitenafmetingen)	[m ³]
a	coëfficiënt afhankelijk van de luchtsnelheid of fractie van de lucht volumestroom die direct van buiten wordt toegevoerd	[-]
b	parameter bij bepaling van U_{equiv}	[-]
c	soortelijke warmte van lucht, waarvoor een waarde van 1000 geldt	[J/(kg·K)]
$C_{1,...,3}$	parameter bij bepaling van U_{equiv}	[-]
C_{eff}	specifieke effectieve thermische opslag	[Wh/(m ³ ·K)]
C_p	soortelijke warmte van lucht bij constante druk	[J/(kg·K)]
C_z	correctiefactor voor zekerheidsklasse bij verliezen naar aangrenzende woningen/woongebouwen	[-]
d	uitwendige leidingdiameter	[m]
d	parameter bij bepaling van U_{equiv}	[-]
d_n	dikte van laag met nummer n	[m]
f_a	correctiefactor voor accumulerend oppervlak	[-]
f_b	correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte	[-]
f_{g2}	correctiefactor voor afwijkend temperatuurverschil van ontwerp buitentemperatuur en temperatuur beschouwde ruimte	[-]
f_{gw}	grondwaterfactor	[-]
f_{iak}	correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende verwarmde ruimte	[-]
f_k	correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte	[-]
f_v	correctiefactor voor hogere intredetemperaturen dan de buitentemperatuur	[-]
f_{wm}	reductiefactor om bij wanden/vloer/plafond en met isolerende deklagen	[-]
h	hoogte	[m]
k_t	hellingshoek	[K/h]
l	lengte	[m]
n	ventilatievoud	[-]
n_1	aantal verblijfsruimten zonder kooktoestel en/of open toestel voor tapwaterbereiding	[-]
n_2	aantal verblijfsruimten met kooktoestel en/of open toestel voor tapwaterbereiding	[-]
n_3	aantal toiletruimten	[-]
n_4	aantal badruimten (al dan niet met toilet)	[-]
$n_{1,...,3}$	parameter bij bepaling van U_{equiv}	[-]
n_v	aantal luchtwisselingen	[-]
n_v	toe te rekenen deel ventilatie volumestroom	[-]
p	gemiddelde neerslaghoeveelheid per dag	[mm/dag]
q_c	warmteverlies per meter door convectie	[W/m]
q_i	volumestroom infiltratielucht	[m ³ /s]
q_{is}	volumestroom infiltratielucht per m ² uitwendige scheidingsconstructie	[m ³ /s per m ²]
q_s	warmteverlies per meter door straling	[W/m]
q_v	volumestroom ventilatielucht	[m ³ /s]
$q_{v,10}$	luchtdoorlatendheid van de gebouwschil	[dm ³ /s]
s	isolatiedikte	[m]
v	luchtsnelheid	[m/s]

Symbol	Omschrijving	Eenheid
y	procentuele toeslag voor bedrijfsbeperking van overige vertrekken bepaald voor de verblijfsruimte met de thermostaat	[-]
z	fractie in rekening te brengen infiltratie bij benodigd vermogen van een woning	[-]
ΔU_{TB}	toeslagfactor voor thermische bruggen	[W/ (m ² ·K)]
$\Delta \theta_1$	temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid (plafondzijde)	[K]
$\Delta \theta_2$	temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid (vloerzijde)	[K]
$\Delta \theta_{a1}$	temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid aangrenzende ruimte	[K]
$\Delta \theta_{a2}$	temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid aangrenzende ruimte	[K]
$\Delta \theta_{e,\tau}$	correctie ontwerp buitentemperatuur t.g.v. thermische massa van gebouw	[K]
$\Delta \theta_v$	correctie voor lagere luchttemperatuur bij ventilatieberekening	[K]
η	temperatuurrendement warmteterugwinapparaat	[-]
θ_a	ontwerp binnentemperatuur aangrenzend vertrek dat tot de woning behoort	[°C]
θ_b	ontwerp binnentemperatuur aangrenzend pand	[°C]
θ_{bs}	gemiddelde mediumtemperatuur	[°C]
θ_e	ontwerp buitentemperatuur	[°C]
$\theta_{e,0}$	basistemperatuur	[°C]
θ_i	ontwerp binnentemperatuur	[°C]
θ_{is}	oppervlaktetemperatuur isolatie	[°C]
θ_l	luchttemperatuur	[°C]
θ_m	temperatuur voor de voorverwarming (na WTW)	[°C]
θ_{me}	jaarlijks gemiddelde buitentemperatuur	[°C]
θ_o	operatieve temperatuur	[°C]
θ_r	resulterende temperatuur	[°C]
θ_{rg}	gemiddelde retourtemperatuur	[°C]
θ_s	stralingstemperatuur	[°C]
θ_t	toevoertemperatuur ventilatielucht	[°C]
λ	warmtegeleiding van het isolatiemateriaal	[W/ (m·K)]
ρ	soortelijke massa van lucht	[kg/m ³]
τ	tijdconstante van het gebouw	[h]
φ	warmteverlies per meter leidinglengte	[W/m]
Φ_i'	infiltratiewarmteverlies	[W]
Φ_i	toe te rekenen infiltratiewarmteverlies	[W]
$\Phi_{add,i}$	additionele warmtevraag van vertrek i	[W]
$\Phi_{gain,i}$	warmte winst onder ontwerpcondities	[W]
$\Phi_{HL,i}$	warmtevraag van vertrek i	[W]
$\Phi_{hu,i}$	toeslag voor bedrijfsbeperking	[W]
Φ_{leid}	warmteverlies van leidingen/kanalen door onverwarmde ruimten	[W]
Φ_{op}	toeslag voor bedrijfsbeperking	[W]
Φ_{op}'	toeslag voor bedrijfsbeperking in het vertrek met de kamerthermostaat	[W]
$\Phi_{T,i}$	warmteverlies t.g.v. transmissie	[W]
$\Phi_{T,i}'$	warmteverlies t.g.v. transmissie in het vertrek met de kamerthermostaat	[W]
Φ_{tot}	maximaal optredende warmteverlies	[W]
$\Phi_{T,ie}$	ontwerp warmteverlies naar de buitenlucht	[W]
$\Phi_{T,iae}$	ontwerp warmteverlies naar onverwarmde aangrenzende ruimten	[W]
$\Phi_{T,iaeBE}$	ontwerp warmteverlies naar aangrenzend pand	[W]
$\Phi_{T,ig}$	ontwerp warmteverlies naar de bodem	[W]
$\Phi_{v,buid}$	warmteverlies door buitenluchttoetreding	[W]

Symbol	Omschrijving	Eenheid
$\Phi_{V,i}$	in rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchtoetreding	[W]
$\Phi_{V,i}^I$	in rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchtoetreding in het vertrek met de kamerthermostaat	[W]
Φ_{vent}	warmteverlies ten gevolge van ventilatie	[W]
$\Phi_{verlies}$	warmteafgifte van vloerverwarming naar bodem/kruipruimte en/of wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand en/of plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand	[W]
$\Phi_{verlies1}$	warmteafgifte van vloerverwarming naar bodem/kruipruimte	[W]
$\Phi_{verlies2}$	warmteafgifte van wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand	[W]
$\Phi_{verlies3}$	warmteafgifte van plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand	[W]
Φ_{vv}	vermogen van de voorverwarmer met WTW	[W]

Begrippenlijst

Bedrijfstijd

De tijd waarin de installatie in bedrijf is.

Bedrijfsbeperking

Het gedurende de nachtperiode verlagen van de binnentemperatuur.

Betonkernactivering

Systeem van verwarmen en koelen waarbij in de kern van de wanden en vloeren slangen zijn aangebracht waardoor verwarmd of gekoeld water stroomt. Dit water heeft een gering temperatuurverschil met de gewenste ruimtetemperatuur.

Comforttemperatuur

Temperatuur waarbij geldt $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$.

EPC

Energie PrestatieCoëfficiënt bepaald volgens NEN 7120.

Gebalanceerde ventilatie

Ventilatiesysteem met mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht waarbij toe- en afvoer in balans zijn.

Gebouwhoogte

De hoogte, afgerond in meters, boven het maaiveld van de hoogst gelegen verdiepingvloer waarop een verblijfsgebied is gesitueerd.

Luchtbalans/ventilatiebalans

Berekening waarbij uitgegaan wordt van de ventilatie-eisen per vertrek en waarbij ervoor gezorgd wordt dat er op woningniveau evenveel lucht wordt toe- als afgevoerd.

Ontwerpbinnentemperatuur

De operationele temperatuur behorende bij $PMV = 0$.

Operatieve temperatuur

Deze is gedefinieerd als:

$$\theta_o = \alpha \cdot \theta_l + (1 - \alpha) \cdot \theta_s \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Waarin:

θ_o	=	operatieve temperatuur	$[^{\circ}\text{C}]$
θ_l	=	luchttemperatuur	$[^{\circ}\text{C}]$
θ_s	=	gemiddelde stralingstemperatuur	$[^{\circ}\text{C}]$
α	=	coëfficiënt, afhankelijk van de lichtsnelheid	$[-]$

Optimaliserende regelaar

Regeling waarbij de ingestelde comforttemperatuur automatisch bereikt wordt op het moment dat de dagperiode begint en de comforttemperatuur gedurende de dagperiode gehandhaafd wordt (de regelaar bepaalt zelfstandig de tijdsduur en grootte van de bedrijfsbeperking).

Opwarmtijd

De tijd vanaf het moment van inschakelen van de installatie na een periode van bedrijfsbeperking tot het moment dat de temperatuur behorende bij $PMV = -0,5$ bereikt is en de dagperiode begint.

PMV

(Predicted Mean Vote) gemiddelde voorspelde waardering van het binnenklimaat op basis van de methode van Fanger.

Te leveren verwarmingsvermogen

De hoeveelheid warmte die aan een vertrek moet worden toegevoerd om dit op temperatuur te houden of te brengen na een periode van bedrijfsbeperking. Voor het bepalen van het opwekkervermogen moet nog gedeeld worden door het opwekkerrendement.

Thermische brug

Gedeelte van de uitwendige scheidingsconstructie waar het normale eendimensionale karakter van de warmtestroom significant wijzigt door:

1. Gehele of gedeeltelijke doorbreking van de gebouwschil door materialen met verschillende warmtegeleidingscoëfficiënt; en/of;
2. Dikteverandering in de bouwschil; en/of;
3. Aansluitingen tussen verschillende scheidingsconstructies, zoals wanden, vloeren en plafonds.

Transmissieverlies

Het vermogen dat, vanuit het vertrek gezien, moet worden toegevoerd om het warmteverlies door een raam, wand, vloer of plafond te compenseren.

Uitwendige scheidingsconstructie

Constructie die de scheiding vormt tussen een voor mensen toegankelijke besloten ruimte van een gebouw en de buitenlucht, de grond of het water.

Vraaggestuurde ventilatie

Ventilatiesysteem waarbij de toegevoerde hoeveelheid lucht bepaald wordt op basis van het gemeten percentage CO₂ of vochtpercentage.

Verblijfsgebied

Gedeelte van een gebruiksfunctie met ten minste een verblijfsruimte, bestaande uit een of meer op dezelfde bouwlaag gelegen aan elkaar grenzende ruimten anders dan een toiletruimte, een badruimte, een technische ruimte of een verkeersruimte.

Verblijfsruimte

Ruimte voor het verblijven van mensen, dan wel een ruimte waarin de voor een gebruiksfunctie kenmerkende activiteiten plaatsvinden.

Verkeersruimte

Ruimte anders dan een ruimte in een verblijfsgebied, een toiletruimte, een badruimte of een technische ruimte, bestemd voor het bereiken van een andere ruimte.

Vloer-/wand- of plafondverwarming als hoofdverwarming

De gehele ruimte wordt verwarmd met vloer-, wand- of plafondverwarming en er is geen ander verwarmingssysteem (bijv. radiatoren) aanwezig.

Woonfunctie

Gebruiksfunctie voor het wonen.

Woongebouw

Gebouw of gedeelte van gebouw waarin uitsluitend woonfuncties zijn gelegen, die aangewezen zijn op één of meer gemeenschappelijke verkeersruimten waarop geen andere gebruiksfuncties zijn aangewezen.

Wtw

Warmteterugwinning; een systeem waarbij afgevoerde lucht via een warmtewisselaar de toevoerlucht voorverwarmd en daardoor zowel de kans op tochtklachten verminderd wordt en er energie bespaard wordt.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Historie en ontwikkeling bouwmethodiek

De eerste versie van de warmteverliesberekening (NEN 5066) werd uitgegeven in 1992, maar de werkzaamheden om tot deze norm te komen waren al in het begin van de jaren tachtig van de vorige eeuw begonnen. In die tijd was de isolatiegraad in het algemeen gering en was de luchtdichtheid van woningen slecht. Dit maakte een berekeningsmethode noodzakelijk die een aantal veiligheidsfactoren bevatte om ervoor te zorgen dat altijd voldoende vermogen aanwezig is om de gewenste temperatuur te kunnen handhaven of in korte tijd te kunnen bereiken. Met de huidige in het Bouwbesluit geëiste isolatie en luchtdichtheid daalt de temperatuur in de ruimte minder snel en minder ver als in een slecht geïsoleerde woning. Ook is het niet meer noodzakelijk erg ruim te dimensioneren om onzekerheden over de thermische kwaliteit te kunnen compenseren. Overdimensionering staat ook de toepassing van lagetemperatuurverwarming (ltv) in de weg en kan regelproblemen veroorzaken.

Toepassingsgebied

Deze publicatie is primair gericht op het uitvoeren van een warmteverliesberekening voor nieuwbouwwoningen/woongebouwen en bevat de hiervoor benodigde formules en de te hanteren basisgegevens. Onder nieuwbouw wordt verstaan de woningen of woongebouwen die in of na 2012 gebouwd zijn of die na een verbouwing voldoen aan de nieuwe eisen van het Bouwbesluit [1] (na 2012). Voor woningen/woongebouwen die vóór 2012 zijn gebouwd zijn richtlijnen gegeven. In deze publicatie wordt de in het Bouwbesluit gebruikte terminologie overgenomen. Ook voor lagetemperatuurverwarmingssystemen (ltv-systemen) worden op een aantal plaatsen aangepaste richtwaarden gegeven.

Om het gebruik van de methode te vereenvoudigen is vooraan in de publicatie een uitgebreide set berekeningsbladen met toelichting opgenomen om de berekening per vertrek snel te kunnen uitvoeren.

De methode is van toepassing voor het bepalen van het warmteverlies van woningen en woongebouwen met een vertrekhoogte van maximaal vier meter. Voor hogere vertrekken wordt verwezen naar ISSO-publicatie 57 [13]. Uitgegaan wordt van gelijktijdige verwarming van alle vertrekken. Behalve de methode voor het bepalen van het warmteverlies per vertrek wordt ook beschreven hoe het vermogen van de, al dan niet collectieve, warmteopwekker bepaald moet worden. De methode voor de berekening per vertrek is gebaseerd op NEN-EN 12831-1 [11].

De publicatie bevat ten behoeve van het voorontwerp een vereenvoudigde berekeningsmethodiek (schilmethode) om het te installeren vermogen te bepalen.

Ten behoeve van het definitieve ontwerp is de publicatie verdeeld in twee hoofdonderdelen:

1. Bepalen van het per vertrek te installeren vermogen;
2. Bepalen van het vermogen van de warmteopwekker (ketel, warmtepomp, etc.), c.q. het aandeel in de collectieve warmteopwekker.

Het totale per vertrek te installeren vermogen bestaat uit het transmissiewarmteverlies, het warmteverlies ten gevolge van buitenluchttoetreding en in een aantal gevallen een toeslag voor bedrijfsbeperking. Deze berekeningsmethode bepaalt niet de warmtebehoefte van ruimtedelen maar van het vertrek als geheel. Het verdelen van het totaal benodigde vermogen over een ruimte is systeemafhankelijk en wordt behandeld bij desbetreffende systemen (ISSO-publicatie 58 voor luchtverwarming [3], ISSO-publicatie 49 voor vloer- en wandverwarming [2] en ISSO-publicatie 66 voor radiatoren/convectoren [4]).

Overdimensionering moet worden beperkt om te voorkomen dat de temperatuur bij beperkte warmtevraag doorschiet naar te hoge waarden en er een slecht regelbare installatie ontstaat.

Bij het bepalen van het vermogen van de warmteopwekker wordt onderscheid gemaakt in het bepalen van de bijdrage van een woning of woongebouw aan een collectieve installatie en het bepalen van de voor de woning/woongebouw optredende maximale warmtevraag.

Opbouw van de publicatie

De publicatie is opgebouwd uit een drietal hoofdonderdelen:

1. Een schilberekening waarbij snel en in een vroeg stadium van het ontwerp het aansluitvermogen bepaald kan worden;
2. De methodiek voor het bepalen van het per vertrek op te stellen vermogen;
3. Het bepalen van het vermogen van de warmteopwekker nadat alle per vertrek op te stellen vermogens bepaald zijn. Ook de bijdrage aan de grootte van een collectieve warmteopwekker kan hier bepaald worden.

Keuze berekeningsmethode op basis van de gebouwsoort

Hierbij wordt aangesloten bij de indeling in gebruiksfuncties zoals die bij het Bouwbesluit gehanteerd worden. Bij een gebouw kunnen meer gebruiksfuncties onder één dak gehuisvest zijn.

De manier van kiezen is als volgt:



Afb. 1.1 Keuze methodiek

Bij utiliteitsgebouwen waarin zowel vertrekken met een vertrekhoogte kleiner dan 4 m als groter dan 4 meter voorkomen moeten de vertrekken met een vertrekhoogte groter dan 4 meter uitgerekend worden met ISSO-publicatie 57 en de overige vertrekken met ISSO-publicatie 53. Voor het bepalen van de grootte van de warmteopwekker kan dan weer ISSO-publicatie 53 gebruikt worden.

Toelichting bij de verschillende keuzes.

1. Betreft het een woning/woongebouw of logiesfunctie?
 Woonfunctie: gebruiksfunctie voor het wonen.
 Woongebouw: gebouw of gedeelte daarvan met uitsluitend woonfuncties, of nevenfuncties daarvan, waarin meer dan een woonfunctie ligt die is aangewezen op een gemeenschappelijke verkeersroute.
 Logiesfunctie: gebruiksfunctie voor het bieden van recreatief verblijf of tijdelijk onderdak aan mensen (zomerhuisje, kamers in een hotel, pension of jeugdherberg, etc.).
 Opmerking: Hieronder vallen geen gevangenissen (cellen); wel vallen wooneenheden voor bejaarden hier onder.
2. Betreft het ruimten met een industriefunctie die lager zijn dan 4 m en die verwarmd worden met radiatoren/vloerverwarming?
 Industriefunctie: gebruiksfunctie voor bedrijfsmatig verwerken of opslaan van materialen of goederen, of voor agrarische doeleinden (bijvoorbeeld montagehal, werkplaats of het magazijn van een fabriek, de opslagruimte in een pakhuis of een stal van een boerderij).
3. Betreft het ruimten met een vertrekhoogte > 4 m?
 Ruimten met een hoogte > 4 meter moeten apart beschouwd worden; veelal hebben deze ruimten een groter verticaal temperatuurverschil en/of andere verwarmingssystemen als de ruimten met een beperkte hoogte (≤ 4 m).
4. Hieronder vallen utiliteitsgebouwen met vertrekhoogten lager dan 4 m.
 Dit zijn ruimten met de in het Bouwbesluit gedefinieerde gebruiksfuncties: bijeenkomstfunctie, celfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie, onderwijsfunctie, sportfunctie en/of winkelfunctie.

Tabel 1.1 Voorbeelden

Functie/soort gebouw		ISSO-publicatie 51	ISSO-publicatie 53	ISSO-publicatie 57
Kantoorfunctie	Ruimten ≤ 4m		x	
	Ruimten > 4m			x
Woonfunctie/ gezondheidszorgfunctie	Wooneenheden	x		
	Zusterpost		x	
	Restaurant/kantine		x	
Logiesfunctie	Hotel		x	
Winkelfunctie	Winkelgedeelte ≤ 4 m		x	
	Winkeldeel (> 4m)			x
	Restaurant/kantine		x	
	Magazijn/opslag en ruimten > 4 m			x
	Bloemenveiling/ tuincentrum			x
	Bouwmarkten met een hoogte > 4 meter			x
Garagebedrijf	Werkplaats			x
	Magazijn			x
Industriefunctie	Laboratorium (> 4m)			x
	Scheepswerf			x
	Assemblageruimte			x

1.2 Hoe aan de slag?

Afhankelijk van het doel van het bepalen van de warmtebehoefte moet een andere weg gevolgd worden. De verschillende methoden worden hieronder kort toegelicht.

Schilberekening

Deze methode is bedoeld voor het snel bepalen van de warmtebehoefte van een gebouw ten behoeve van bijvoorbeeld de grootte van de opwekker tijdens het voorontwerp/haalbaarheidsstudie. Hierbij wordt het gebouw als één groot vertrek gezien en worden de verliezen door transmissie, buitenluchttoeteding en eventueel een toeslag voor bedrijfsbeperking bepaald.

Deze is opgenomen in hoofdstuk 3.

Berekening per vertrek

Deze methode is bedoeld voor het bepalen van het door de verwarming af te geven vermogen in een vertrek, bijvoorbeeld voor de dimensionering van de verwarmingslichamen of het aan de vertrekzijde af te geven vermogen van vloer- en/of wandverwarming. Deze methode is tevens de basis voor het nauwkeurig bepalen van de grootte van de warmteopwekker. De warmteafgifte van vloerverwarming naar de grond/kruipruimte en/of het warmteverlies van wandverwarming/plafondverwarming naar buiten of een aangrenzend pand wordt beschouwd als systeemverlies van de wand- of plafondverwarming. Dit wordt niet bij het aan het vertrek toe te voeren vermogen in rekening gebracht. Bij het bepalen van het benodigde vermogen van de warmteopwekker wordt dit systeemverlies wel meegerekend.

Deze methode is gegeven in hoofdstuk 4 en wordt met behulp van een tweetal voorbeelden toegelicht in hoofdstuk 6.

Algemene uitgangspunten en achtergronden

De achtergronden en uitgangspunten bij de warmteverliesberekening staan in hoofdstuk 2.

Voor met de berekeningen begonnen kan worden moeten eerst de benodigde gegevens op het vraagspecificatieblad (bijlage A) zijn ingevuld. Voor de bepaling van U-waarden wordt verwezen naar NEN

1068 [7] en/of het ISSO-kleintje U- en R_c -waarden [6]. In bijlage E is beknopt weergegeven hoe de U-waarde bepaald wordt.

Bepaling totaal benodigde vermogen van de warmteopwekker

Het vermogen van de warmteopwekker volgt meestal niet uit het sommeren van de warmtebehoefte per vertrek.

De methoden voor het goed bepalen van het benodigde vermogen van de warmteopwekker zijn gegeven in hoofdstuk 5.

2 Uitgangspunten en definities

2.1 Uitgangspunten

Het toepassingsgebied van ISSO-publicatie 51 is woningen en woongebouwen met een maximale vertrekhoogte van vier meter. Voor utiliteitsgebouwen met vertrekhoogten tot vier meter wordt verwezen naar ISSO-publicatie 53. Voor ruimten hoger dan vier meter wordt de methode gegeven in ISSO-publicatie 57 [13].

De warmteverliesberekening bepaalt het vermogen dat onder ontwerpcondities nodig is om een woning of vertrek op temperatuur te houden of na een periode van bedrijfsbeperking (nachtverlaging) weer binnen een redelijke termijn op temperatuur te brengen.

In paragraaf 2.5 wordt ingegaan op het bepalen van de ontwerpinnencondities. Paragraaf 2.6 geeft de methode voor het bepalen van de ontwerpuitendcondities.

De warmteverliesberekening is samengesteld uit een viertal componenten:

1. Warmteverlies door transmissie;
2. Warmteverlies door buitenluchtoetreding;
3. Toeslag voor discontinu gebruik;
4. Reductie door constant aanwezige interne warmtelasten.

De toeslag voor discontinu gebruik is optioneel en moet in overleg met de opdrachtgever worden vastgesteld. Voor woningen/woongebouwen is de reductie door constant aanwezige interne warmtelasten gelijk aan nul.

Toelichting op het warmteverlies door transmissie

De transmissieberekening berekent hoeveel warmte, vanuit het vertrek gezien, moet worden toegevoerd om het warmteverlies door wanden, vloer en plafond te compenseren. 'Vanuit het vertrek gezien' wil zeggen dat er geen warmteverlies optreedt door verwarmde delen als bijvoorbeeld vloerverwarming, wandverwarming of betonkernactivering (deze oppervlakken hebben een temperatuur die gelijk aan of hoger is dan de vertrektemperatuur). De warmteverliesberekening bepaalt hoeveel warmte deze systemen aan de vertrekzijde moeten afgeven. Dit is dus niet gelijk aan het totale vermogen van de vloerverwarming, wandverwarming of betonkernactivering. Het aan de andere zijde afgegeven vermogen wordt wel in rekening gebracht bij de dimensionering van de warmteopwekker (warmteafgifte van bijvoorbeeld vloerverwarming aan de kruipruimte/ondergrond is warmteverlies van het vloerverwarmingssysteem en moet wel door de warmteopwekker geleverd worden).

Toelichting bij het warmteverlies door buitenluchtoetreding

Lucht die in het vertrek komt met een lagere temperatuur dan de vertrektemperatuur moet opgewarmd worden tot de vertrektemperatuur. Hiervoor is vermogen nodig.

De buitenluchtoetreding bestaat uit twee componenten:

1. Infiltratie d.w.z. de buitenlucht die toetreedt door kieren en naden (is er altijd en voor alle niet-inpandige ruimten);
2. Ventilatie d.w.z. de lucht die toetreedt door daarvoor aangebrachte voorzieningen (bijvoorbeeld mechanische toevoer of toevoer door roosters boven het raam).

De infiltratielucht heeft voor de warmteverliesberekening altijd de ontwerpuitentemperatuur. Bij ventilatielucht zijn er veel verschillen. Bij systemen met een toevoerrooster in de gevel heeft de ventilatielucht altijd de ontwerpuitentemperatuur. Dit geldt ook voor andere systemen tenzij er sprake is van een WTW-voorziening of voorverwarming.

Bij vraaggestuurde systemen moet voor de warmteverliesberekening altijd de ontwerpwaarde (= waarde van het ontwerp) worden aangehouden. Vraagsturing betreft een reductie van de luchtvolumestroom gedurende een deel van de tijd en heeft dus alleen invloed op het energiegebruik en niet de maximale warmtebehoefte. De gemeten luchtkwaliteit (CO_2 - of vochtpercentage) bepaalt de mate van reductie.

Bij systemen met WTW is de aan te houden temperatuur bij de buitenluchtoetreding afhankelijk van de manier van vorstbeveiliging van de unit. Bij units die de buitenlucht voorverwarmen en normaal in bedrijf blijven bij vorst mag gerekend worden met de inblaasttemperatuur na de WTW (berekend met het rendement

van de WTW). Bij units die gedeeltelijk of geheel dichtvriezen en die een onbalans in toe- en afvoer krijgen mogen niet rekenen met enig rendement van de WTW. Door de onbalans wordt meer lucht afgezogen dan wordt toegevoerd. Het debiet dat te weinig wordt toegevoerd (verschil tussen toe- en afvoer) wordt via kieren, naden etc. aangezogen en heeft dus gewoon de buitentemperatuur. Wtw heeft in deze situaties wel invloed op het jaarlijks energiegebruik, maar niet op het benodigde vermogen voor ventilatielucht onder ontwerpcondities.

Spuiventilatie is in het algemeen kortstondig en wordt bij de warmteverliesberekening niet meegenomen.

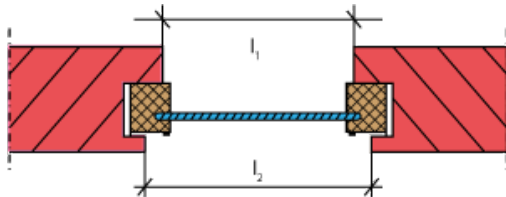
Gelijkwaardigheidsverklaringen

Voor verschillende ventilatiesystemen zijn zgn. gelijkwaardigheidsverklaringen voor de EPC-berekening afgegeven. Deze verklaringen hebben betrekking op een verlaging van het jaarlijkse energiegebruik. Voor het per vertrek op te stellen vermogen hebben systemen met gelijkwaardigheidsverklaringen geen reductie tot gevolg. Wel kunnen deze systemen invloed hebben op het vermogen van de warmteopwekker.

2.2 Bepaling oppervlakte A van een vlak ten behoeve van transmissieberekening en tijdconstante

Ramen en deuren

Voor ramen en deuren (inclusief kozijn) moet worden uitgegaan van het grootste oppervlak van binnen of buiten gezien (afmeting l_2 in afbeelding 2.1).



Afb. 2.1 Toelichting bepaling afmetingen raam/deur

Tijdconstante en Schilmethode

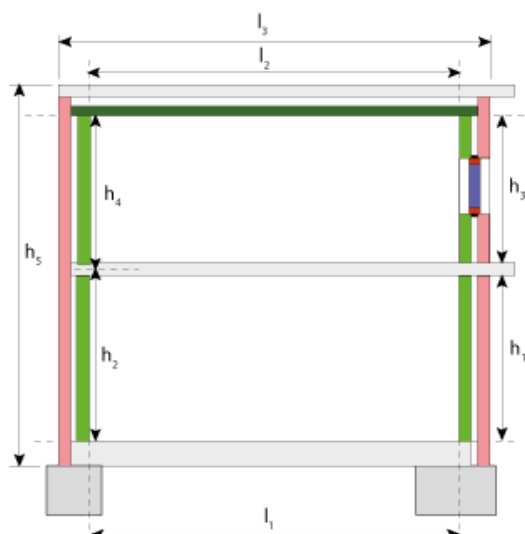
Voor de bepaling van de afmetingen moet worden uitgegaan van de buitenafmetingen (afmetingen l_3 en h_5 , zie afbeelding 2.2) bij rechthoekige vertrekken en l_5 en h_7 bij hellende/schuine vlakken.

Vertrekmethode

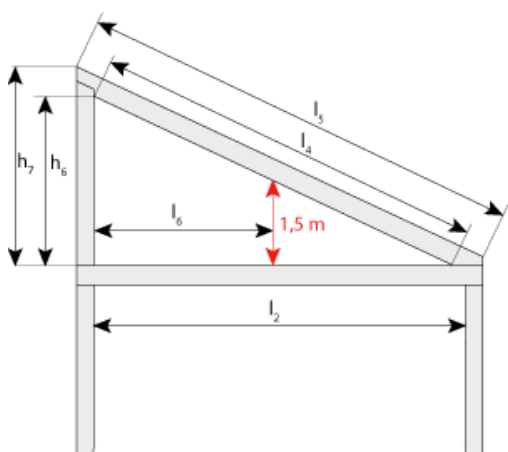
De oppervlakte van een vlak wordt berekend uit de afmetingen zoals die gedefinieerd zijn in NEN 2580 [10]. Voor vlakke wanden en schuine daken zie ook afbeelding 2.3.

De belangrijkste definities zijn:

1. Bij vloeren geldt dat uitgegaan wordt van de binnenafmetingen (afmeting l_2);
2. Bij verticale wanden is de maat afhankelijk van de constructie:
 1. Bij een door de wand heen lopende vloer wordt de maat genomen tot de vloer (binnenmaat; afmeting h_1);
 2. Bij een niet door de wand lopende vloer wordt de halve vloerdikte bij de bepaling van de hoogte meegenomen (afmeting h_2);
3. Bij schuine wanden/daken wordt bij de hoogte uitgegaan van de binnenafmetingen (l_4 en h_6);
4. Bij aansluiting van wanden via een kolom wordt uitgegaan van de binnenafmetingen (l_7).

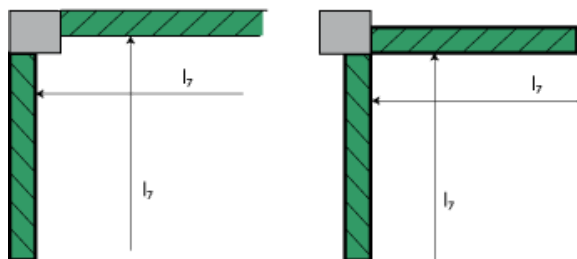


Afb. 2.2 Toelichting bij bepaling van de afmetingen



Afb. 2.3 Toelichting bij bepaling van de afmetingen bij schuine daken

Bovenaanzicht bij wandaansluitingen met een kolom:



Afb. 2.4 Toelichting bij bepaling van de afmetingen bij toepassing van kolommen

2.3 Bepaling van het oppervlak of de inhoud van een gebouw/ruimte bij het bepalen van de tijdconstante van een gebouw of voor ventilatieberekeningen

Tijdconstante

Bij het bepalen van de inhoud van een gebouw ten behoeve van de bepaling van de tijdconstante van een gebouw moet worden uitgegaan van de buitenafmetingen.

Ventilatieberekeningen

Bij het bepalen van het vloeroppervlak ten behoeve van het bepalen van de vereiste hoeveelheid ventilatie moet worden uitgegaan van het gebruiksoppervlak waarbij de hoogte minimaal 1,5 meter is. Bij rechthoekige ruimten moet worden uitgegaan van afmeting l_2 ; bij schuine daken moet worden uitgegaan van afmeting l_6 .

Bij het bepalen van de afmetingen ten behoeve van het bepalen van de hoeveelheid infiltratie moet worden uitgegaan van de binnenafmetingen. Bij schuine daken betreft dit de afmetingen l_4 en h_6 .

Bij het bepalen van de inhoud van een rechthoekige ruimte moet uitgegaan worden van de binnenafmetingen van een ruimte (afmetingen l_2 en h_1); bij een schilberekening moet uitgegaan worden van de afmetingen binnen de gebouwschil (incl. eventuele tussenvloeren en/of binnenwanden; afmetingen l_3 en h_5). Bij het bepalen van de inhoud van ruimten met een schuin dak moet worden uitgegaan van de lengte in het gebied hoger dan 1,5 m (afmeting l_6) en de gemiddelde hoogte ($0,5 \cdot (h_6 + 1,5)$).

2.4 Bepaling U-waarde

Niet-transparante delen

Indien de gemiddelde U-waarde van een constructie U_k niet bekend is moet deze worden bepaald volgens NEN 1068 [7]. Voor het bepalen van de U-waarden van constructies kan gebruik gemaakt worden van het ISSO-kleintje U- en R_c -waarden van bouwkundige constructies [6].

Indien de warmteweerstand van een constructie (R_c) bekend is moet de U-waarde berekend worden uit de R_c -waarde met behulp van formule (2.2) voor constructies grenzend aan de buitenlucht of formule (2.3) voor constructies die niet grenzen aan de buitenlucht. De U-waarde voor nieuwe materialen behoeft een correctie voor praktisch gebruik (invloed van bevestigingsmiddelen, veroudering, vocht, vervuiling etc.):

$$U = U_T + \Delta U \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.1)$$

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_c + R_e} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.2)$$

of

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_c + R_i} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.3)$$

Waarin:

R_i = warmteovergangswaarde aan het binnenoppervlak = 0,13	$[m^2 \cdot K/W]$
R_c = warmteweerstand van de constructie	$[m^2 \cdot K/W]$
R_e = warmteovergangswaarde aan het buitenoppervlak = 0,04	$[m^2 \cdot K/W]$
R_T = totale warmteovergangswaarde	$[m^2 \cdot K/W]$
U_k = warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie	$[W/(m^2 \cdot K)]$
U_T = warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie zonder correctie	$[W/(m^2 \cdot K)]$
ΔU = toeslagfactor voor eventuele convectie, bevestigingsmiddelen, omgekeerde daken en bouwkwiteit (zie NEN 1068 of bijlage E)	$[W/(m^2 \cdot K)]$

Transparante delen

Bij het bepalen van de U-waarde van raamsystemen kan niet volstaan worden met de U-waarde van de beglazing. Met name bij zeer goed isolerende beglazing moet de invloed van het (in het algemeen slechter geïsoleerde) kozijn in de berekening betrokken worden. Het bepalen van de warmtedoorgangscoefficiënt van ramen en deuren moet geschieden conform NEN 1068 (zie ook bijlage E).

2.5 Ontwerpbinnentemperatuur

Thermische behaaglijkheid wordt niet alleen beïnvloed door de luchttemperatuur in een ruimte, maar ook door de oppervlaktetemperatuur van de omringende vlakken met inbegrip van eventuele verwarmingslichamen (stralingstemperatuur).

Internationaal wordt de operatieve temperatuur als ontwerpbinnentemperatuur gebruikt.

De operatieve temperatuur wordt bij benadering gegeven door:

$$\theta_o = \alpha \cdot \theta_l + (1 - \alpha) \cdot \theta_s \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.4)$$

Waarin:

θ_o	=	operatieve temperatuur	[$^{\circ}\text{C}$]
θ_l	=	luchttemperatuur	[$^{\circ}\text{C}$]
θ_s	=	stralingstemperatuur	[$^{\circ}\text{C}$]
α	=	coëfficiënt; afhankelijk van de luchtsnelheid	[-]

In het algemeen kan voor de warmteverliesberekening de waarde van α gelijk aan 0,5 gesteld worden. De waarde van de operatieve temperatuur is dan gelijk aan die van de resulterende temperatuur:

$$\theta_r = \theta_o = \alpha \cdot \theta_l + (1 - \alpha) \cdot \theta_s \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.5)$$

Waarin:

θ_o	=	operatieve temperatuur	[$^{\circ}\text{C}$]
θ_l	=	luchttemperatuur	[$^{\circ}\text{C}$]
θ_s	=	stralingstemperatuur	[$^{\circ}\text{C}$]
α	=	coëfficiënt; afhankelijk van de luchtsnelheid	[-]

Bij hogere luchtsnelheden ($v > 0,2$ m/s) moet de ontwerpbinnentemperatuur op basis van $\alpha = 0,75$ berekend worden. Voor het toepassingsgebied van deze publicatie is dit meestal niet noodzakelijk. In deze publicatie wordt de operatieve temperatuur als bovenstaand gedefinieerd als ontwerpbinnentemperatuur θ_i gebruikt.

Tabel 2.1 Minimale waarden voor de ontwerpbinnentemperatuur θ_i (= operatieve temperatuur) in $^{\circ}\text{C}$ voor vertrekken binnen de thermische schil; voor zover deze verwarmd worden

Woonfunctie		Ontwerpbinnentemperatuur [°C]
Verblijfsruimte (bijvoorbeeld woonkamer, keuken en slaapkamer)		22/20 ¹⁾
Verblijfsgebied		22/20 ¹⁾
Badruimte		22
Verkeersruimte (bijvoorbeeld hal, overloop, gang en trap)		20/18 ²⁾
Toiletruimte		20/18 of hoger via warmtebalans (zie bijlage F.1) aangetoond
Technische ruimte niet zijnde een stookruimte		15 of hoger via warmtebalans (zie bijlage F.1) aangetoond
Bergruimte		15 of hoger via warmtebalans (zie bijlage F.1) aangetoond
Aanvullende eisen	Zolder in open verbinding met verkeersruimte	18
	Inpandige bergruimte	15
Bejaardenwoningen en verzorgingstehuizen	Verblijfsgebied	22
	Verblijfsruimte	22
	Badruimte	24
	Toiletruimte	20 of hoger via warmtebalans (zie bijlage F.1) aangetoond
	Verkeersruimte	20 ²⁾ of hoger via warmtebalans (zie bijlage F.1) aangetoond
	Technische ruimte	15 of hoger via warmtebalans (zie bijlage F.1) aangetoond
Buiten de thermische schil	Stallingruimte c.q. bergruimte ³⁾	5
	Niet verwarmde stallingruimte	Ontwerpbuitentemperatuur
	Garage	Ontwerpbuitentemperatuur

1) Geadviseerd wordt daarom om bij moderne goed-geïsoleerde woningen (d.w.z. uitwendige scheidingsconstructies met gemiddelde $R_c \geq 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$) uit te gaan van 22 °C als ontwerpbinnentemperatuur (zie ook onderstaande opmerkingen en toelichting).

2) Maximaal 2K lager dan de temperatuur in de verblijfsruimte/verblijfsgebied.

3) Alleen indien vorstvrij te houden i.v.m. in de ruimte gelegen waterleidingen. Kan bij regeling met een kamerthermostaat problemen geven.

Toelichting: Bij het bepalen van de ontwerpbinnentemperatuur voor woningen/woongebouwen wordt gebruik gemaakt van NEN-EN-ISO-7730. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde activiteit voor de gehele dag (lage activiteit van 1,7, d.w.z. overwegend zitten met lichte armarbeid en af en toe opstaan en lopen) en een gemiddelde kledingweerstand in de winter van 0,8 clo. Hierbij hoort, uitgaande van een relatieve vochtigheid van 40% en een relatieve luchtsnelheid van maximaal 0,1 m/s en PMV = 0 (d.w.z. thermisch neutraal), een operationele temperatuur van 20 °C. Bij een overwegend zittende activiteit (1,2 met) en een kledingweerstand van 0,9 clo is bij deze 20 °C de PMV gelijk aan -0,5 (d.w.z. enigszins koel). Bij een iets lagere activiteit (1 met, d.w.z. rust, zitten) en een kledingweerstand van 0,9 clo is bij een operationele temperatuur van 22 °C de PMV gelijk aan -0,5. Bij een geringere kledingweerstand van clo=0,7 en een activiteitsniveau van 1,2 met (d.w.z. lichte activiteit overwegend zittend) is bij een operationele temperatuur van 22 °C de PMV gelijk aan -0,4 (enigszins koel).

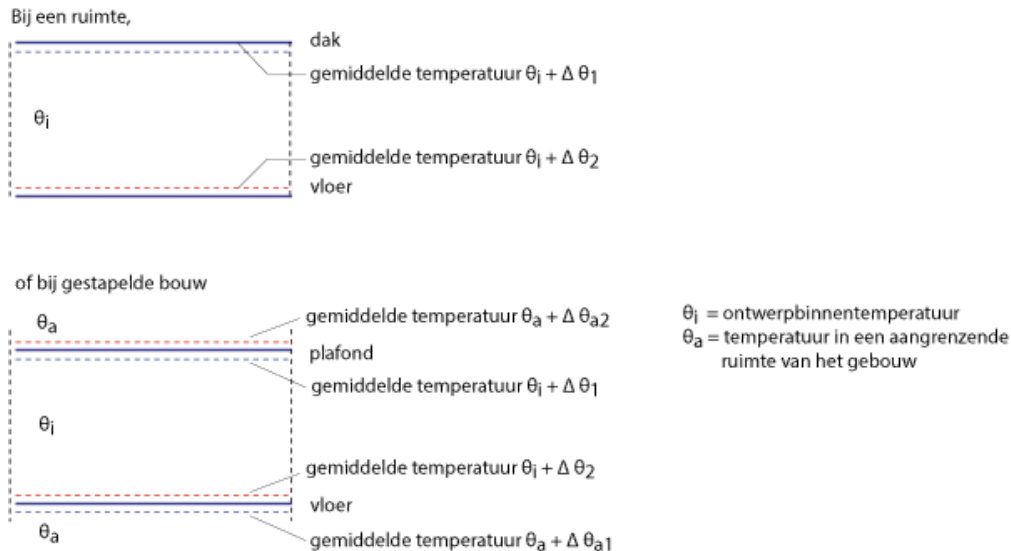
Opmerking: De in het verleden standaard gehanteerde ontwerpbinnentemperatuur van 20 °C was gebaseerd op een activiteitsniveau dat past bij de activiteiten zoals die een deel van de dag in huis plaatsvinden. Met name in de avond bij activiteiten als lezen of tv-kijken is het activiteitsniveau duidelijk lager en is er behoefte aan een hogere ontwerpbinnentemperatuur. Bij moderne goed-geïsoleerde huizen heeft men ook de neiging zich minder dik te kleden hetgeen de behoefte aan een hogere ontwerpbinnentemperatuur versterkt. Geadviseerd wordt daarom om bij moderne goed geïsoleerde woningen ($R_c \geq 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$) uit te gaan van 22 °C als ontwerpbinnentemperatuur.

De ontwerpbinnentemperatuur moet met de opdrachtgever worden overlegd en tevens in de aanbodsspecificatie te worden aangegeven (bijlage A).

Ten aanzien van ontwerpbinrentemperaturen van ruimten die niet in de tabel zijn opgenomen of afwijkende temperaturen, moet overleg met de opdrachtgever plaatsvinden en moet het resultaat daarvan worden vastgelegd bij de aanbieding.

Temperatuurgelaagdheid en correctie luchttemperatuur bij berekening warmteverlies door buitenluchttoetreding

Bij de berekening van de warmtestroom door een vloer of plafond/dak moet rekening worden gehouden met een temperatuurgelaagdheid in een ruimte zoals schematisch in afbeelding 2.5 is gegeven. Aangenomen is dat net boven de vloer een luchtlaagje aanwezig is met een gemiddelde temperatuur die lager is dan de ontwerpbinrentemperatuur en onder de vloer (plafond) een luchtlaagje met een gemiddelde temperatuur die hoger is dan de ontwerpbinrentemperatuur.



Afb. 2.5 Temperatuurgelaagdheid in de beschouwde ruimte

De waarden voor $\Delta\theta_1$ resp. $\Delta\theta_{a1}$ en $\Delta\theta_2$ resp. $\Delta\theta_{a2}$ volgen uit tabel 2.2. Bij toepassing van stralingsverwarming is de luchttemperatuur lager dan de comforttemperatuur. Dit wordt in de berekening van de warmteverliezen door buitenluchttoetreding met de factor $\Delta\theta_v$ in rekening gebracht. $\Delta\theta_v$ volgt uit tabel 2.2.

Tabel 2.2 Waarden voor $\Delta\theta_1$, $\Delta\theta_{a1}$, $\Delta\theta_2$, $\Delta\theta_{a2}$ en $\Delta\theta_v$ onder ontwerpcondities voor verwarmde ruimten met een maximum hoogte van 4 m²⁾

Verwarmingssystemen	$\Delta\theta_1$ resp. $\Delta\theta_{a1}$ [K]	$\Delta\theta_2$ resp. $\Delta\theta_{a2}$ [K]	$R_c < 3,5^{4)}$ $\Delta\theta_v$ [K]	$R_c \geq 3,5^{4)}$ $\Delta\theta_v$ [K]
Lokale verwarming	+4	-1	0	0
Centrale verwarming				
Radiatoren/convectoren ht ¹⁾ en luchtverwarming	+3	-1	0	0
Radiatoren/convectoren lt ¹⁾	+2	-1	0	0
Plafondverwarming	+3	0	0	0
Wandverwarming	+2	-1	-1	-0,5
Plintverwarming	+1	-1	0	0
Vloerverwarming + ht ¹⁾ -radiatoren/convectoren	+3	0	0	0
Vloerverwarming + lt ¹⁾ -radiatoren/convectoren	+2	0	-1	-0,5
Vloerverwarming als hoofdverwarming ³⁾	0	0	-1	-0,5
Vloerverwarming en wandverwarming	+1	0	-1	-0,5
Betonkernactivering	0	0	-1	-0,5
Ventilatorgedreven convectoren/radiatoren	0,5	0	0	0

1) Temperatuurdefinities als toegepast in het Bouwbesluit. Ht = hoge temperatuur d.w.z. gemiddelde mediumtemperatuur ≥ 55 °C. Lt = lage temperatuur d.w.z. gemiddelde mediumtemperatuur < 55 °C.
2) Bij toepassing van vides etc. waardoor een grotere hoogte ontstaat moet de waarde van $\Delta\theta_1$ resp. $\Delta\theta_{a1}$ worden vermenigvuldigd met $h/4$ waarbij h de totale hoogte [m] is.
3) Vloerverwarming als enige verwarmingssysteem in het vertrek.
4) Het betreft de oppervlakte gewogen gemiddelde R_c -waarde van de uitwendige scheidingsconstructies.

2.6 Ontwerpbuitencondities

De methode voor het vastleggen van de ontwerpbuitencondities voor warmteverliesberekeningen is vastgelegd in NEN-EN-12831-1[11]. Hierin is bepaald dat de ontwerpbuitentemperatuur bestaat uit een zgn. basisontwerpbuitentemperatuur verminderd met een correctie waarin de invloed van de thermische massa van een gebouw verrekend wordt.

De ontwerpbuitentemperatuur θ_e volgt uit:

$$\theta_e = \theta_{e,0} + \Delta\theta_{e,\tau} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.6)$$

Waarin:

$$\theta_{e,0} = \text{basisontwerpbuitentemperatuur } (-10 \text{ } ^{\circ}\text{C}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta\theta_{e,\tau} = \text{temperatuurcorrectie in verband met de tijdconstante van het gebouw} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

De methode voor het vastleggen van de basisontwerpbuitencondities voor warmteverliesberekeningen is vastgelegd in de NEN-EN-ISO 15927-5. Hieruit volgt voor Nederland een waarde van $-8,4$ °C bij selectie op basis van tweedaagse gemiddelden. Bij selectie op basis van dagelijkse gemiddelden wordt een lagere waarde nl. $-13,6$ °C gevonden. Deze waarde geldt met name voor thermisch lichte gebouwen.

Voorheen werd uitgegaan van -10 °C. Aangezien deze waarde algemeen aanvaard wordt en tussen de waarde van thermisch lichte en zware woningen in zit is besloten de basisontwerpbuitentemperatuur te handhaven op -10 °C.

Opmerking: In NEN-EN 12831-1 is bij het bepalen van de ontwerpbasistemperatuur de mogelijkheid opgenomen een correctie op te nemen voor gebouwen die ofwel zeer hoog zijn of op een hooggelegen locatie gebouwd zijn. Aangezien de correctie $-0,7$ graden per 100 meter hoogte is en Nederland relatief vlak is, is besloten deze correctie voor Nederland niet in rekening te brengen.

De temperatuurcorrectie $\Delta\theta_{e,\tau}$ voor de tijdconstante van de woning/het woongebouw volgt uit vergelijking 2.7:

$$\Delta\theta_{e,\tau} = 0,016 \cdot \tau - 0,8 \quad [\text{K}] \quad (2.7)$$

Waarin:

τ = tijdconstante [h]

Voor de waarde van $\Delta\theta_{e,t}$ geldt dat deze minimaal 0 K en maximaal 4 K is.

Indien: $\Delta\theta_{e,t} < 0$ dan geldt $\Delta\theta_{e,t} = 0$

Indien: $\Delta\theta_{e,t} > 4$ dan geldt $\Delta\theta_{e,t} = 4$

De waarde van $\Delta\theta_{e,t}$ moet worden afgerond op halve graden.

De waarde van $\Delta\theta_{e,t}$ wordt bepaald voor het gehele gebouw, ook als het gebouw meerdere functies heeft (bijv. woningen en winkels). Wordt de berekening uitgevoerd voor een vertrek of een gedeelte van het gebouw, mag de $\Delta\theta_{e,t}$ bepaald worden voor dat gedeelte van het gebouw of het vertrek.

2.6.1 Bepaling tijdconstante

De tijdconstante τ van een woning/woongebouw volgt uit:

$$\tau = C_{\text{eff}}/H \quad [h] \quad (2.8)$$

Waarin:

C_{eff} = effectieve opslagcapaciteit van de woning/het woongebouw [Wh/K]

H = specifieke warmteverlies [W/K]

De bepaling van de warmte-inhoud/effectieve opslagcapaciteit C_{eff} kan op 2 manieren plaatsvinden:

1. Gedetailleerd;
2. Forfaitair.

De gedetailleerde manier voor de bepaling van de warmte-inhoud/effectieve opslagcapaciteit C_{eff} van het gebouw gebeurt in twee delen:

1. Warmte-inhoud van de constructiedelen die deel uitmaken van de binnenzijde tot de isolatie van de uitwendige scheidingsconstructie (schil);
2. Warmte-inhoud van de inwendige constructiedelen.

De warmte-inhoud van een constructiedeel wordt bepaald door:

$$C_{\text{constr}} = \sum_{i=1}^{\text{alle lagen}} (d_i \cdot A_i \cdot \rho \cdot c_p \cdot f_{\text{wm}}) \quad [J/K] \quad (2.9)$$

Waarin:

d_i = thermisch effectieve dikte; bij steenachtige constructies 200 mm (echter nooit meer dan de helft van de totale dikte); bij gelaagde constructies de dikte van het binnenblad (tot de isolatie/spouw) en wel tot een maximum van 200 mm [m]

A_i = oppervlakte van het betreffende vlak, bepaald volgens paragraaf 2.3 [m²]

ρ = dichtheid van het materiaal [kg/m³]

c_p = soortelijke warmte [J/(kg·K)]

f_{wm} = reductiefactor om bij wanden/vloer/plafond en met isolerende deklagen de verminderde warmte-indringing in rekening te brengen [-]

$f_{\text{wm}} = 0,7$ voor tapijt, lambrizing, verlaagd plafond

$f_{\text{wm}} = 1,0$ voor pleisterlagen

$C_{\text{schil}} = \sum C_{\text{constr}}$ over alle uitwendige scheidingsconstructies

$C_{\text{inwendig}} = \sum C_{\text{constr}}$ over alle inwendige constructiedelen

$$C_{\text{eff}} = (0,7 \cdot C_{\text{inwendig}} + 0,5 \cdot C_{\text{schil}})/3600 \quad [Wh/K] \quad (2.10)$$

De forfaitaire methode voor de effectieve opslagcapaciteit C_{eff} van de woning/het woongebouw volgt uit:

$$C_{\text{eff}} = c_{\text{eff}} \cdot V_e \quad [\text{Wh/K}] \quad (2.11)$$

Waarin:

c_{eff} = specifieke effectieve thermische opslag van de woning/het woongebouw (zie tabel 2.3) $[\text{Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})]$

V_e = inhoud van het gebouw gebaseerd op de buitenafmetingen $[\text{m}^3]$

Tabel 2.3 Waarde van c_{eff}

Thermische massa	Omschrijving	c_{eff} [Wh/(m ³ ·K)]
Laag	Lichte constructie zoals: 1. Lichte daken; 2. Lichte wanden (houtskeletbouw en sandwichpanelen).	15
	Verlaagde plafonds	
	Verhoogde vloeren	
Gemiddeld	Lage volumeverhouding intern – extern (kleine hoge vertrekken, dikke wanden)	50
	Hoofdzakelijk middelzware constructies: 1. Buitenwanden van beton of steenachtig ($\rho \geq 1000 \text{ kg/m}^3$); 2. Betonnen vloeren/plafonds; 3. Binnenwanden gips/gasbeton/cellenbeton; 4. Wand naar aangrenzende panden kalkzandsteen/beton.	
Zwaar	Lage volumeverhouding intern – extern (kleine hoge vertrekken, dikke wanden)	75
	Hoofdzakelijk zware constructies: 1. Wand van beton of steenachtig ($\rho \geq 1500 \text{ kg/m}^3$); 2. Betonnen vloeren/plafonds.	

Het specifieke warmteverlies H van de woning/het woongebouw volgt uit:

$$H = \Sigma H_{T,ie} + \Sigma H_{T,iaBE} + \Sigma H_{T,iae} + \Sigma H_{T,ig} + H_v \quad [\text{W/K}] \quad (2.12)$$

Waarin:

$\Sigma H_{T,ie}$ = specifiek warmteverlies naar de buitenlucht bepaald conform paragraaf 2.6.2 $[\text{W/K}]$

$\Sigma H_{T,iaBE}$ = specifiek warmteverlies naar aangrenzende panden bepaald conform paragraaf 2.6.3 $[\text{W/K}]$

$\Sigma H_{T,iae}$ = specifiek warmteverlies naar de buitenlucht via aangrenzende onverwarme ruimten bepaald conform paragraaf 2.6.4 $[\text{W/K}]$

$\Sigma H_{T,ig}$ = specifiek warmteverlies naar de bodem bepaald conform paragraaf 2.6.5 $[\text{W/K}]$

H_v = specifiek warmteverlies door buitenluchttoetreding bepaald conform paragraaf 2.6.6 $[\text{W/K}]$

Opmerking: Bij het bepalen van het specifieke warmteverlies van een gebouw ten behoeve van de bepaling van de tijdconstante van het gebouw wordt uitgegaan van de volgende randvoorwaarden:

1. De buitentemperatuur $\theta_e = -10 \text{ }^\circ\text{C}$;
2. De ontwerpbinnetemperatuur $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
3. Er zijn geen temperatuurgradiënten t.g.v. verwarming;
4. Voor het in rekening brengen van thermische bruggen wordt uitgegaan van $\Delta U_{TB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

2.6.2 Specifiek warmteverlies naar de buitenlucht

Voor het specifieke warmteverlies $H_{T,ie}$ van het gebouw naar de buitenlucht via de aan de buitenlucht grenzende omhulling (schil) geldt:

$$\Sigma_k H_{T,ie} = \Sigma_k (A_k \cdot (U_k + 0,1)) \quad [\text{W/K}] \quad (2.13)$$

Waarin:

A_k	= oppervlak van de uitwendige scheidingsconstructies, bepaald volgens 2.2	$[m^2]$
U_k	= warmtedoorgangscoefficiënt van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald volgens 2.4	$[W/(m^2 \cdot K)]$
0,1	= toeslag voor thermische bruggen	$[W/(m^2 \cdot K)]$

2.6.3 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende panden

Voor het specifieke warmteverlies $H_{T,iaBE}$ van het gebouw naar aangrenzende panden (naast gelegen, boven en/of onder) geldt:

$$H_{T,iaBE} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) \quad [W/K] \quad (2.14)$$

Waarin:

A_k	= oppervlakte wand/vloer/plafond k bepaald volgens paragraaf 2.2	$[m^2]$
U_k	= warmtedoorgangscoefficiënt van wand k bepaald volgens paragraaf 2.4	$[W/(m^2 \cdot K)]$
$f_{ia,k}$	= correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en temperatuur aangrenzende ruimte	$[-]$

Voor de waarde van de correctiefactor f_b geldt:

$$f_{ia,k} = \frac{20 - \theta_b}{30} \quad [-] \quad (2.15)$$

Waarin:

θ_b	= binnentemperatuur van de aangrenzende woning/aangrenzend gebouw	$[^{\circ}C]$
------------	---	---------------

Voor de temperatuur θ_b van de aangrenzende woning/het aangrenzende gebouw geldt:

$\theta_b = 10^{\circ}C$ voor rijtjeswoningen

$\theta_b = 15^{\circ}C$ voor gestapelde bouw (geldt voor alle aangrenzende woningen in een woongebouw of aangrenzende kantoren en winkels)

2.6.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimten

Het specifieke warmteverlies $H_{T,iae}$ naar de buitenlucht via aangrenzende onverwarmde ruimten (bijvoorbeeld kruipruimte, stallingsruimte, onverwarmde berging, etc.) volgt uit:

$$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k) \quad [W/K] \quad (2.16)$$

Waarin:

A_k	= oppervlakte wand k bepaald volgens paragraaf 2.2	$[m^2]$
U_k	= warmtedoorgangscoefficiënt van wand k bepaald volgens paragraaf 2.4	$[W/(m^2 \cdot K)]$
f_k	= correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte	$[-]$

De correctiefactor f_k volgt uit tabel 2.4

Tabel 2.4 Waarden voor de correctiefactor f_k

Omschrijving van de aangrenzende onverwarmde ruimte	f_k [-]
Kelder	0,5
Stallingsruimte	1,0
Kruipruimte, serre, trappenhuis	0,8

2.6.5 Specifiek warmteverlies naar de grond

Het specifieke warmteverlies $H_{T,ig}$ door uitwendige scheidingsconstructies (wanden en vloeren) in contact met de grond volgt uit:

$$\sum_k H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot 0,37) \quad [W/K] \quad (2.17)$$

Waarin:

\sum_k	= sommatie over alle uitwendige scheidingsconstructies in contact met de grond	[-]
A_k	= oppervlakte van vlak k, dat in contact is met de grond bepaald volgens 2.2	[m ²]
$U_{equiv,k}$	= equivalente warmtedoorgangscoefficiënt	[W/(m ² ·K)]
f_{gw}	= grondwaterfactor	[-]

Voor de grondwaterfactor f_{gw} geldt:

$f_{gw} = 1$ indien de grondwaterspiegel ≥ 1 m onder het vloerniveau gelegen is

$f_{gw} = 1,15$ voor de overige gevallen

Voor de waarde van de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt $U_{equiv,k}$ geldt:

$U_{equiv,k} = 0,18$ voor vloeren met een $R_c \geq 3,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

$U_{equiv,k} = 0,30$ voor vloeren met een $2,5 \leq R_c < 3,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

$U_{equiv,k} = 0,50$ voor vloeren met een $R_c < 2,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

2.6.6 Specifiek warmteverlies door buitenluchttoetreding

Het specifieke warmteverlies door ventilatie H_v volgt uit:

$$H_v = 1200 \cdot q_v \cdot f_v \quad [W/K] \quad (2.18)$$

Waarin:

1200	= waarde voor $c_p \cdot \rho$	[J/(m ³ ·K)]
q_i	= volumestroom ventilatielucht	[m ³ /s]
f_v	= correctiefactor voor inblaastemperaturen hoger dan de buitentemperatuur	[-]

De volumestroom ventilatielucht q_v volgt uit:

$$q_v = n_v \cdot V/3600 \quad [m^3/s] \quad (2.19)$$

Waarin:

n_v	= aantal luchtwisselingen	[1/h]
V	= volume bepaald volgen paragraaf 2.3	[-]

Voor het aantal luchtwisselingen n_v geldt:

$n_v = 0,5$ voor woningen/woongebouwen die voldoen aan de nieuwbouw eisen van het Bouwbesluit

$n_v = 0,75$ voor woningen /woongebouwen die gebouwd zijn in of na 2012

$n_v = 1,0$ voor woningen/woongebouwen die gebouwd zijn voor 2012

Voor de temperatuur correctiefactor f_v voor inblaastemperaturen geldt:

Voor alle systemen zonder WTW of voorverwarming van de inblaaslucht:

$$f_v = \frac{(\theta_i - \theta_e) + \Delta \theta_v}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (2.20)$$

Voor systemen met WTW of voorverwarming van de inblaaslucht:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (2.21)$$

Waarin:

$\Delta\theta_v$ = temperatuurcorrectie voor lagere luchttemperatuur bij stralingsverwarming conform tabel 2.2. Indien verwarmingssysteem nog niet bekend dan $\Delta\theta_v = 0$ [K]

θ_t = toevoertemperatuur volgens tabel 2.5 [°C]

Tabel 2.5 Aan te houden temperaturen bij toepassing van WTW of voorverwarming

Omschrijving systeem	θ_t [°C]
Centrale WTW met vorstbeveiliging door terugtoeren en/of tijdelijke onbalans	θ_e
Centrale WTW met enthalpiewisselaar	14
Centrale WTW met vorstbeveiliging door voorverwarming en thermische wisselaar	15
Decentrale WTW met vorstbeveiliging door terugtoeren en/of tijdelijke onbalans	θ_e
Decentrale WTW met enthalpiewisselaar	10
Decentrale WTW met vorstbeveiliging door voorverwarming en thermische wisselaar	12

2.7 Zekerheidsklasse warmteverlies naar aangrenzende woningen/gebouwen

2.7.1 Woningen/woongebouwen

Als een ruimte warmte verliest naar een belendende ruimte is dat warmteverlies onder meer afhankelijk van het verschil tussen de ontwerpbinnetemperatuur van de desbetreffende ruimte en de temperatuur in de belendende ruimte.

Indien ruimte en belendende ruimte tot dezelfde woning behoren zijn de temperaturen van die ruimten bekend. Indien de belendende ruimte tot een andere woning behoort (zoals bijvoorbeeld het geval kan zijn bij rijtjeshuizen en gestapelde bouw) kan men er niet van uitgaan dat de belendende ruimte op een 'normale' temperatuur is verwarmd (bij leegstand is dit bijvoorbeeld meestal niet het geval).

In zo'n situatie is het warmteverlies van het beschouwde vertrek groter dan bij normaal gebruik van de belendende woning. Houdt men hiermee geen rekening dan kan - bij lage buitentemperatuur - de ontwerpbinnetemperatuur in het eigen vertrek niet worden behaald c.q. moet met een langere opwarmtijd worden gerekend.

Houdt men wel rekening met een situatie als leegstand, dan is in veel gevallen in het desbetreffende vertrek een overcapaciteit aan verwarming aanwezig. Overigens is dat door automatische regeling eenvoudig te corrigeren (bijv. met behulp van thermostatische radiatorafsluiters).

Het is aan de gebruiker (opdrachtgever) om te bepalen in hoeverre hij zeker wil zijn de ontwerpbinnetemperatuur te kunnen realiseren. Of anders gezegd, van welke mate van leegstand van de belendende woning(en) hij wil uitgaan.

Om dit in de berekening te verdisconteren is het begrip 'zekerheidsklasse' ingevoerd, waarbij de volgende indeling is gehanteerd.

Tabel 2.6 Zekerheidsklassen voor aangrenzende woningen

Zekerheidsklasse	Omschrijving
A Maximale zekerheid	Ontwerpbinrentemperatuur en opwarmsnelheid gegarandeerd bij: 1. Leegstand, afwezigheid of afwijkend bewonersgedrag van alle burens.
B Verminderde zekerheid	Ontwerpbinrentemperatuur en opwarmsnelheid gegarandeerd bij: 1. Maximaal 50 % leegstand, afwezigheid of afwijkend bewonersgedrag van de burens bij woningen met twee of meer burens of bij; 2. Afwezigheid of afwijkend bewonersgedrag in geval de woning maximaal één buurwoning heeft.
C Lage zekerheid	Ontwerpbinrentemperatuur en opwarmsnelheid gegarandeerd bij: 1. Leegstand, afwezigheid of afwijkend bewonersgedrag van maximaal één aangrenzende woning.
D Minimale zekerheid	Ontwerpbinrentemperatuur en opwarmsnelheid alleen gegarandeerd bij: 1. Verwarming van alle aangrenzende woningen altijd op hetzelfde temperatuurniveau als de beschouwde woning.

De zekerheidsklasse moet gekozen worden op basis van de hiervoor gegeven beschrijving. Het kiezen van een lagere klasse als op grond van de beschrijving gekozen zou moeten worden, kan ertoe leiden dat de ontwerpbinrentemperatuur in het beschouwde vertrek niet altijd kan worden bereikt. Niet altijd betekent:

1. Bij situaties met buitentemperaturen lager dan de ontwerpbinrentemperatuur ($\theta_{e,0} < -10\text{ °C}$; gemiddeld 22 uur per jaar);
2. Een diepere en/of langere afkoeling dan waarmee bij het bepalen van de toeslag voor bedrijfsbeperking rekening is gehouden.

Tabel 2.7 geeft de c_z -waarde voor de mate van het in rekening brengen van het warmteverlies naar aangrenzende woningen/woongebouwen (naast, boven- of ondergelegen), afhankelijk van het aantal aangrenzende woningen en de gekozen zekerheidsklasse. Het is de mate van zekerheid die men heeft voor het kunnen realiseren van de ontwerpbinrentemperatuur onverlet de situatie in de aangrenzende woningen/woongebouwen (zie ook tabel 2.7).

Tabel 2.7 Bepaling van de c_z -waarde

Aantal aangrenzende woningen	Voorbeeld van bouw wijze	Zekerheidsklasse			
		A	B	C	D
0	Vrijstaande woning	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	Halfvrijstaande woning; woningen met hoekligging	1	1	1	0
2	Woning met tussenligging	1	0,5	0,5	0
3	Woongebouw met meer lagen	1	0,66	0,33	0
4 of meer	Woongebouw met meer lagen	1	0,5	0,25	0

Tabel 2.8 Toelichting bij het gebruik van de verschillende zekerheidsklassen

Zekerheidsklasse	Toelichting
A Maximale zekerheid	Deze klasse moet gekozen worden indien er geen enkele technische of organisatorische maatregel mogelijk is om te garanderen dat de temperatuur in de aangrenzende woning(en), ingeval van gestapelde bouw, boven de 15 °C zal liggen en in het geval van geschakelde bouw boven de 10 °C.
B Verminderde zekerheid	Deze klasse wordt over het algemeen geëist als verwacht wordt dat er door leegstand, afwezigheid of door afwijkend bewonersgedrag in maximaal 50% van de aangrenzende woningen een binnentemperatuur heerst van 10 °C voor geschakelde woningen resp. 15 °C voor gestapelde bouw. De overige burens verwarmen hun woning op hetzelfde niveau als de beschouwde woning.
C Lage zekerheid	Deze klasse wordt over het algemeen geëist als verwacht wordt dat er door leegstand, afwezigheid of afwijkend bewonersgedrag altijd maximaal één buur een θ_a heeft van 10 °C (voor de tussenwoning) en 15 °C (voor gestapelde bouw met twee of meer burens). Voor de situaties met slechts één buur wordt ervan uitgegaan dat de θ_a bij deze buur niet meer dan 2 °C afwijkt van de beschouwde woning.
D Minimale zekerheid	Indien zeker is dat alle aangrenzende woningen altijd op hetzelfde temperatuurniveau verwarmd worden als de beschouwde woning.

Opmerking: NEN-EN 12831-1 gaat altijd uit van zekerheidsklasse A. In deze ISSO-publicatie geeft een lagere zekerheidsklasse de mogelijkheid het opgestelde vermogen in vertrekken met wanden, vloeren en/of plafonds die grenzen aan burens te beperken en overdimensionering te voorkomen/beperken.

Voorbeeld

Bij een woning met vier burens (gestapelde bouw) is gekozen voor zekerheidsklasse C. Dat wil zeggen dat er van uitgegaan wordt dat er voldoende vermogen aanwezig is om onder ontwerpcondities de woning op temperatuur te houden. Na een periode van nachtverlaging gedurende de nacht kan deze weer binnen de gewenste tijd opgewarmd zijn. Hierbij mag één van de vier aangrenzende woningen leeg staan terwijl de andere woningen normaal worden gebruikt.

Nu komt één van de aangrenzende woningen leeg te staan. Er is nu nog voldoende vermogen geïnstalleerd om de warmteverliezen te kunnen dekken en na nachtverlaging weer snel te kunnen opwarmen. Komt er nu nog een aangrenzende woning leeg te staan dan is er onvoldoende vermogen beschikbaar bij de ontwerpcondities en moet in de aangrenzende woningen verwarmd worden (bijvoorbeeld geregeld via de vereniging van eigenaren). Uitgaande van leegstand rondom de beschouwde woning moet om geen risico te lopen dat een bewoner onvoldoende vermogen heeft om de verliezen naar de aangrenzende woningen te dekken gestookt worden tot een temperatuur van 18,5 °C in verblijfsgebieden.

Wordt echter uitgegaan van een leegstand van 50% dan kan volstaan worden met een minimumtemperatuur van 17 °C.

2.7.2 Overige gebouwen

Voor niet-woningen/woongebouwen geldt voor de zekerheidsklasse $c_z = 1$.

2.8 Vraagspecificatie

De vraagspecificatie gegeven in bijlage A bevat een samenvatting van alle gegevens die bekend moeten zijn om een warmteverliesberekening te kunnen uitvoeren.

3 Schilmethode – Warmteverliesberekening voor een gebouw

Het ontwerpwarmteverlies voor een gebouw volgt uit de transmissieverliezen naar buiten (direct of indirect), het warmteverlies door buitenluchttoetreding en, indien van toepassing, een toeslag voor bedrijfsbeperking. Om overdimensionering te voorkomen moeten alleen die toeslagen voor bedrijfsbeperking in rekening gebracht worden die gelijktijdig optreden. Het is van belang hierover met de opdrachtgever afspraken te maken.

Het warmteverlies van een gebouw $\Phi_{HL, Build}$ volgt uit:

$$\Phi_{HL, Build} = \sum_i [\Phi_{T, ie} + \Phi_{T, iae} + \Phi_{T, iaBE} + \Phi_{T, ig}] + \Phi_{V, build} + \sum_i \Phi_{h, u, i} + \sum_i \Phi_{add, i} - \sum_i \Phi_{gain, i} \quad [W] \quad (3.1)$$

Waarin:

$\Phi_{T, ie}$ = ontwerpwarmteverlies naar buitenlucht (zie paragraaf 3.2) [W]

$\Phi_{T, iae}$ = ontwerpwarmteverlies naar onverwarmde aangrenzende ruimten (zie paragraaf 3.3) [W]

$\Phi_{T, iaBE}$ = ontwerpwarmteverlies naar aangrenzend pand (zie paragraaf 3.4) [W]

$\Phi_{T, ig}$ = ontwerpwarmteverlies naar de bodem (zie paragraaf 3.5) [W]

$\Phi_{V, build}$ = warmteverlies door buitenluchttoetreding (zie paragraaf 3.6) [W]

$\sum_i \Phi_{h, u, i}$ = som van de gelijktijdig optredende toeslagen voor bedrijfsbeperking (zie paragraaf 3.7) [W]

$\sum_i \Phi_{add, i}$ = som van de gelijktijdig optredende systeemverliezen (zie paragraaf 3.8) [W]

$\sum_i \Phi_{gain, i}$ = som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten onder ontwerpcondities (zie paragraaf 3.9) [W]

Het ontwerpwarmteverlies $\Phi_{T, ix}$ van een ruimte volgt uit:

$$\Phi_{T, ix} = H_{T, ix} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (3.2)$$

Waarin:

$H_{T, ix}$ = specifiek warmteverlies van verwarmde ruimte i naar een andere ruimte x (buitenlucht, onverwarmde aangrenzende ruimte of bodem) [W/K]

θ_i = ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 3.1 [°C]

θ_e = ontwerpuitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

3.1 Ontwerpbinrentemperatuur

Voor de ontwerpbinrentemperatuur θ_i voor de schilberekening geldt:

$\theta_i = 22^\circ\text{C}$ voor bejaardenwoningen, verzorgingstehuizen, moderne goed geïsoleerde woningen ($R_e \geq 3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$);

$\theta_i = 20^\circ\text{C}$ voor de overige woningen/woongebouwen.

3.2 Specifiek warmteverlies van het gebouw naar de buitenlucht

Voor het specifieke warmteverlies $H_{T, ie}$ van het gebouw naar de buitenlucht via de aan de buitenlucht grenzende omhulling (schil) geldt:

$$\sum_k H_{T, ie} = \sum_k (A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_k) \quad [W/K] \quad (3.3)$$

Waarin:

A_k = oppervlak van de uitwendige scheidingsconstructie k, bepaald volgens paragraaf 2.2 [m²]

U_k = warmtedoorgangscoefficiënt van de uitwendige scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m²·K)]

ΔU_{TB} = toeslag voor thermische bruggen volgens tabel 3.1 [W/(m²·K)]

f_k = correctie voor verwarmde vlakken of temperatuurgrediënten [-]

Voor f_k geldt:

$f_k = 0$ voor het verwarmde deel van wand/vloer/plafond bij wand-/vloer- of plafondverwarming c.q. betonkernactivering

$f_k = 1$ voor buitenwanden/schuine daken

Voor vloeren boven buitenlucht:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.4)$$

Voor platte daken:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.5)$$

Waarin:

θ_i = ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 3.1 [°C]

θ_e = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

$\Delta\theta_1$ = temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2 [K]

$\Delta\theta_2$ = temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2 [K]

Tabel 3.1 Toegevoegde warmtedoorgangscoefficiënt ΔU_{TB}

Omschrijving	ΔU_{TB} [W/ m ² ·K]
Toeslagen reeds verrekend in de U-waarde (bepaald volgens NEN 1068)	0
Nieuw gebouw met goede isolatie en speciale bouwkundige voorzieningen om thermische bruggen te beperken/voorkomen	0,02
Nieuw gebouw	0,05
Gebouwen met isolatie aan de binnenzijde en isolatie doorbroken door plafonds	0,15
Overige situaties	0,10

3.3 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimte(n)

Voor het specifieke warmteverlies $\sum_k H_{T,iae}$ van het gebouw naar een aangrenzende onverwarmde ruimte geldt:

$\sum_k H_{T,iae} = 0$ bij de bepaling van de bijdrage van de betreffende woning aan het te installeren vermogen van een collectieve installatie of vrijstaande woning/woongebouw

In alle andere gevallen:

$$\sum_k H_{T,iae} = \sum_k (\dot{A}_k \cdot U_k \cdot f_k) \quad [W/K] \quad (3.6)$$

Waarin:

A_k = oppervlak van wand/vloer/plafond naar onverwarmde ruimte bepaald volgens paragraaf 2.2	[m ²]
U_k = warmtedoorgangscoefficiënt van de scheidingsconstructie bepaald volgens paragraaf 2.4	[W/(m ² ·K)]
f_k = correctiefactor ter correctie temperatuurverschil tussen ontwerp-buitentemperatuur en temperatuur aangrenzende onverwarmde ruimte(n) met $f_k = 0$ voor verwarmde vlakken	[-]

De correctiefactor f_k volgt uit tabel 3.2 of nadat de temperatuur θ_a in de aangrenzende ruimte berekend is met behulp van de warmtebalans uit bijlage F uit:

Voor wanden:

$$f_k = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.7)$$

Voor de vloer naar ondergelegen woning/gebouw:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.8)$$

Voor het plafond naar bovengelegen woningen:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.9)$$

Waarin:

θ_i	= ontwerp-binnentemperatuur volgens paragraaf 3.1	[°C]
θ_e	= ontwerp-buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
θ_a	= temperatuur in de aangrenzende ruimte	[°C]
$\Delta\theta_1$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]
$\Delta\theta_2$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]

Tabel 3.2 Correctiefactor f_k voor warmteverlies via onverwarmde ruimten met onbekende binnentemperatuur

Onverwarmde ruimte			f _k
Vertrek/ruimte	1 externe scheidingsconstructie/buitenwand		0,4
	2 externe scheidingsconstructies	zonder buitendeur	0,5
		met buitendeur	0,6
	3 of meer externe scheidingsconstructies		0,8
Ruimte onder het dak	Hoog infiltratievoud in de ruimte; bijv. pannendak zonder folielaag		1,0
	Overige niet-geïsoleerde daken		0,9
	Geïsoleerde daken		0,7
Gemeenschappelijke verkeersruimte	Interne ruimte zonder buitenwanden en ventilatievoud < 0,5		0,0
	Vrij geventileerd ($A_{\text{opening}}/V > 0,005$)		1,0
	Overige gevallen		0,5
Vloer	Vloer boven kruipruimte	zwak geventileerd ¹⁾	0,6
		matig geventileerd ¹⁾	0,8
		sterk geventileerd ¹⁾	1,0
1) Zwak geventileerd: openingen in de luchtlaag ≤ 1000 mm ² /m ² luchtlaagoppervlakte Matig geventileerd: openingen in de luchtlaag > 1000 mm ² /m ² maar ≤ 1500 mm ² /m ² luchtlaagoppervlakte Sterk geventileerd: openingen in de luchtlaag > 1500 mm ² /m ² luchtlaagoppervlakte			

3.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende woning(en)/woongebouw(en)

Voor het specifieke warmteverlies $\sum_k H_{T,iaBE}$ van het gebouw naar de aangrenzende woning/woongebouw (zowel naastgelegen als boven- of ondergelegen) geldt:

$\sum_k H_{T,iaBE} = 0$ bij de bepaling van de bijdrage van de betreffende woning aan het te installeren vermogen van een collectieve installatie of vrijstaande woning

In alle andere gevallen:

$$\sum_k H_{T,iaBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) \quad [W/K] \quad (3.10)$$

Waarin:

c_z = correctiefactor voor zekerheidsklasse bij verliezen naar aangrenzende woningen/woongebouwen volgens paragraaf 2.7 [-]

A_k = oppervlak van de woningscheidende vlakken bepaald volgens paragraaf 2.2 [m²]

U_k = warmtedoorgangscoefficiënt van woningscheidende vlakken bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m²·K)]

$f_{ia,k}$ = correctiefactor ter correctie temperatuurverschil tussen ontwerp-buitentemperatuur en temperatuur aangrenzende woning(en)/woongebouw(en) [-]

$f_{ia,k} = 0$ voor verwarmde vlakken

Voor wanden:

$$f_{ia,k} = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.11)$$

Voor de vloer naar ondergelegen woning/gebouw:

$$f_{ia,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.12)$$

Voor het plafond naar bovengelegen woningen:

$$f_{ia,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.13)$$

Waarin:

θ_i = ontwerp-binnentemperatuur volgens paragraaf 3.1 [°C]

θ_e = ontwerp-buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

θ_a = temperatuur aangrenzende ruimte: [°C]

berekening via warmtebalans (zie bijlage F) of

= 10 °C bij rijtjes woningen

= 15 °C bij gestapelde bouw, kantoren en winkels

= 5 °C bij stallingruimte die vorstvrij gehouden wordt

$\Delta\theta_1$ = temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2 [K]

$\Delta\theta_2$ = temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2 [K]

3.5 Specifiek warmteverlies naar de grond

Het specifieke warmteverlies $H_{T,ig}$ door uitwendige scheidingsconstructies (wanden en vloeren) in contact met de grond volgt uit:

$$\Sigma_k H_{T,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) \quad [W/K] \quad (3.14)$$

Waarin:

Σ_k = sommatie over alle uitwendige scheidingsconstructies in contact met de grond [-]

A_k = oppervlakte van vlak k, dat in contact is met de grond bepaald volgens paragraaf 2.2 [m²]

$U_{equiv,k}$ = equivalente warmtedoorgangscoefficiënt [W/(m²·K)]

f_{gw} = grondwaterfactor [-]

$f_{ig,k}$ = correctiefactor voor afwijkend temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. jaargemiddelde buitentemperatuur [-]

Voor de grondwaterfactor f_{gw} geldt:

$f_{gw} = 1$ indien de grondwaterspiegel ≥ 1 m onder het vloerniveau gelegen is

$f_{gw} = 1,15$ voor de overige gevallen of niet bekend is wat de grondwaterspiegel is

Voor de correctiefactor $f_{ig,k}$ geldt:

Voor het, door de verwarming van het beschouwde vertrek, verwarmde deel van wand/vloer/plafond bij wand-/vloerverwarming c.q. betonkernactivering dat in contact is met de grond:

$$f_{ig,k} = 0$$

Voor wanden:

$$f_{ig,k} = \frac{\theta_i - \theta_{me}}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.15)$$

Voor vloeren:

$$f_{ig,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_{me}}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.16)$$

Waarin:

θ_i = ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 3.1 [°C]

θ_e = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

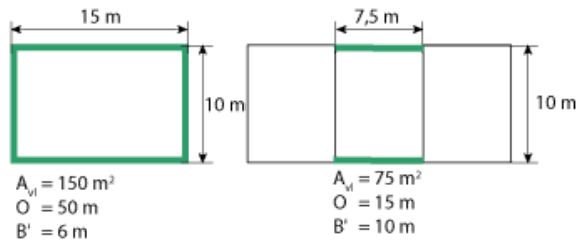
θ_{me} = jaarlijks gemiddelde buitentemperatuur (= 9 °C) [°C]

$\Delta\theta_2$ = temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2 [K]

Bepalen van de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt $U_{equiv,k}$

Bepaal eerst hulpwaarde B' :

1. Bepaal voor de gehele woning het vloeroppervlak A_{vi} ;
2. Bepaal voor de gehele woning de lengte O van aan de buitenlucht grenzende vlakken, waarbij onverwarmde vertrekken/gebouwen als grenzend aan de buitenlucht beschouwd worden;
3. Bepaal de hulpwaarde B' volgens $B' = 2A_{vi}/O$ (zie afbeelding 3.1), let op $2 \leq B' \leq 50$;
4. Gebruik de van toepassing zijnde afbeelding uit afbeelding 3.1.



Afb. 3.1 Toelichting bij bepalen hulpwaarde B'

De equivalente warmtedoorgangscoëfficiënt volgt uit:

$$U_{\text{equiv},k} = \frac{a}{b + \left(c_1 + B'\right)^{n_1} + \left(c_2 + z\right)^{n_2} + \left(c_3 + U_k + \Delta U_{\text{TB}}\right)^{n_3}} + d \quad \left[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})\right] \quad (3.17)$$

Waarin:

a, b, c, d, n	= parameter volgend uit tabel 3.3	[-]
B'	= hulpwaarde	[m]
z	= diepte vloer onder maaiveld ($0 \leq z \leq 5$)	[m]
U_k	= warmtedoorgangscoëfficiënt van de wand of vloer in contact met de grond	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
ΔU_{TB}	= toeslag voor thermische bruggen volgens tabel 3.1	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

Indien $U_{\text{equiv},k} < 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dan moet $U_{\text{equiv},k} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ worden aangehouden.

Opmerking: Bij vloeren met verschillende U-waarden in de begane grondvloer moet uitgegaan worden van een oppervlaktegewogen gemiddelde U-waarde bij de bepaling van $U_{\text{equiv},k}$.

Tabel 3.3 Parameters voor de bepaling van $U_{\text{equiv},k}$

	a	b	c ₁	c ₂	c ₃	n ₁	n ₂	n ₃	d
Vloer	0,9671	-7,455	10,76	9,773	0,0265	0,5532	0,6027	-0,9296	-0,0203
Wand	0,799	-6,7951	0 ¹⁾	26,586	0,1523	0 ¹⁾	0,5012	-0,1406	-1,074

1) In het bepalen van het warmteverlies door wanden heeft B' geen invloed; vanwege de rekenkundige integriteit mag B' niet gelijk zijn aan nul.

3.6 Warmteverlies door buitenluchttoetreding

Het warmteverlies door buitenluchttoetreding $\Phi_{\text{V,build}}$ volgt voor systemen met mechanische toevoer van ventilatielucht uit:

$$\Phi_{\text{V,build}} = (H_i + H_v) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (3.18)$$

Waarin:

H_i	= specifieke warmteverlies door infiltratie volgens paragraaf 3.6.1	$[\text{W}/\text{K}]$
H_v	= specifieke warmteverlies door ventilatie volgens paragraaf 3.6.2	$[\text{W}/\text{K}]$
θ_i	= ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 3.1	$[\text{°C}]$
θ_e	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	$[\text{°C}]$

Voor systemen met een natuurlijke toevoer van ventilatielucht volgt het ventilatiewarmteverlies $\Phi_{\text{V,build}}$ uit:

$$\Phi_{\text{V,build}} = (\max(H_i; H_v)) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (3.19)$$

Waarin:

H_i	= specifieke warmteverlies door infiltratie volgens paragraaf 3.6.1	[W/K]
H_v	= specifieke warmteverlies door ventilatie volgens paragraaf 3.6.2	[W/K]
θ_i	= ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 3.1	[°C]
θ_e	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]

3.6.1 Specifiek warmteverlies door infiltratie

Het specifieke warmteverlies door infiltratie H_i volgt uit:

$$H_i = 1200 \cdot q_i \cdot z \quad [W/K] \quad (3.20)$$

Waarin:

1200	= waarde voor $c_p \cdot \rho$	[J/(m³·K)]
q_i	= volumestroom infiltratielucht	[m³/s]
z	= fractie in rekening te brengen infiltratie (zie tabel 3.4)	[-]

Tabel 3.4 Waarden voor fractie z

Type gebouw	Fractie z
Woningen met één buitengevel of twee niet tegenover elkaar liggende buitengevels	1
Eengezinswoning	0,7
Galerijwoning	0,5
Portiekwoning	0,5
Bejaardenwoning	0,5
Verzorgingstehuis	0,5

De volumestroom infiltratielucht q_i volgt uit:

$$q_i = A_u \cdot q_{is} \quad [m^3/s] \quad (3.21)$$

Waarin:

A_u	= totale oppervlakte van de uitwendige scheidingsconstructies	[m²]
q_{is}	= luchtvolumestroom infiltratie per vierkante meter uitwendige scheidingsconstructie conform tabel 3.5	[m³/s per m²]

Tabel 3.5 Waarden voor luchtvolumestroom infiltratie q_{is} in m³/s per m² buitenoppervlak (uitwendige scheidingsconstructie; incl. beglazing en deuren) afhankelijk van $q_{v,10,kar}$ (rechtlijnige interpolatie is toegestaan)

$q_{v,10,kar}$					
≤ 0,3	0,5	1,0	1,5	≥ 2,0	Onbekend of niet gerenoveerde woning van voor 1992
$10 \cdot 10^{-5}$	$12 \cdot 10^{-5}$	$19 \cdot 10^{-5}$	$30 \cdot 10^{-5}$	$42 \cdot 10^{-5}$	$190 \cdot 10^{-5}$

Opmerking: Voor de Nederlandse situatie mag t.b.v. de warmteverliesberekening voor $\rho \cdot c_p$ worden uitgegaan van 1200.

3.6.2 Specifiek warmteverlies door ventilatie

Het specifieke warmteverlies door ventilatie H_v volgt uit:

$$H_v = 1200 \cdot q_v \cdot f_v \quad [W/K] \quad (3.22)$$

Waarin:

1200	= waarde voor $c_p \cdot \rho$	[J/(m ³ ·K)]
q_v	= volumestroom ventilatielucht	[m ³ /s]
f_v	= correctiefactor voor inblaastemperaturen hoger dan de buitentemperatuur	[-]

Voor de volumestroom ventilatielucht q_v geldt:

1. Indien bekend de maximale volumestroom q_v van de ventilatie-unit;
2. Voor de overige gevallen de maximum waarde van:

$$q_v = (n_1 + 3 \cdot n_2 + n_3 + 2 \cdot n_4) \cdot 7 \cdot 10^{-3} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.23)$$

of

$$q_v = 0,0009 \cdot A_{\text{totaal}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.24)$$

Waarin:

n_1	= aantal verblijfsruimten zonder opstelplaats kooktoestel en/of open toestel (<15 kW) voor warmtapwaterbereiding	[-]
n_2	= aantal verblijfsruimten met opstelplaats kooktoestel en/of open toestel (<15 kW) voor warmtapwaterbereiding	[-]
n_3	= aantal toiletruimten	[-]
n_4	= aantal badruimten (al dan niet met toilet)	[-]
A_{totaal}	= totaal oppervlak van het verblijfsgebied	[m ²]

Voor de temperatuurcorrectiefactor f_v voor inblaastemperaturen geldt:

$f_v = 0$ voor alle systemen met inblaastemperaturen hoger dan de ontwerpbinntemperatuur

$f_v = 1$ voor alle systemen zonder WTW of voorverwarming van de inblaaslucht

Voor systemen met WTW of voorverwarming van de inblaaslucht:

$$f_v = \frac{\theta_i - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.25)$$

Waarin:

θ_i	= ontwerpbinntemperatuur volgens paragraaf 3.1	[°C]
θ_e	= ontwerpbutentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
θ_t	= inblaastemperatuur ventilatielucht (zie opmerking) (voor berekening θ_t bij systemen met WTW zie bijlage C)	[°C]

Opmerking: Bij systemen met WTW is de in rekening te brengen temperatuur bij de buitenluchttoetreding afhankelijk van de manier van vorstbeveiliging van de unit. Bij units die de buitenlucht voorverwarmen wordt gerekend met de toevoertemperatuur na de voorwarmer. Bij WTW-units die normaal in bedrijf blijven mag gerekend worden met de inblaastemperatuur na de WTW (berekend met het rendement van de WTW). Bij units die gedeeltelijk of geheel dichtvriezen en/of die een onbalans in toe- en afvoer krijgen mag voor de in rekening te brengen temperatuur bij de buitenluchttoetreding niet rekenen met enig rendement van de WTW (inblaastemperatuur = ontwerpbutentemperatuur). Indien het type vorstbeveiliging van de WTW nog niet bekend is moet gerekend worden met de buitentemperatuur als inblaastemperatuur.

3.7 Toeslag voor bedrijfsbeperking

Indien geen nachtverlaging/bedrijfsbeperking wordt toegepast geldt $\Phi_{hu} = 0$.

Voor alle andere gevallen geldt:

$$\Phi_{hu} = A_{vl} \cdot P \quad [\text{W}] \quad (3.26)$$

Waarin:

A_{vi} = totale vloeroppervlak van de woning/woongebouw dus incl. verdiepingsvloeren bepaald volgens 2.2 waarbij geldt dat de hoogte tot vloer/plafond $\geq 1,5$ m $[m^2]$

P = specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking $[W/m^2]$

Bij een periode van nachtverlaging/bedrijfsbeperking wordt ervan uitgegaan dat de ventilatie in de nachtstand geschakeld wordt. Hierdoor is een deel van het ventilatievermogen beschikbaar voor opwarmen.

Indien de ventilatievoorziening niet eenvoudig door de bewoner op 50% is in te stellen (dat geldt voor alle systemen met natuurlijke toevoer van ventilatielucht) moet de volledige toeslag voor bedrijfsbeperking Φ_{hu} in rekening gebracht worden. Er geldt dan:

$$\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{hu}$$

Voor systemen met mechanische toevoer van ventilatielucht geldt voor het toe te rekenen deel van de toeslag voor bedrijfsbeperking Φ_o :

$$\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{hu} - 0,5 H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (3.27)$$

Waarbij geldt dat indien $\sum_i \Phi_{hu,i} < 0$ dan $\sum_i \Phi_{hu,i} = 0$

Waarin:

Φ_{hu} = toeslag voor bedrijfsbeperking $[W]$

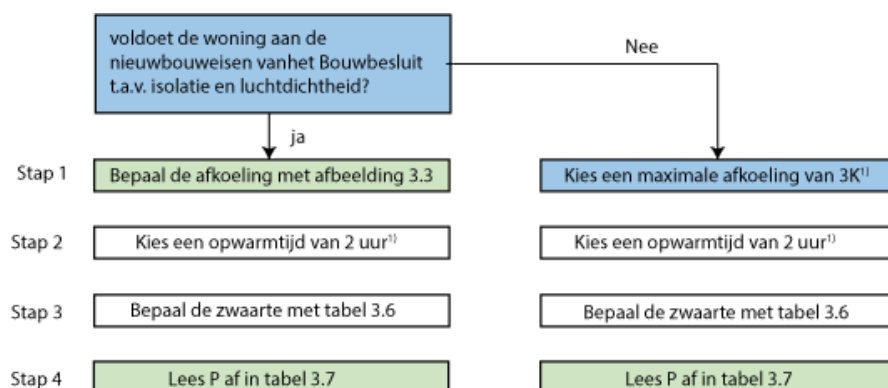
H_v = specifiek warmteverlies t.g.v. ventilatie volgens 3.6.2 $[W/K]$

θ_i = ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 3.1 $[^\circ C]$

θ_e = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 $[^\circ C]$

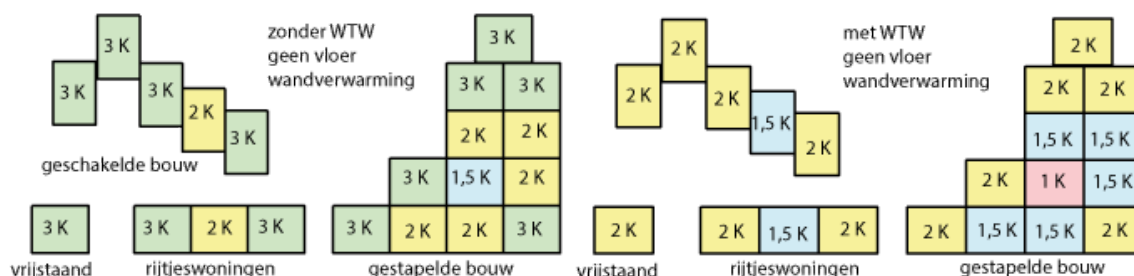
Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking P

Voor het bepalen van de specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking P moet het hetschema van afbeelding 3.2 worden gebruikt.



1) In overleg met de opdrachtgever kan een andere waarde als ontwerpgrondslag worden aangehouden; lagere waarden voor de afkoeling en hogere waarden voor de opwarmtijd leiden tot een lagere toeslag voor bedrijfsbeperking en kunnen in een aantal gevallen tot een geringer op te stellen vermogen leiden. Dit met name bij systemen met een gering ventilatiewarmteverlies. Voor zeer goed geïsoleerde woningen (gemiddelde R_c -waarde $> 7,5 W/(m^2 \cdot K)$) geldt een maximale afkoeling van 1 K.

Afb. 3.2 Schema voor het bepalen van de specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking



Afb. 3.3 Te verwachten maximale afkoeling voor gemeubileerde woningen na acht uur nachtverlaging/bedrijfsonderbreking, ontwerp buitencondities, gelijktijdige verwarming van alle vertrekken. Voor zeer goed geïsoleerde woningen (gemiddelde R_c -waarde $\geq 7,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) geldt een maximale afkoeling van 1 K.

Opmerking:

1. Afbeelding 3.3 geldt niet voor volledige houtskeletbouw (d.w.z. ook houten vloeren). Voor volledige houtskeletbouw kan de afkoeling met behulp van thermische simulatieprogramma's bepaald worden. Als benadering kan uitgegaan worden van de waarden uit tabel 3.7, verhoogd met 2 K;
2. Voor systemen met vloer- en wandverwarming is de afkoeling geringer dan aangegeven in afbeelding 3.3; echter het systeem is ook minder snel zodat als benadering de gegevens uit afbeelding 3.3 en tabel 3.7 aangehouden kunnen worden.

Toelichting

Bij de geschakelde bouw mag worden uitgegaan van een afkoeling gelijk aan die van tussenwoningen van rijtjeswoningen indien de woningscheidende wanden voor minimaal 2/3 deel grenzen aan de burens.

Tabel 3.6 Zwaarte van de woning

Categorie	Omschrijving
I - licht	Houtskeletbouw
	Overwegend lichte constructies zoals: <ol style="list-style-type: none"> 1. Lichtgewicht daken; 2. Lichte wanden (sandwich panelen, houten frame constructies).
I - middelzwaar	Deels massieve constructies zoals: <ol style="list-style-type: none"> 1. Buitenwand/woningscheidende wanden kalkzandsteen of beton; 2. Binnenwanden gips/gasbeton/cellenbeton; 3. Betonnen vloeren en/of plafonds.
z - zwaar	Overwegend massieve constructies zoals: <ol style="list-style-type: none"> 1. Wand van steen, kalkzandsteen of beton; 2. Betonnen vloeren en/of plafonds.

Tabel 3.7 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking P in W/m^2 vloeroppervlak bij verschillende opwarmtijden voor de woningbouw bij een periode van acht uur nachtverlaging/bedrijfsbeperking

Aantal graden verlaging		1		1,5		2		2,5 ¹⁾		3 ¹⁾	
Zwaarte gebouw		I	z	I	z	I	z	I	z	I	z
Opwarmtijd [h]	0,5	14	18	22	27	29	35 ²⁾	37 ²⁾	44 ²⁾	44 ²⁾	53 ²⁾
	1	10	14	16	21	21	28	27	36 ²⁾	32 ²⁾	43 ²⁾
	2	7	11	10	17	13	22	17	28	21	33 ²⁾
	3	5	10	8	15	10	19	13	23	15	27
	4 ¹⁾	4	9	6	13	8	17	11	21	13	25

1) Bij nieuwbouwwoningen zakt de temperatuur niet zo ver bij toepassing van nachtverlaging.

2) Minder zinvolle toepassingen.

3.8 Som van de gelijktijdig optredende systeemverliezen

Onder de som van de gelijktijdig optredende systeemverliezen (additionele warmtevraag) vallen de volgende bijdragen aan het vermogen van de warmteopwekker:

1. Het naar beneden afgegeven vermogen van vloerverwarming;
2. Het vermogen van de voorverwarmer van ventilatielucht;
3. Warmteverlies van leidingen in onverwarmde ruimten.

In formule weergegeven:

$$\sum_i \Phi_{add,i} = \sum_i \Phi_{verlies} + \Phi_{vv} + \Phi_{leid} \quad [W] \quad (3.28)$$

Waarin:

$\sum_i \Phi_{verlies}$ = gesommeerde warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte c.q. de warmteafgifte van wandverwarming naar buiten en/of aangrenzend pand en/of de warmteafgifte van een verwarmd plafond naar buiten/aangrenzend pand [W]

Φ_{vv} = vermogen van de voorverwarmer van ventilatielucht [W]

Φ_{leid} = warmteverlies van leidingen/luchtkanalen in onverwarmde ruimten [W]

Opmerking: Betonkernactivering in vloeren moet berekend worden als vloerverwarming, in wanden als wandverwarming en in plafonds als plafondverwarming.

Voor $\sum_i \Phi_{verlies}$ geldt:

$$\sum_i \Phi_{verlies} = \sum_i \Phi_{verlies1} + \sum_i \Phi_{verlies2} + \sum_i \Phi_{verlies3} \quad [W] \quad (3.29)$$

Waarin:

$\sum_i \Phi_{verlies1}$ = gesommeerde warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte [W]

$\sum_i \Phi_{verlies2}$ = gesommeerde warmteafgifte van wandverwarming naar buiten en/of aangrenzend pand [W]

$\sum_i \Phi_{verlies3}$ = gesommeerde warmteafgifte van een verwarmd plafond naar buiten/aangrenzend pand [W]

Hieronder wordt nader op de verschillende additionele warmtevragen ingegaan.

Warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte

Bij afwezigheid van vloerverwarming en vloerverwarming op verdiepingsvloeren geldt: $\Phi_{verlies1} = 0$.

De warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte kan bepaald worden met ISSO-publicatie 49 of er kan worden uitgegaan van onderstaande defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar beneden van vloerverwarming is voor geïsoleerde vloeren ($R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) geldt: $\Phi_{verlies1} = 0,15 \cdot \Phi_{HL,i}$. Voor de overige vloeren geldt: $\Phi_{verlies1} = 0,4 \cdot \Phi_{HL,i}$.

Warmteafgifte van wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand

Bij afwezigheid van wandverwarming en wandverwarming op binnenwanden geldt: $\Phi_{verlies2} = 0$.

De warmteafgifte van wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand kan bepaald worden met ISSO-publicatie 49 of er kan worden uitgegaan van onderstaande defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar buiten van wandverwarming is voor geïsoleerde wanden ($R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) geldt: $\Phi_{verlies2} = 0,20 \cdot \Phi_{HL,i}$. Voor de overige wanden geldt: $\Phi_{verlies2} = 0,5 \cdot \Phi_{HL,i}$.

Warmteafgifte van plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand

Bij afwezigheid van plafondverwarming en plafondverwarming op tussenvloeren geldt: $\Phi_{verlies3} = 0$.

De warmteafgifte van plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand kan bepaald worden met de in ISSO-publicatie 49 gegeven methode of er kan worden uitgegaan van onderstaande defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar buiten van plafondverwarming is voor geïsoleerde plafonds/daken ($R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) geldt: $\Phi_{verlies3} = 0,20 \cdot \Phi_{HL,i}$. Voor de overige plafonds geldt: $\Phi_{verlies3} = 0,5 \cdot \Phi_{HL,i}$.

Vermogen van de voorverwarmer

Voor systemen zonder voorverwarming of elektrische voorverwarming geldt: $\Phi_{vv} = 0$.

Voor systemen met voorverwarming van de ventilatielucht tot θ_t door een verwarmingselement geldt dat het vermogen van de voorverwarmer afhankelijk is van het al of niet toepassen van warmteterugwinning (WTW):

Vermogen van de voorverwarmer zonder toepassing WTW:

$$\Phi_{vv} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_t - \theta_e) \quad [W] \quad (3.30)$$

Waarin:

1200	=	waarde voor $c_p \cdot \rho$	$[J/(m^3 \cdot K)]$
q_v	=	totale volumestroom ventilatielucht over de voorverwarmer	$[m^3/s]$
θ_t	=	toevoertemperatuur ventilatielucht	$[^{\circ}C]$
θ_e	=	ontwerpbuitentemperatuur, welke gelijk is aan $-10^{\circ}C$	$[^{\circ}C]$

Vermogen van de voorverwarmer met WTW:

$$\Phi_{vv} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_t - \theta_m) \quad [W] \quad (3.31)$$

Waarin:

1200	=	waarde voor $c_p \cdot \rho$	$[J/(m^3 \cdot K)]$
q_v	=	totale volumestroom ventilatielucht over de voorverwarmer	$[m^3/s]$
θ_t	=	toevoertemperatuur ventilatielucht	$[^{\circ}C]$
θ_m	=	temperatuur voor de voorverwarming (na WTW; zie bijlage C voor berekening van de temperatuur na de WTW)	$[^{\circ}C]$

Warmteverlies van leidingen/luchtkanalen in onverwarmde ruimten

Bij afwezigheid van leidingen of luchtkanalen in onverwarmde ruimten geldt $\Phi_{leid} = 0$.

Het warmteverlies van leidingen of luchtkanalen in onverwarmde ruimte kan bepaald worden met bijlage D.

3.9 Som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten

Voor het bepalen van het warmteverlies door de schil geldt voor de som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten:

$$\sum_i \Phi_{gain,i} = 0 \text{ W}$$

4 Warmteverliesberekening per vertrek

4.1 Algemeen

Het ontwerpwarmteverlies voor een vertrek volgt uit de transmissieverliezen naar buiten (direct of indirect), het ventilatieverlies en, indien van toepassing, een toeslag voor bedrijfsbeperking. Om overdimensionering te voorkomen moeten alleen die toeslagen voor bedrijfsbeperking in rekening gebracht worden die gelijktijdig optreden. Het is van belang hierover met de opdrachtgever afspraken te maken.

Het warmteverlies van een vertrek $\Phi_{HL,i}$ volgt uit:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} - \Phi_{gain,i} \quad [W] \quad (4.1)$$

Met

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4.2)$$

Waarin:

$\Phi_{T,i}$	= warmteverlies door transmissie van vertrek i	[W]
$\Phi_{V,i}$	= warmteverlies door (buiten)luchttoetreding van vertrek i (zie paragraaf 4.7)	[W]
$\Phi_{hu,i}$	= toeslag voor bedrijfsbeperking van vertrek i (zie paragraaf 4.8)	[W]
$\Phi_{gain,i}$	= warmtewinst van vertrek i (zie paragraaf 4.9)	[W]
$H_{T,ie}$	= specifiek warmteverlies naar buitenlucht (zie paragraaf 4.2)	[W/K]
$H_{T,iae}$	= specifiek warmteverlies naar onverwarmde aangrenzend vertrek (zie paragraaf 4.3)	[W/K]
$H_{T,ia}$	= specifiek warmteverlies naar verwarmde aangrenzend vertrek (zie paragraaf 4.4)	[W/K]
$H_{T,iaBE}$	= specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand (zie paragraaf 4.5)	[W/K]
$H_{T,ig}$	= specifiek warmteverlies naar de bodem (zie paragraaf 4.6)	[W/K]
θ_i	= ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
θ_e	= ontwerpbutentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]

Opmerking: Het warmteverlies door buitenluchttoetreding is het vermogen benodigd voor het verwarmen van de lucht die het beschouwde vertrek binnenkomt en een temperatuur heeft die afwijkt van de vertrektemperatuur.

Het warmteverlies door buitenluchttoetreding wordt bepaald door ventilatie (al dan niet bewust) en infiltratie.

Bij het bepalen van het totaal in een vertrek te installeren vermogen worden, vanuit het vertrek gezien, de benodigde vermogens gesommeerd om de warmteverliezen door de vertrekhulling en door buitenluchttoetreding te dekken. Dit wordt vermeerderd met een (optionele) toeslag voor sneller opwarmen na bedrijfsbeperking. Het verdelen van het te installeren vermogen over een vertrek vindt plaats bij het ontwerpen van het systeem en wordt daar behandeld (zie ISSO-publicatie 49 voor vloer- en wandverwarming [2], ISSO-publicatie 58 voor luchtverwarming [3] en ISSO-publicatie 66 voor radiatoren- en convectorenverwarming [4]).

Opmerking: Het resultaat van de warmteverliesberekening is dus het vermogen dat het betreffende verwarmingssysteem aan het vertrek moet afgeven (warmteafgifte naar de onderzijde van vloerverwarming wordt als systeemverlies gezien en moet wel bij het bepalen van het vermogen van de opwekker in rekening gebracht worden, maar niet bij het in het vertrek benodigde vermogen).

4.2 Specifiek warmteverlies naar de buitenlucht

Voor het specifieke warmteverlies $H_{T,ie}$ van het vertrek naar de buitenlucht via de aan de buitenlucht grenzende omhulling geldt:

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_k) \quad [W/K] \quad (4.3)$$

Waarin:

A_k	= oppervlak van de uitwendige scheidingsconstructie k bepaald volgens 2.2	[m ²]
U_k	= warmtedoorgangscoefficiënt van de uitwendige scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.4	[W/(m ² ·K)]
ΔU_{TB}	= toeslag voor thermische bruggen volgens tabel 3.1	[W/(m ² ·K)]
f_k	= correctie voor verwarmde vlakken of temperatuurgradiënten	[-]

Voor de waarde van f_k geldt:

$f_k = 0$ voor het verwarmde deel van wand/vloer/plafond bij wand-/vloer- of plafondverwarming c.q. betonkernactivering
 $f_k = 1$ voor buitenwanden/schuine daken

Voor vloeren boven buitenlucht:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.4)$$

Voor platte daken:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.5)$$

Waarin:

θ_i	= ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
θ_e	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\Delta\theta_1$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]
$\Delta\theta_2$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]

4.3 Specifiek warmteverlies naar verwarmd vertrek in dezelfde woning

Voor het specifieke warmteverlies $H_{T,ia}$ naar een aangrenzend verwarmd vertrek van dezelfde woning/hetzelfde woongebouw (zowel naastgelegen als boven- of ondergelegen) geldt:

$$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) \quad [W/K] \quad (4.6)$$

Waarin:

A_k	= oppervlak van scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.2	[m ²]
U_k	= warmtedoorgangscoefficiënt van scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.4	[W/(m ² ·K)]
$f_{ia,k}$	= correctiefactor ter correctie temperatuurverschil tussen ontwerp buitentemperatuur en temperatuur aangrenzende woning/woongebouw en voor verwarmde vlakken waarbij rekening gehouden wordt met een temperatuurgradiënt	[-]

Voor de correctiefactor $f_{ia,k}$ geldt:

$f_{ia,k} = 0$ voor verwarmde vlakken (dit geldt ook voor vlakken die aan de andere zijde verwarmd zijn; bijvoorbeeld het plafond als in boven liggende vertrek vloerverwarming is toegepast)

Voor wanden:

$$f_{i,a,k} = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.7)$$

Voor de vloer naar ondergelegen vertrek:

$$f_{i,a,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - (\theta_a + \Delta\theta_{a1})}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.8)$$

Voor het plafond naar bovengelegen vertrek:

$$f_{i,a,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - (\theta_a + \Delta\theta_{a2})}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.9)$$

Waarin:

θ_i	= ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
θ_e	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
θ_a	= ontwerp binnentemperatuur aangrenzende ruimte	[°C]
$\Delta\theta_1$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]
$\Delta\theta_{a1}$	= temperatuurcorrectie in aangrenzend vertrek t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]
$\Delta\theta_2$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]
$\Delta\theta_{a2}$	= temperatuurcorrectie in aangrenzend vertrek t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]

4.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimten

Het specifieke warmteverlies $H_{T,iae}$ naar de buitenlucht via aangrenzende onverwarmde ruimten (bijvoorbeeld kruipruimte, garage, trappenhuis of onverwarmde berging) volgt uit:

$$H_{T,iae} = \sum_i (A_k \cdot U_k \cdot f_k) \quad [W/K] \quad (4.10)$$

Waarin:

A_k	= oppervlakte van scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.2	[m ²]
U_k	= warmtedoorgangscoefficiënt van scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.4	[W/(m ² ·K)]
f_k	= correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte	[-]

De correctiefactor f_k volgt uit tabel 4.1 of nadat de temperatuur θ_a in de aangrenzende ruimte berekend is met behulp van de warmtebalans uit bijlage F uit:

$f_k = 0$ voor het verwarmde deel van de wand/vloer/plafond bij wand-/vloer- of plafondverwarming c.q. betonkernactivering

Voor wanden:

$$f_k = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.11)$$

Voor vloeren:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.12)$$

Voor plafonds:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.13)$$

Waarin:

θ_i	= ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
θ_e	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\Delta\theta_1$	= temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]
$\Delta\theta_2$	= temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]
θ_a	= ontwerp binnentemperatuur aangrenzend vertrek dat tot de woning behoort	[°C]

Tabel 4.1 Correctiefactor f_k voor warmteverlies via onverwarmde ruimten met onbekende binnentemperatuur

Onverwarmde ruimte			f_k
Vertrek of groep aangrenzende ruimten/vertrekken	1 Externe scheidingsconstructie/buitenwand		0,4
	2 Externe scheidingsconstructies	Zonder buitendeur	0,5
		Met buitendeur	0,6
	3 Of meer externe scheidingsconstructies		0,8
Kelder ¹⁾	Zonder ramen en/of deuren in externe scheidingsconstructie		0,5
	Met ramen en/of deuren in externe scheidingsconstructie		0,8
Ruimte onder het dak	Hoog infiltratievoud in de ruimte; bijv. pannendak zonder folielaag		1,0
	Overige niet-geïsoleerde daken		0,9
	Geïsoleerde daken		0,7
Gemeenschappelijke verkeersruimte	Interne ruimte zonder buitenwanden en ventilatievoud < 0,5		0,0
	Vrij geventileerd ($A_{\text{opening}} / V > 0,005$)		1,0
	Overige gevallen		0,5
Vloer	Vloer boven kruipruimte	Zwak geventileerd ²⁾	0,6
		Matig geventileerd ²⁾	0,8
		Sterk geventileerd ²⁾	1,0

1) Een ruimte wordt als kelder beschouwd wanneer minimaal 70% van de externe scheidingsconstructie onder het maaiveld.
2) Zwak geventileerd: openingen in de luchtlaag $\leq 1000 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ luchtlaagoppervlakte.
Matig geventileerd: openingen in de luchtlaag $> 1000 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ maar $\leq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ luchtlaagoppervlakte.
Sterk geventileerd: openingen in de luchtlaag $> 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ luchtlaagoppervlakte.

4.5 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand

Het specifieke warmteverlies $H_{T,iaBE}$ naar vertrekken van aangrenzende (naastgelegen, boven- en/of ondergelegen) gebouwen volgt uit:

$$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) \quad [\text{W/K}] \quad (4.14)$$

Waarin:

c_z	= correctiefactor voor zekerheidsklasse volgens paragraaf 2.7	[-]
A_k	= oppervlakte wand/vloer/plafond k bepaald volgens paragraaf 2.2	[m ²]
U_k	= warmtedoorgangscoefficiënt van wand/vloer/plafond k bepaald volgens paragraaf 2.4	[W/(m ² ·K)]
$f_{ia,k}$	= correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte	[-]

Voor de waarde van de correctiefactor $f_{ia,k}$ geldt:

$f_{ia,k} = 0$ voor het verwarmde deel van de wand/vloer/plafond bij wand-/vloer- of plafondverwarming c.q. betonkernactivering

Voor wanden:

$$f_{ia,k} = \frac{\theta_i - \theta_b}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.15)$$

Voor vloeren:

$$f_{ia,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_b}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.16)$$

Voor plafonds:

$$f_{ia,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_b}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.17)$$

Waarin:

θ_i	= ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
θ_e	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
θ_b	= temperatuur in de aangrenzende woning/gebouw	[°C]
$\Delta\theta_1$	= temperatuurverhoging door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]
$\Delta\theta_2$	= temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2	[K]

Voor de temperatuur θ_b van de aangrenzende woning/het aangrenzende gebouw geldt:

1. θ_b volgt uit berekening met behulp van de warmtebalans volgens bijlage F.2;
2. Forfaitaire waarden voor θ_b :
 1. $\theta_b = 5$ °C voor woningen met lokale verwarming;
 2. $\theta_b = 10$ °C voor rijtjeswoningen;
 3. $\theta_b = 15$ °C voor gestapelde bouw (geldt voor alle aangrenzende woningen in een woongebouw), kantoren en winkels.

4.6 Specifiek warmteverlies naar de grond

Het specifieke warmteverlies $H_{T,ig}$ door uitwendige scheidingsconstructies (wanden en vloeren) in contact met de grond volgt uit:

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) \quad [W/K] \quad (4.18)$$

Waarin:

A_k	= oppervlakte van vlak k, dat in contact is met de grond bepaald volgens paragraaf 2.2	[m ²]
$U_{equiv,k}$	= equivalente warmtedoorgangscoefficiënt van vlak k	[W/(m ² ·K)]
f_{gw}	= grondwaterfactor	[-]
$f_{ig,k}$	= correctiefactor voor afwijkend temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. jaargemiddelde buitentemperatuur	[-]

Voor de grondwaterfactor f_{gw} geldt:

$f_{gw} = 1$ indien de grondwaterspiegel ≥ 1 m onder het vloerniveau gelegen is

$f_{gw} = 1,15$ voor de overige gevallen

Voor de correctiefactor $f_{ig,k}$ geldt:

$f_{ig,k} = 0$ voor het, door de verwarming van het beschouwde vertrek, verwarmde deel van wand/vloer/plafond bij wand-/vloerverwarming c.q. betonkernactivering dat in contact is met de grond

Voor wanden:

$$f_{i,g,k} = \frac{\theta_i - \theta_{me}}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.19)$$

Voor vloeren:

$$f_{i,g,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_{me}}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.20)$$

Waarin:

θ_i = ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5 [°C]

θ_e = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

θ_{me} = jaarlijks gemiddelde buitentemperatuur (= 9 °C) [°C]

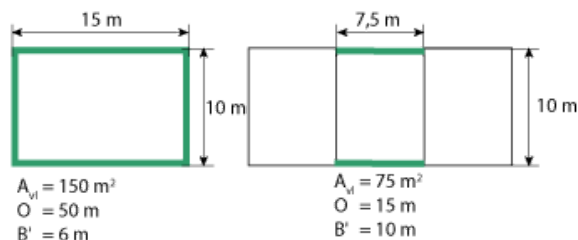
$\Delta\theta_2$ = temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.2 [K]

Bepalen van de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt $U_{equiv,k}$

De equivalente warmtedoorgangscoefficiënt $U_{equiv,k}$ wordt bepaald op woningniveau (niet voor elk vertrek apart).

Bepaal hulpwaarde B' :

1. Bepaal voor de gehele woning het vloeroppervlak A_{vi} ;
2. Bepaal voor de gehele woning de lengte O van aan de buitenlucht grenzende vlakken en de lengte grenzend aan onverwarmde gebouwen;
3. Bepaal de hulpwaarde B' volgens $B' = 2A_{vi}/O$ waarbij geldt $2 \leq B' \leq 50$.



Afb. 4.1 Toelichting bij bepalen hulpwaarde B'

Opmerking: Bij vloeren met verschillende U -waarden in de beganegrondvloer moet uitgegaan worden van een oppervlakte gewogen gemiddelde U -waarde bij de bepaling van $U_{equiv,k}$.

De equivalente warmtedoorgangscoefficiënt $U_{equiv,k}$ volgt uit:

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b + (c_1 + B')^{n_1} + (c_2 + z)^{n_2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n_3}} + d \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (4.21)$$

Waarin:

a, b, c, d, n = parameter volgend uit tabel 4.2 [-]

B' = hulpwaarde ($2 \leq B' \leq 50$) [m]

z = diepte vloer onder maaiveld ($0 \leq z \leq 5$; indien $z > 5$ m dan $z = 5$ m) [m]

U_k = warmtedoorgangscoefficiënt van de wand of vloer in contact met de grond [W/(m²·K)]

ΔU_{TB} = toeslag voor thermische bruggen volgens tabel 3.1 [W/(m²·K)]

Indien $U_{equiv,k} < 0,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ dan geldt: $U_{equiv,k} = 0,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

Tabel 4.2 Parameters voor de bepaling van $U_{equiv,k}$

	a	b	c ₁	c ₂	c ₃	n ₁	n ₂	n ₃	d
Vloer	0,9671	-7,455	10,76	9,773	0,0265	0,5532	0,6027	-0,9296	-0,0203
Wand	0,799	-6,7951	0 ¹⁾	26,586	0,1523	0 ¹⁾	0,5012	-0,1406	-1,074

1) In het bepalen van het warmteverlies door wanden heeft B' geen invloed; vanwege de rekenkundige integriteit mag B' niet gelijk zijn aan nul.

4.7 Warmteverlies door buitenluchtttoetreding

Het warmteverlies ten gevolge van buitenluchtttoetreding wordt bepaald door:

1. Infiltratie;
2. Ventilatie.

Paragraaf 4.7.4 geeft de voor de warmteverliesberekening in rekening te brengen warmteverlies door buitenluchtttoetreding.

Opmerking: In het Bouwbesluit wordt vereist dat er ook spui ventilatie aanwezig is. Hiermee hoeft in de warmteverliesberekening geen rekening te worden gehouden.

4.7.1 Infiltratiewarmteverlies

Infiltratie wordt gedefinieerd als alle lucht die de woning c.q. het woongebouw binnenkomt op een andere manier dan door mechanische toevoer of door ventilatievoorzieningen als bijvoorbeeld roosters.

Het infiltratiewarmteverlies Φ_i' volgt uit:

$$\Phi_i' = H_i \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (4.22)$$

Waarin:

H_i	=	specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie	[W/K]
θ_i	=	ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
θ_e	=	ontwerpbuitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]

Het specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie H_i volgt uit:

$$H_i = z \cdot q_i \cdot \rho \cdot c_p \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (4.23)$$

Waarin:

c_p	=	soortelijke warmte van lucht bij constante druk	[J/(kg·K)]
f_v	=	correctiefactor voor lagere luchttemperatuur dan de ontwerpbinnentemperatuur	[-]
q_i	=	luchtvolumestroom infiltratie	[m³/s]
z	=	reductiefactor volgens tabel 4.3	[-]
ρ	=	soortelijke massa van lucht bij θ_i	[kg/m³]

Voor de Nederlandse omstandigheden kan worden vereenvoudigd tot:

$$H_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (4.24)$$

Tabel 4.3 Waarden voor reductiefactor z

Omschrijving	z
Vertrek met één buitengevel of twee niet tegenover elkaar liggende buitengevels	1
Vertrek met twee tegenover elkaar liggende buitengevels	0,5
Overige gevallen	0,7

De luchtvolumestroom q_i voor woningen die gebouwd zijn na 1992 of na die tijd gerenoveerd zijn en die voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit geldt:

$$q_i = q_{is} \cdot A_u \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (4.25)$$

Waarin:

$$A_u = \text{oppervlakte van de uitwendige scheidingsconstructie (gevels, vloeren en daken) (incl. ramen en deuren) bepaald volgens paragraaf 2.2} \quad [\text{m}^2]$$

$$q_{is} = \text{specifieke luchtvolumestroom volgens tabel 4.4} \quad [\text{m}^3/\text{s per m}^2]$$

De luchtvolumestroom q_i voor woningen die niet voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit geldt:

$$q_i = q_{is} \cdot A_g \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (4.26)$$

Waarin:

$$A_g = \text{gebruiksoppervlakte volgens het Bouwbesluit (= vloeroppervlakte)} \quad [\text{m}^2]$$

$$q_{is} = \text{specifieke infiltratie volgens formule 4.28} \quad [\text{m}^3/\text{s per m}^2]$$

Voor correctiefactor f_v geldt:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.27)$$

Waarin:

$$\theta_i = \text{ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 2.2} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$\theta_e = \text{ontwerpbuitentemperatuur volgens paragraaf 2.6} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$\Delta\theta_v = \text{correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.2} \quad [\text{K}]$$

Bij woongebouwen moet bij het bepalen van de volumestroom infiltratie worden uitgegaan van de $q_{v,10}$ -waarde per woning (e.e.a. op woningniveau beschouwen i.p.v. op gebouwniveau).

Tabel 4.4 geeft de waarden voor woningen die gebouwd zijn na 2012 of na die tijd gerenoveerd zijn en die voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit. Let op dat de waarde van $q_{v,10,kar}$ gegeven is per m^2 vloeroppervlak en de q_i per m^2 uitwendige scheidingsconstructie.

Tabel 4.4 Waarden voor de luchtvolumestroom infiltratie q_i in m^3/s per m^2 buitenoppervlak (uitwendige scheidings-constructie; incl. beglazing en deuren) afhankelijk van $q_{v,10,kar}$ en ventilatiesysteem voor woningen/ woon-gebouwen die voldoen aan de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit (rechtlijnige interpolatie is toegestaan)

Ventilatiesysteem	$q_{v,10,kar}$				
	$\leq 0,3$	0,5	1,0	1,5	$\geq 2,0$
Systeem A, B, C en E: niet-inpandige ruimten zonder ventilatievoorzieningen in de gevel	$8 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^{-5}$	$17 \cdot 10^{-5}$	$26 \cdot 10^{-5}$	$39 \cdot 10^{-5}$
Systeem A, B en C: overige vertrekken	0	0	0	0	0
Systeem D: mechanische toevoer en mechanische afvoer ventilatie (gebalanceerde ventilatie)	$10 \cdot 10^{-5}$	$12 \cdot 10^{-5}$	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Systeem E ¹⁾ : ruimte(n) met decentrale gebalanceerde ventilatie en overige ruimten met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	$10 \cdot 10^{-5}$	$12 \cdot 10^{-5}$	$19 \cdot 10^{-5}$	n.v.t.	n.v.t.
1) De infiltratie hoeft alleen in rekening gebracht te worden voor de vertrekken met decentrale gebalanceerde ventilatie. Voor de overige vertrekken geldt: $q_i = 0$.					

Toelichting: Naast bouwkundige invloeden (weergegeven door de $q_{v,10}$ -waarde) wordt de hoeveelheid infiltratie ook beïnvloed door het ventilatiesysteem. Bij systemen met mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht is in de vertrekken sprake van een druk-neutrale situatie en kan infiltratie t.g.v. winddruk makkelijker toetreden. Bij systeem A en C komt alle lucht van buiten en maakt het niet uit of de lucht de vertrekken binnenkomt via infiltratie of ventilatievoorzieningen. Bij systeem B wordt in de verblijfsruimten mechanisch ventilatielucht toegevoerd die via natuurlijke voorzieningen moet worden afgevoerd. In de verblijfsruimten is een lichte overdruk die de infiltratie beperkt/voorkomt.

Opmerking: Waar in tabel 4.4 een systeem wordt aangegeven met C, D of E dan geldt dat voor alle varianten van dat betreffende systeem. Bijvoorbeeld ventilatiesysteem D5 beschouwen als systeem D.

$$q_{is} = f_{wind} \cdot f_{type} \cdot f_{inf} \cdot (0,23 \cdot q_{i,spec}) \quad [m^3/s \text{ per } m^2] \quad (4.28)$$

Waarin:

f_{wind}	= correctiefactor voor invloed van de winddruk geïnduceerde infiltratie	[-]
f_{type}	= correctiefactor voor gebouwfafhankelijke winddrukverdeling volgens tabel 4.5	[-]
f_{inf}	= correctiefactor voor invloed van ventilatievoorziening op de infiltratie volgens tabel 4.6	[-]
$q_{i,spec}$	= luchtvolumestroom infiltratie afhankelijk van het bouwtype volgens tabel 4.7	[m ³ /s per m ²]

Voor de correctiefactor f_{wind} geldt:

$$f_{wind} = \max \left[1; \left\{ 0,01 \cdot \left(24 + 0,555 \cdot \sqrt{(L^2 + B^2)} + 4,5 \cdot H \right) \right\}^{0,65} \right] \quad [-] \quad (4.29)$$

Waarin:

L	=	lengte van het gebouw	[m]
B	=	breedte van het gebouw	[m]
H	=	hoogte van het gebouw	[m]

Tabel 4.5 Waarde voor f_{type}

Gebouwtype			f _{type}
Gebouwen met kap	Grondgebonden, één laag, gebouweenheden met verscheidene bouwlagen in open verbinding	Grondgebonden eengezinswoningen of kantoorvilla's	1,0
		Bij elkaar horende topverdiepingen van gestapelde laagbouw	
Gebouwen met plat dak	Grondgebonden, één laag, categorie utiliteitsbouw, gebouweenheden met verscheidene bouwlagen in open verbinding	Grondgebonden eengezinswoningen of kantoorvilla's	0,77
		Bij elkaar horende verdiepingen van gestapelde laagbouw	
Gebouwen met meer lagen	Etages van gebouwen met meer lagen uit de categorie flat- of portiekwoningen met geveltype ¹⁾	Standaard	0,51
		Volgevel binnengalerij aan één zijde	0,48
		Dubbele huidgevel met onderbroken tussenruimte	0,46
		Dubbele huidgevel met doorlopende tussenruimte	0,15

1) Het onderscheid in de factoren f_{type} naar geveltype geldt uitsluitend indien de tussenruimten per etage (dus in verticale zin) luchttechnisch zijn gescheiden. Indien dit niet het geval is, geldt voor alle geveltypen van deze flatwoningen of kantoorretages de standaardwaarde f_{type} = 0,51.

Tabel 4.6 Waarde voor f_{inf}

Ventilatiesysteem		f_{inf}
A	Systemen met natuurlijke toe- en afvoer	0,80
B	Systemen met mechanische toevoer en natuurlijke afvoer	0,85
C	Systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	1,0
D	Systemen met mechanische toe- en afvoer; gebalanceerde ventilatie	1,15
E.1	Zones met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer en zones met lokale WTW, CO ₂ -sturing op afvoer van ruimtes met lokale WTW	1,08

Opmerking: Waar in tabel 4.6 een systeem wordt aangegeven met C of D dan geldt dat voor alle varianten van dat betreffende systeem. Bijvoorbeeld ventilatiesysteem D2b2 beschouwen als systeem D.

Tabel 4.7 Waarden voor de volumestroom infiltratie $q_{i,spec}$ in m³/s per m² uitwendige scheidingsconstructie (incl. beglazing en deuren) afhankelijk van het bouwjaar/renovatiejaar [NEN 8088]

Gebouwtype			Bouwjaar/renovatiejaar		
			< 1970	1970-1980	1980-1992
Grondgebonden woningen	Eénlaags met een kap	Tussenwoning	0,0043	0,0028	0,0019
		Hoekwoning	0,0052	0,0034	0,0023
		Vrijstaande woning, puntdak	0,0060	0,0039	0,0027
		Vrijstaande woning, half plat dak	0,0052	0,0034	0,0023
	Eénlaags met een plat dak	Tussenwoning	0,0030	0,0020	0,0013
		Hoekwoning	0,0036	0,0024	0,0016
		Vrijstaande woning	0,0042	0,0027	0,0019
Meerlaagse woningen	Etage van flat-/portiekwoning	Tussenligging op onderste of tussenverdieping	0,0022	0,0014	0,0010
		Kop-, eind- of hoekligging op onderste of tussenverdieping	0,0028	0,0018	0,0012
		Tussenligging op bovenste verdieping	0,0026	0,0017	0,0011
		Kop-, eind- of hoekligging op bovenste verdieping	0,0030	0,0020	0,0013

4.7.2 Ventilatiewarmteverlies

Ventilatie wordt gedefinieerd als alle lucht die in een woning c.q. woongebouw wordt toegevoerd door middel van mechanische of natuurlijke ventilatievoorzieningen.

Het ventilatiewarmteverlies Φ_{vent} volgt uit:

$$\Phi_{vent} = H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4.30)$$

Waarin:

H_v = specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie [W/K]

θ_i = ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.5 [°C]

θ_e = ontwerpbutentemperatuur bepaald conform paragraaf 2.6 [°C]

Opmerking: Ventilatie is het toe- en afvoeren van ventilatielucht. Er moet niet alleen gekeken worden of per vertrek aan de eisen voldaan wordt, maar ook voor de woning als geheel moet er evenveel lucht worden toe- als afgevoerd. Het maken van een ventilatiebalans op woningniveau is dus voor ieder systeem noodzakelijk.

Het specifieke warmteverlies ten gevolge van ventilatie H_v volgt uit:

$$H_v = q_v \cdot \rho \cdot c_p \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (4.31)$$

Waarin:

q_v	= volumestroom ventilatielucht volgend uit de ventilatiebalans van de woning	$[\text{m}^3/\text{s}]$
ρ	= soortelijke massa van lucht	$[\text{kg}/\text{m}^3]$
c_p	= soortelijke warmte van de lucht bij constante druk	$[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$
f_v	= correctiefactor voor hogere intrede temperaturen dan de buitentemperatuur of correctie voor lagere luchttemperatuur dan de ontwerpbinntemperatuur	$[-]$

Opmerkingen:

1. Bij toepassing van overstroom kan in bijvoorbeeld de woonkamer lucht toetreden uit de gang en is er verseluchttoetreding van buiten (al dan niet via WTW). Er zijn dan dus twee deelstromen met een verschillende temperatuur. Voor systemen met een natuurlijke toevoer van ventilatielucht en overstroom naar het betreffende vertrek (bijvoorbeeld een badkamer of toilet aan de gevel) wordt het debiet voor de infiltratie bepaald volgens tabel 4.4 volgens de rij gemerkt met 'Niet inpandige ruimten zonder ventilatievoorzieningen in de gevel';
2. De lucht volumestroom q_v bepaald volgens de eisen als gegeven in tabel 4.8 geldt ook voor systemen die automatisch geregeld worden op luchtkwaliteit en/of luchtvochtigheid (vraagsturing). Hoewel tijdens het gebruik veelal een lucht volumestroom kleiner dan q_v voldoende is, moet er voldoende vermogen beschikbaar zijn om de maximale lucht volumestroom q_v die het systeem kan leveren te kunnen opwarmen. Reductie van de totale lucht volumestroom van de woning wordt in rekening gebracht bij het bepalen van het benodigde vermogen van de warmteopwekker.

Voor de Nederlandse omstandigheden kan formule 4.31 worden vereenvoudigd tot:

$$H_v = q_v \cdot 1200 \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (4.32)$$

Voor de waarde van de temperatuur correctiefactor f_v voor toevoertemperaturen c.q. lagere luchttemperatuur in ruimte dan ontwerpbinntemperatuur (ontwerpbinntemperatuur is de operationele temperatuur; zie paragraaf 2.5) geldt:

$f_v = 0$ voor alle systemen met toevoertemperaturen hoger dan de ontwerpbinntemperatuur (bijv. luchtverwarming)

Voor systemen met WTW of voorverwarming van de toevoerlucht c.q. verwarmde lucht uit een andere ruimte:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.33)$$

Voor alle systemen met natuurlijke toevoer of mechanische toevoer zonder voorverwarming van de buitenlucht:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.34)$$

Waarin:

θ_i	= ontwerpbinntemperatuur volgens paragraaf 2.5	$[\text{°C}]$
θ_e	= ontwerpbinntemperatuur volgens paragraaf 2.6	$[\text{°C}]$
θ_t	= toevoertemperatuur ventilatielucht	$[\text{°C}]$
$\Delta\theta_v$	= correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.2	$[\text{K}]$

Opmerking: Bij luchtverwarming wordt de ventilatielucht in de luchtverwarmer verwarmd. De lucht wordt met een hogere temperatuur dan de ontwerpbinnentemperatuur toegevoerd. In het vertrek is dus geen warmte nodig om de ventilatielucht op te warmen. Het vermogen voor het opwarmen van de ventilatielucht moet bij het bepalen van het vermogen van de luchtverwarmer in rekening gebracht worden.

De toevoertemperatuur θ_t en de volumestroom ventilatie q_v zijn afhankelijk van het toegepaste ventilatiesysteem en worden per systeem toegelicht. Minimumeisen voor q_v volgens uit het Bouwbesluit worden in tabel 4.8 gegeven.

Indien de ventilatiebalans van een woning bekend is, mag met waarden van de ventilatiebalans gerekend worden. Hierbij kan, bij toepassing van de z.g. 50%-regel, een deel van de ventilatielucht uit andere ruimten komen in plaats van direct van buiten. Indien de ventilatiebalans niet bekend is moet worden gerekend met de ventilatie-eisen voor de verblijfsgebieden waarbij alle lucht van buiten komt. Voor de natte ruimten wordt uitgegaan van de minimale, verplicht af te voeren, luchthoeveelheden.

Tabel 4.8 Ventilatie-eisen volgens het Bouwbesluit [1]

Soort ruimte		Ventilatie-eis volgens het Bouwbesluit	Minimum waarde [m ³ /s]
Toiletruimte		–	$7 \cdot 10^{-3}$
Badruimte (al dan niet met toilet)		–	$14 \cdot 10^{-3}$
Liftkooi		$3,2 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s per m ² vrije vloer	–
Besloten opslagruimte (> 1,5 m ²) voor afval		$1 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s per m ² vloeroppervlakte en maximaal $100 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s	–
Meterruimte		$1 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s per m ² vloeroppervlakte	$2 \cdot 10^{-3}$
Woningen/ woongebouwen	Verblijfsgebied zonder opstelplaats voor kooktoestel	$0,9 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s per m ² vloer	$7 \cdot 10^{-3}$
	Verblijfsgebied met opstelplaats voor kooktoestel	$0,9 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s per m ² vloer	$21 \cdot 10^{-3}$
	Verblijfsruimte zonder opstelplaats voor kooktoestel	$0,7 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s per m ² vloer	$7 \cdot 10^{-3}$
	Verblijfsruimte met opstelplaats voor kooktoestel	$0,7 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s per m ² vloer	$21 \cdot 10^{-3}$
	Besloten gemeenschappelijke verkeersruimte in woongebouw	$0,7 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s per m ² vrije vloer	–

Eisen voor verblijfsgebied of verblijfsruimte?

Het Bouwbesluit stelt eisen aan verblijfsgebieden. Een verblijfsgebied kan al of niet worden ingedeeld in afzonderlijke verblijfsruimten. Bij het indelen is het mogelijk dat er verblijfsruimten ontstaan zonder ventilatievoorzieningen door een ongelukkige indeling en verdeling van die voorzieningen. Dat is ongewenst. Daarom wordt er ook een eis gesteld aan iedere afzonderlijke verblijfsruimte. Deze eis is lager en heeft het karakter van een vangnet en moet dus minimaal gerealiseerd worden.

Bij het bepalen van de lucht volumestromen van de ventilatievoorzieningen moet de eis voor het verblijfsgebied als uitgangspunt worden genomen. De ventilatie-eis voor het totale verblijfsgebied is het minimale niveau dat niet mag worden onderschreden. Een lagere capaciteit is dus wettelijk niet toegestaan, ook al is er sprake van een indeling in verblijfsruimten.

Natuurlijke toevoer van ventilatielucht

Voor de warmteverliesberekening zijn er twee verschillende systemen te onderscheiden:

1. Centrale luchtafvoer;
2. Mechanische luchtafvoer per vertrek.

Centrale luchtafvoer

Voor de volumestroom ventilatielucht q_v geldt dat deze moet voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit (zie tabel 4.8) en dat alle lucht van buiten komt (toevoertemperatuur $\theta_t = \theta_e$ ontwerp buitentemperatuur conform paragraaf 2.6).

Mechanische luchtafvoer per vertrek

Hierbij komt minimaal 50% van de toevoerlucht in verblijfsruimten direct van buiten. De rest van de toevoerlucht komt via overstroom binnen.

Voor de luchtvolumestroom q_v en de daarbij horende temperatuur geldt:

1. Gedeelte $a \cdot q_v$ komt rechtstreeks van buiten en geldt: toevoertemperatuur $\theta_t = \theta_e$ ontwerp buitentemperatuur (bepaald volgens paragraaf 2.6);
2. Gedeelte $(1 - a) \cdot q_v$ komt binnen via overstroom en geldt: toevoertemperatuur $\theta_t = \theta_a$ de ontwerp binnentemperatuur van de aangrenzende ruimte waar de lucht vandaan komt.

Waarin:

a	= fractie van de volumestroom die direct van buiten in het vertrek wordt toegevoerd	[-]
θ_t	= afhankelijk van eventuele voorverwarming en van wel of geen WTW en de manier van vorstbeveiliging (zie paragraaf 4.7.3)	[°C]
q_v	= volumestroom volgend uit de ventilatie-eisen (zie tabel 4.8 voor eisen)	[m ³ /s]
$(1 - a) \cdot q_v$	= volumestroom via overstroom uit aangrenzende ruimte	[m ³ /s]
θ_a	= temperatuur van de aangrenzende ruimte waaruit de lucht via overstroom komt	[°C]

Opmerking: Voor ieder gedeelte van de volumestroom ventilatie moet een aparte temperatuurcorrectiefactor f_v berekend worden.

Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer van ventilatielucht

Hierbij moet voor de verblijfsgebieden onderscheid gemaakt worden in de situatie dat de toegevoerde lucht wel of niet voorverwarmd is.

Toevoerlucht is niet voorverwarmd

Voor de volumestroom ventilatielucht q_v geldt dat deze moet voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit (zie tabel 4.8) en dat alle lucht van buiten komt (toevoertemperatuur is ontwerp buitentemperatuur).

Toevoerlucht is voorverwarmd

Voor de volumestroom ventilatielucht q_v geldt dat deze moet voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit (zie tabel 4.8) en dat de ventilatielucht temperatuur θ_t heeft.

Het vermogen van de voorverwarmer moet bij het voor de woning benodigde vermogen in rekening gebracht worden.

Afvoerlucht

De volumestroom afvoerlucht uit de natte ruimten moet minimaal voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit (zie tabel 4.8). In het algemeen komt deze lucht uit verwarmde ruimten en heeft toevoertemperatuur θ_t die gelijk is aan de temperatuur van de aangrenzende ruimte waar de lucht vandaan komt.

Mechanische toevoer en mechanische afvoer van ventilatielucht

De mechanische toevoer van ventilatielucht geschiedt centraal of decentraal door units per verblijfsruimte (al dan niet gecombineerd met een radiator/convector).

Op basis van de mechanische afvoer worden twee systemen onderscheiden:

1. Centrale mechanische afvoer (d.w.z. alleen afvoer in keuken, badkamer en toilet);
2. Mechanische afvoer per vertrek.

Centrale mechanische afvoer

Voor deze systemen geldt:

θ_t = afhankelijk van eventuele voorverwarming en/of wel of geen WTW en de manier van vorstbeveiliging

q_v = lucht volumestroom volgend uit de ventilatie-eisen (zie tabel 4.8)

Voor systemen zonder WTW of voorverwarming geldt: $\theta_t = \theta_e$ (= ontwerpbuitentemperatuur volgens paragraaf 2.6).

Voor systemen met voorverwarming van de buitenlucht geldt θ_t = temperatuur na voorverwarmer.

Het vermogen van de voorverwarmer moet bij het voor de woning benodigde vermogen in rekening gebracht worden.

Voor de systemen met WTW volgt de toevoertemperatuur θ_t uit paragraaf 4.7.3.

Mechanische afvoer per vertrek

Voor decentrale gebalanceerde ventilatie geldt dat de toevoertemperatuur θ_t afhankelijk is van het rendement van de WTW en vorstbeveiliging. Zie paragraaf 4.7.3 voor het bepalen van de toevoertemperatuur θ_t .

Voor een aantal vertrekken geldt dat een deel van de ventilatielucht via overstroom binnenkomt. Voor de volumestroom luchttoevoert q_v en de daarbij horende toevoertemperatuur θ_t geldt:

1. Gedeelte $a \cdot q_v$ komt na eventuele WTW direct van buiten heeft toevoertemperatuur θ_t (zie paragraaf 4.7.3);
2. Gedeelte $(1 - a) \cdot q_v$ betreft de overstroom en hiervoor geldt: toevoertemperatuur θ_t = ontwerptemperatuur θ_a van de aangrenzende ruimte van waaruit de lucht overstroomt.

Waarin:

a	= fractie van de lucht volumestroom die direct van buiten in het vertrek wordt toegevoerd (volgens eisen van het Bouwbesluit minimaal 0,5)	[-]
θ_t	= afhankelijk van eventuele voorverwarming en van wel of geen WTW en de manier van vorstbeveiliging (zie paragraaf 4.7.3)	[°C]
q_v	= lucht volumestroom volgend uit de ventilatie-eisen (zie tabel 4.8 voor eisen)	[m ³ /s]
$(1 - a) \cdot q_v$	= lucht volumestroom via overstroom uit aangrenzende ruimte	[m ³ /s]
θ_a	= temperatuur van de aangrenzende ruimte waaruit de lucht via overstroom komt	[°C]

Opmerking: Voor ieder gedeelte van de lucht volumestroom ventilatie moet een aparte temperatuurcorrectiefactor f_v berekend worden.

4.7.3 Vorstbeveiliging

Voor systemen met WTW is de toevoertemperatuur onder ontwerpcondities afhankelijk van de manier van vorstbeveiliging.

Er zijn de volgende mogelijkheden:

1. Bij units die de buitenlucht voorverwarmen en normaal in bedrijf blijven, d.w.z. niet gaan aftoeren van de ventilator of werken met een onbalans tussen toe- en afvoer, mag gerekend worden met de inblaastemperatuur na de WTW (θ_t wordt berekend met het rendement van de WTW; zie bijlage C);
2. Bij units die gedeeltelijk of geheel kunnen dichtvriezen en die daardoor een onbalans in toe- en afvoer krijgen mag niet gerekend worden met enig rendement van de WTW; immers door de onbalans wordt meer afgezogen dan wordt toegevoerd. Deze afgezogen lucht wordt via kieren, naden etc. aangezogen en heeft gewoon de buitentemperatuur. Er geldt $\theta_t = \theta_e$ (= ontwerpbuitentemperatuur conform paragraaf 2.6);
3. Indien nog onbekend is welk type vorstbeveiliging bij de WTW wordt toegepast geldt $\theta_t = \theta_e$ (= ontwerpbuitentemperatuur conform paragraaf 2.6).

4.7.4 In rekening te brengen warmteverlies door buitenluchttoetreding

Het voor de warmteverliesberekening in rekening te brengen warmteverlies door buitenluchttoetreding $\Phi_{v,i}$ volgt uit:

$$\Phi_{v,i} = \Phi_i + \Phi_{vent} \quad [W] \quad (4.35)$$

Waarin:

$$\Phi_i = \text{warmteverlies door infiltratie bepaald conform paragraaf 4.7.1} \quad [W]$$

$$\Phi_{vent} = \text{warmteverlies door ventilatie bepaald conform paragraaf 4.7.2} \quad [W]$$

4.8 Toeslag voor bedrijfsbeperking

De grootte van de toeslag voor bedrijfsbeperking $\Phi_{hu,i}$ is afhankelijk van:

1. Mate van afkoeling tijdens de nachtverlaging;
2. Toegestane maximale opwarmtijd;
3. Wijze van regelen:
 1. Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1);
 2. Kamerthermostaat (zie paragraaf 4.8.2);
 3. Adaptieve regeling (zie paragraaf 4.8.3).

Opmerkingen:

1. Bij systemen die geregeld worden met een kamerthermostaat kan de temperatuur in andere vertrekken dan het vertrek met de thermostaat niet gegarandeerd worden;
2. Bij het toepassen van thermostaten die omschakelbaar zijn (zowel stooklijn als gewone kamerthermostaat) moet voor het dimensioneren uitgegaan worden van systemen met regeling per vertrek volgens 4.4.1;
3. Indien nog niet bekend is wat voor type thermostaat toegepast gaat worden moet worden uitgegaan van regeling per vertrek;
4. Bij toepassing van verwarmingssystemen met sterk verschillende tijdconstanten binnen één systeem (bijvoorbeeld vloerverwarming in een aantal vertrekken en radiatoren in een aantal andere vertrekken) moet uitgegaan worden van regeling per vertrek.

4.8.1 Regeling per vertrek

Bij systemen die voorzien zijn van regeling per vertrek (bijvoorbeeld thermostatische afsluiters waarbij de aanvoertemperatuur constant is of via een stooklijn gestuurd wordt) kan de temperatuur in alle vertrekken gegarandeerd worden. Bij deze methode moet per verblijfsruimte de toeslag voor bedrijfsbeperking bepaald worden.

De toeslag voor bedrijfsbeperking Φ_{op} volgt uit:

$$\Phi_{op} = P \cdot A_{vl} \quad [W] \quad (4.36)$$

Waarin:

$$P = \text{specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking volgens 4.4.4} \quad [W/m^2]$$

$$A_{vl} = \text{vloeroppervlak waarvoor geldt hoogte tot plafond/dak} \geq 1,5 \text{ m} \quad [W/m^2]$$

4.8.2 Regeling met een kamerthermostaat

Bij deze manier van regelen kan de temperatuur alleen in het vertrek met de thermostaat gegarandeerd worden. De toeslag voor bedrijfsbeperking voor de verblijfsruimte met de thermostaat wordt bepaald volgens de methode gegeven in paragraaf 4.8.1.

Voor de overige vertrekken volgt de toeslag voor bedrijfsbeperking uit:

$$\Phi_{op} = y \cdot (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \quad [W] \quad (4.37)$$

Waarin:

$\Phi_{T,i}$ = warmteverlies t.g.v. transmissie [W]

$\Phi_{V,i}$ = warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding [W]

y = procentuele toeslag voor toeslag voor bedrijfsbeperking van overige vertrekken bepaald voor het vertrek met de thermostaat [-]

$$y = \frac{\Phi_{op}'}{\Phi_{T,i}' + \Phi_{V,i}'} \quad [-] \quad (4.38)$$

Waarin:

$\Phi_{T,i}'$ = warmteverlies t.g.v. transmissie in het vertrek met de thermostaat [W]

$\Phi_{V,i}'$ = in rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding in het vertrek met de thermostaat [W]

Φ_{op}' = toeslag voor bedrijfsbeperking voor het vertrek met de thermostaat [W]

4.8.3 Adaptieve regeling

Bij deze systemen bepaalt de thermostaat op basis van de buitentemperatuur of de bekende opwarmkarakteristiek van de woning het inschakeltijdstip. Hierdoor kan een toeslag voor bedrijfsbeperking achterwege gelaten worden: $\Phi_{op} = 0$.

Opmerkingen:

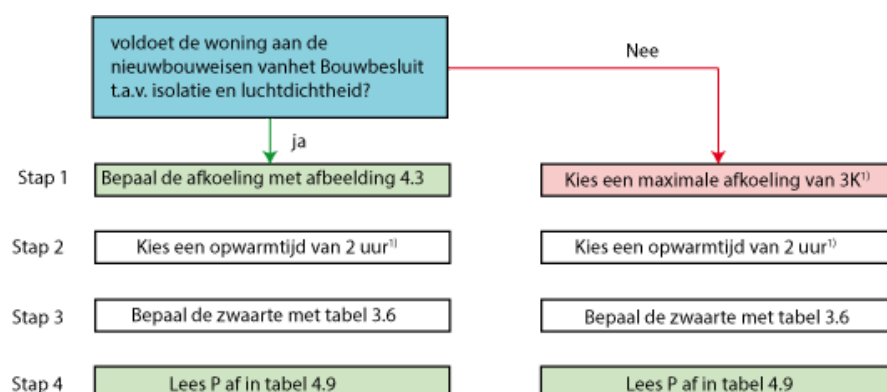
1. Bij adaptieve regelingen stelt de regeling zich op een afwijkend gebruik (bijvoorbeeld een lagere temperatuur tijdens een vakantie) in. Het gevolg hiervan is dat bij terugkeren naar het standaardgebruik weer een leerperiode van enige dagen optreedt. Gedurende deze periode kan het voorkomen dat in het begin van de dagperiode de gewenste temperatuur niet gehaald wordt;
2. Bij gewenste temperatuurverhogingen waarbij geen gebruik gemaakt kan worden van de adaptieve regeling kan het opwarmen relatief lang duren omdat weinig extra vermogen aanwezig is. Hierom kan het gewenst zijn toch een toeslag voor bedrijfsbeperking van 5 W/m² vloeroppervlak in rekening te brengen.

Woningborg

Woningborg gaat altijd uit van een opwarmtijd van twee uur en een afkoeling conform paragraaf 4.8.4.

4.8.4 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking

Voor het bepalen van de specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking P moet het onderstaande schema worden gebruikt.

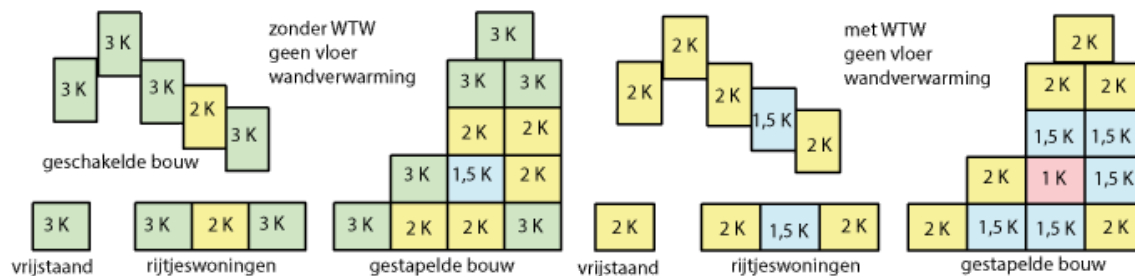


1) In overleg met de opdrachtgever kan een andere waarde als ontwerpgrondslag worden aangehouden; lagere waarden voor de afkoeling en hogere waarden voor de opwarmtijd leiden tot een lagere toeslag voor bedrijfsbeperking en kunnen in een aantal gevallen tot een geringer op te stellen vermogen leiden. Dit met name bij systemen met een gering ventilatiewarmteverlies. Voor zeer goed geïsoleerde woningen (gemiddelde Rc-waarde > 7,5 W/(m²·K)) geldt een maximale afkoeling van 1 K.

Afb. 4.2 Schema voor het bepalen van de specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking

Bepaling afkoeling

Afbeelding 4.3 geldt niet voor volledige houtskeletbouw (d.w.z. ook houten vloeren).



Afb. 4.3 Te verwachten maximale afkoeling voor een gemeubileerd vertrek na een periode van acht uur nachtverlaging/bedrijfsonderbreking, ontwerp buitencondities, gelijktijdige verwarming van alle vertrekken, burenen aanwezig en 50% van de nominale ventilatie tijdens de nacht. Voor zeer goed geïsoleerde woningen (gemiddelde R_c -waarde $> 7,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) geldt een maximale afkoeling van 1 K.

Opmerkingen:

1. Afbeelding 4.3 geldt niet voor volledige houtskeletbouw (d.w.z. ook houten vloeren). Voor volledige houtskeletbouw kan de afkoeling met behulp van thermische simulatieprogramma's bepaald worden. Als benadering kan uitgegaan worden van de waarden uit tabel 4.9 in de kolom 2K;
2. Voor systemen met vloer- en wandverwarming is de afkoeling geringer dan aangegeven in afbeelding 4.3; echter het systeem is ook minder snel zodat als benadering de gegevens uit afbeelding 4.3 en tabel 4.9 aangehouden kunnen worden.

Toelichting: Bij de geschakelde bouw mag worden uitgegaan van een afkoeling gelijk aan die van tussenwoningen van rijtjeswoningen indien de woningscheidende wanden voor minimaal 2/3 deel grenzen aan de burenen.

Bepaling van de zwaarte van het gebouw

De keuze voor een lichte en middelzware gebouwen of zware woningen volgt uit de waarde van c_{eff} die bepaald is in paragraaf 2.6. Indien $c_{eff} \leq 70 \text{ Wh/K}$ dan is de opslagcapaciteit/zwaarte van het gebouw licht/middelzwaar (l). In de overige gevallen zwaar (z).

De specifieke thermische opslagcapaciteit c_{eff} volgt uit de forfaitaire waarde uit tabel 2.3 of formule 4.39 bij gebruik van de gedetailleerde methode.

$$c_{eff} = \frac{C_{eff}}{V} \quad [\text{Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})] \quad (4.39)$$

Waarin:

- C_{eff} = effectieve opslagcapaciteit van het gebouw (volgens vergelijking 2.10)) [Wh/K]
 V = volume van het gebouw gebaseerd op de uitwendige afmetingen [m³]

Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking

De specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking P volgt uit tabel 4.9

Tabel 4.9 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking P in W/m^2 vloeroppervlak bij verschillende opwarmtijden voor de woningbouw bij een periode van acht uur nachtverlaging/bedrijfsbeperking

Aantal graden verlaging		1		1,5		2		2,5 ¹⁾		3 ¹⁾	
Zwaarte gebouw		l	z	l	z	l	z	l	z	l	z
Opwarmtijd [h]	0,5	14	18	22	27	29	35 ²⁾	37 ²⁾	44 ²⁾	44 ²⁾	53 ²⁾
	1	10	14	16	21	21	28	27	36 ²⁾	32 ²⁾	43 ²⁾
	2	7	11	10	17	13	22	17	28	21	33 ²⁾
	3	5	10	8	15	10	19	13	23	15	27
	4 ¹⁾	4	9	6	13	8	17	11	21	13	25

1) Bij nieuwbouwwoningen zakt de temperatuur niet zo ver bij toepassing van nachtverlaging
2) Minder zinvolle toepassingen

Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking

Bij een periode van nachtverlaging wordt ervan uitgegaan dat de ventilatie in de nachtstand geschakeld wordt. Hierdoor is een deel van het ventilatievermogen beschikbaar voor opwarmen.

Indien de ventilatievoorziening niet eenvoudig door de bewoner op 50% is in te stellen (dat geldt voor alle systemen met natuurlijke toevoer van ventilatielucht) moet de volledige toeslag voor bedrijfsbeperking Φ_{op} in rekening gebracht worden.

Er geldt dan:

$$\Phi_{hu,i} = \Phi_{op} \quad [W] \quad (4.40)$$

Voor systemen met mechanische toevoer van ventilatielucht geldt voor het toe te rekenen deel van de toeslag voor bedrijfsbeperking Φ_o :

$$\Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - \frac{1}{2}H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4.41)$$

Waarbij geldt dat indien $\Phi_{hu,i} < 0$ dan $\Phi_{hu,i} = 0$

Waarin:

H_v = specifiek warmteverlies t.g.v. ventilatie (zie paragraaf 4.7.2) [W/K]

θ_i = ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5 [°C]

θ_e = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

4.9 Warmtewinst in vertrek

Voor het bepalen van het warmteverlies van vertrekken in woningen geldt voor de warmtewinst:

$$\Phi_{gain,i} = 0 \quad [W] \quad (4.42)$$

Opmerkingen:

1. Warmtewinst door verlichting en apparatuur in de woning (bijv. tv, video etc.) wordt niet op de warmteverliesberekening in mindering gebracht;
2. Warmtewinst door zoninstraling wordt bij de warmteverliesberekening ook niet verrekend.

5 Bepaling van het aansluitvermogen

De in hoofdstuk 4 besproken warmteverliesberekening geeft als resultaat het te installeren vermogen per vertrek. Het aansluitvermogen is meestal niet gelijk aan het gesommeerde vermogen per vertrek. Hoe het aansluitvermogen bepaald moet worden, wordt voor de volgende gevallen uitgewerkt:

1. Woningen met individuele installaties (zie paragraaf 5.1);
2. Woningen met collectieve installaties:
 1. Aansluitwaarde per woning (zie paragraaf 5.2);
 2. Bijdrage aan vermogen collectieve warmteopwekker (zie paragraaf 5.3).

Opmerking: Indien de individuele warmtebron ook gebruikt wordt voor de bereiding van tapwater (als doorstroomapparaat); kies het grootste vermogen of het vermogen benodigd voor het verwarmen van de woning of het vermogen benodigd voor het tapwater.

5.1 Woningen met individuele installaties

Het aansluitvermogen van een woning met een individuele installatie Φ_{source} volgt uit:

$$\Phi_{\text{source}} = \sum_i [\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,iaBE} + \Phi_{T,ig}] + \Phi_{Ven} + \sum_i \Phi_{hu,i} + \sum_i \Phi_{add,i} - \sum_i \Phi_{gain,i} \quad [W] \quad (5.1)$$

Waarin:

\sum_i	= sommatie over de verschillende vertrekken	[-]
$\Phi_{T,ie}$	= warmteverlies naar buiten van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.2	[W]
$\Phi_{T,iae}$	= warmteverlies naar onverwarmde aangrenzende ruimten van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.4	[W]
$\Phi_{T,iaBE}$	= ontwerpwarmteverlies naar aangrenzend pand van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.5	[W]
$\Phi_{T,ig}$	= warmteverlies van vertrek i naar de bodem bepaald conform paragraaf 4.6	[W]
Φ_{Ven}	= warmteverlies door buitenluchttoetreding (zie paragraaf 5.1.1)	[W]
$\Phi_{hu,i}$	= toeslag voor bedrijfsbeperking van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.8	[W]
$\sum_i \Phi_{add,i}$	= som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag (zie paragraaf 5.1.2)	[W]
$\sum_i \Phi_{gain,i}$	= som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten (zie paragraaf 4.9)	[W]

5.1.1 Warmteverlies door buitenluchttoetreding

Het warmteverlies door buitenluchttoetreding wordt gevormd door het warmteverlies t.g.v. infiltratie en het warmteverlies t.g.v. ventilatie:

$$\Phi_{Ven} = \left(\left(z \cdot \sum_i H_i \right) + H_{v,build} \right) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (5.2)$$

Waarin:

\sum_i	= sommatie over de verschillende vertrekken	[-]
H_i	= specifiek warmteverlies door infiltratie van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.7.1	[W/K]
$H_{v,build}$	= specifiek warmteverlies door ventilatie op woningniveau	[W/K]
z	= toe te rekenen fractie van de infiltratie	[W/K]
θ_i	= ontwerpbinrentemperatuur conform paragraaf 2.5	[°C]
θ_e	= ontwerpbutentemperatuur bepaald conform paragraaf 2.6	[°C]

Voor het warmteverlies voor ventilatie op gebouwniveau $H_{v,build}$ geldt:

$$H_{v,build} = q_{v,build} \cdot 1200 \cdot f_v \quad [W/K] \quad (5.3)$$

Waarin:

$$\begin{aligned} q_{v,build} &= \text{volumestroom ventilatielucht op gebouwniveau} & [m^3/s] \\ f_v &= \text{correctiefactor afhankelijk van de toevoertemperatuur} & [-] \end{aligned}$$

De lucht volumestroom ventilatie van de verschillende systemen dat op woningniveau wordt toegevoerd, wordt hieronder toegelicht. Bij systemen die automatisch geregeld worden op luchtkwaliteit en/of luchtvochtigheid (vraagsturing), is de volumestroom ventilatie op woningniveau niet gelijk aan de som van de maximale lucht volumestromen per ruimte. Hierna wordt ingegaan op het bepalen van de maximale lucht volumestromen en de daaruit volgende warmtebehoefte op woningniveau.

De volumestroom ventilatielucht $q_{v,build}$ wordt als volgt bepaald:

1. Bij systeem A (natuurlijke toe- en afvoer van ventilatielucht): $q_{v,build} = \sum_i q_v$;
2. Bij systeem B met:
 1. Decentrale mechanische toevoer: $q_{v,build} = \sum_i q_v$;
 2. Centrale mechanische toevoer: $q_{v,build}$ volgt uit de lucht volumestroom in hoogstand van de ventilatie-unit.
3. Bij systeem D met decentrale toevoer: $q_{v,build} = \sum_i q_v$;
4. Voor alle overige systemen geldt dat: $q_{v,build}$ volgt uit de lucht volumestroom in hoogstand van de ventilatie-unit (s).

Opmerking: Indien de lucht volumestroom van de toe- of afvoerventilator nog niet bekend is, moet worden uitgegaan van $q_{v,build} = \sum_i q_v$

Waarin:

$$\begin{aligned} \sum_i &= \text{sommatie over de verschillende vertrekken} & [-] \\ q_v &= \text{volumestroom ventilatielucht bepaald conform paragraaf 4.7.2} & [m^3/s] \end{aligned}$$

Opmerkingen:

1. Bij systemen die automatisch geregeld worden op luchtkwaliteit en/of luchtvochtigheid (vraagsturing), is de lucht volumestroom ventilatie op woningniveau niet gelijk aan de som van de maximale lucht volumestromen per ruimte. Hierna wordt ingegaan op het bepalen van de maximale lucht volumestromen en de daaruit volgende warmtebehoefte op woningniveau;
2. Voor systemen met vraagsturing waarvoor een gecontroleerde kwaliteitsverklaring is afgegeven mag voor $q_{v,build}$ worden uitgegaan van de in de kwaliteitsverklaring gegeven maximaal gelijktijdig optredende volumestroom.

Voor de waarde van de correctiefactor f_v voor toevoertemperaturen c.q. lagere luchttemperatuur in ruimte dan de ontwerpbinnentemperatuur geldt:

$f_v = 0$ voor alle systemen met toevoertemperaturen hoger dan de ontwerpbinnentemperatuur (bijv. luchtverwarming)

Voor systemen met WTW of voorverwarming van de toevoerlucht c.q. verwarmde lucht uit een andere ruimte:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (5.4)$$

Voor alle systemen met natuurlijke toevoer of mechanische toevoer zonder voorverwarming van de buitenlucht:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (5.5)$$

Waarin:

θ_i	= ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
θ_e	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
θ_t	= toevoertemperatuur ventilatielucht	[°C]
$\Delta\theta_v$	= correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.2	[K]

De toevoertemperatuur θ_t voor systemen met WTW volgt uit paragraaf 4.7.3.

De toe te rekenen fractie z voor het bepalen van de hoeveelheid infiltratie die in rekening moet worden gebracht is ingevoerd omdat er bij de bepaling van het infiltratiewarmteverlies per vertrek van uitgegaan is dat de wind op de betreffende buitengevel staat. Doordat de wind niet op alle buitengevels tegelijk staat, wordt teveel infiltratiewarmteverlies in rekening gebracht als de waarden per vertrek worden gesommeerd. Dit wordt gecorrigeerd door de gesommeerde infiltratiewarmteverlies met factor z te vermenigvuldigen. De waarde van fractie z voor woningen met twee tegenover elkaar liggende buitengevels moet ontleend worden aan tabel 5.1.

Tabel 5.1 Waarde van de fractie z

Type gebouw	Fractie z
Woning met één buitengevel of twee niet tegenover elkaar liggende buitengevels	1
Eengezinswoning	0,7
Galerijwoning	0,5
Portiekwoning	0,5
Bejaardenwoning	0,5
Verzorgingstehuis	0,5

5.1.2 Som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag

Onder de som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag vallen de volgende bijdragen aan het vermogen van de warmteopwekker:

1. Het naar beneden afgegeven vermogen van vloerverwarming op de begane grond/wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand en/of plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand;
2. Het vermogen van de voorverwarmer van ventilatielucht;
3. Warmteverlies van leidingen in onverwarmde ruimten.

In formulevorm weergegeven:

$$\sum_i \Phi_{add,i} = \sum_i \Phi_{verlies} + \Phi_{vv} + \Phi_{leid} \quad [W] \quad (5.6)$$

Waarin:

$\sum_i \Phi_{verlies}$	= gesommeerde warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte c.q. de warmteafgifte van wandverwarming naar buiten en/of aangrenzend pand en/of de warmteafgifte van een verwarmd plafond naar buiten/aangrenzend pand	[W]
Φ_{vv}	= vermogen van de voorverwarmer van ventilatielucht	[W]
Φ_{leid}	= warmteverlies van leidingen/luchtkanalen in onverwarmde ruimten	[W]

Opmerking: Betonkernactivering in vloeren moet berekend worden als vloerverwarming, in wanden als wandverwarming en in plafonds als plafondverwarming.

Voor $\sum_i \Phi_{verlies}$ geldt:

$$\sum_i \Phi_{\text{verlies}} = \sum_i \Phi_{\text{verlies1}} + \sum_i \Phi_{\text{verlies2}} + \sum_i \Phi_{\text{verlies3}} \quad [\text{W}] \quad (5.7)$$

Waarin:

$$\sum_i \Phi_{\text{verlies1}} = \text{gesommeerde warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte} \quad [\text{W}]$$

$$\sum_i \Phi_{\text{verlies2}} = \text{gesommeerde warmteafgifte van wandverwarming naar buiten en/of aangrenzend pand} \quad [\text{W}]$$

$$\sum_i \Phi_{\text{verlies3}} = \text{gesommeerde warmteafgifte van een verwarmd plafond naar buiten/aangrenzend pand} \quad [\text{W}]$$

Hieronder wordt nader op de verschillende additionele warmtevragen ingegaan.

Warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte

Bij afwezigheid van vloerverwarming en vloerverwarming op verdiepingsvloeren geldt: $\Phi_{\text{verlies1}} = 0$.

De warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte kan bepaald worden met ISSO-publicatie 49 of kan worden uitgegaan van onderstaande defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar beneden van vloerverwarming is voor geïsoleerde vloeren ($R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) geldt: $\Phi_{\text{verlies1}} = 0,15 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$. Voor de overige vloeren geldt: $\Phi_{\text{verlies1}} = 0,4 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$.

Warmteafgifte van wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand

Bij afwezigheid van wandverwarming en wandverwarming op binnenwanden geldt: $\Phi_{\text{verlies2}} = 0$.

De warmteafgifte van wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand kan bepaald worden met ISSO-publicatie 49 of kan worden uitgegaan van onderstaande defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar buiten van wandverwarming is voor geïsoleerde wanden ($R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) geldt: $\Phi_{\text{verlies2}} = 0,20 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$. Voor de overige wanden geldt: $\Phi_{\text{verlies2}} = 0,5 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$.

Warmteafgifte van plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand

Bij afwezigheid van plafondverwarming en plafondverwarming op tussenvloeren geldt: $\Phi_{\text{verlies3}} = 0$.

De warmteafgifte van plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand kan bepaald worden met de in ISSO-publicatie 49 gegeven methode of kan worden uitgegaan van onderstaande defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar buiten van plafondverwarming is voor geïsoleerde plafonds/daken ($R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) geldt: $\Phi_{\text{verlies3}} = 0,20 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$. Voor de overige plafonds geldt: $\Phi_{\text{verlies3}} = 0,5 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$.

Vermogen van de voorverwarmer

Voor systemen zonder voorverwarming of elektrische voorverwarming geldt: $\Phi_{\text{vv}} = 0$.

Voor systemen met voorverwarming van de ventilatielucht tot θ_t door een verwarmingselement geldt dat het vermogen van de voorverwarmer afhankelijk is van het al of niet toepassen van warmteterugwinning (WTW):

Vermogen van de voorverwarmer zonder toepassing WTW:

$$\Phi_{\text{vv}} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_t - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (5.8)$$

Waarin:

$$q_v = \text{totale volumestroom ventilatielucht over de voorverwarmer} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$\theta_t = \text{toevoertemperatuur ventilatielucht} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$\theta_e = \text{ontwerp buitentemperatuur, welke gelijk is aan } -10 \text{ } ^\circ\text{C} \quad [^\circ\text{C}]$$

Vermogen van de voorverwarmer met WTW:

$$\Phi_{\text{vv}} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_t - \theta_m) \quad [\text{W}] \quad (5.9)$$

Waarin:

$$q_v = \text{totale volumestroom ventilatielucht over de voorverwarmer} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$\theta_t = \text{toevoertemperatuur ventilatielucht} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$\theta_m = \text{temperatuur voor de voorverwarming (na WTW; zie bijlage C voor berekening van de temperatuur na de WTW)} \quad [^\circ\text{C}]$$

Warmteverlies van leidingen/luchtkanalen in onverwarmde ruimten

Bij afwezigheid van leidingen of luchtkanalen in onverwarmde ruimten geldt $\Phi_{\text{leid}} = 0$.

Het warmteverlies van leidingen of luchtkanalen in onverwarmde ruimte kan bepaald worden met bijlage D.

Leidingen opgenomen in de dekvloer geven ook warmte af. Dit kan tot gevolg hebben dat, wanneer er geen maatregelen getroffen worden, de verwarmingslichamen in het vertrek onvoldoende warmte afgeven. Voor meer informatie zie ISSO-publicatie 108 [16].

Verliezen in woningscheidende vloeren. Isolatie om leidingen ok anders ISSO-publicatie 108.

Opmerking: Bij systemen waarbij warmtapwater direct wordt verwarmd (zonder toepassing van een buffer) en verwarming is de warmtevraag door het tapwater bepalend voor het op te stellen vermogen. Dit vermogen is sterk te reduceren door toepassing van een opslagsysteem (boiler).

5.2 Gebouwen met collectieve installaties

Om overdimensionering van de collectieve warmteopwekker te voorkomen mag per woning geen warmteverlies naar de burens in rekening gebracht worden aan de collectieve warmteopwekker.

De bijdrage van een woning aan het benodigde vermogen Φ_{source} van een collectieve installatie volgt uit:

$$\Phi_{\text{source}} = \sum_i [\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,ig}] + \Phi_{\text{Ven}} + \sum_i \Phi_{h,u,i} + \sum_i \Phi_{\text{add},i} - \sum_i \Phi_{\text{gain},i} \quad [\text{W}] \quad (5.10)$$

Waarin:

\sum_i	= sommatie over de verschillende vertrekken	[-]
$\Phi_{T,ie}$	= warmteverlies naar buitenlucht van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.2	[W]
$\Phi_{T,iae}$	= warmteverlies naar onverwarmde aangrenzende ruimten van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.4	[W]
$\Phi_{T,ig}$	= ontwerpwarmteverlies van vertrek i naar de bodem conform paragraaf 4.6	[W]
Φ_{Ven}	= warmteverlies door buitenluchttoetreding (zie paragraaf 5.1.1)	[W]
$\sum_i \Phi_{h,u,i}$	= som van de gelijktijdig optredende toeslagen voor bedrijfsbeperking bepaald conform paragraaf 4.8	[W]
$\sum_i \Phi_{\text{add},i}$	= som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag (zie paragraaf 5.1.2)	[W]
$\sum_i \Phi_{\text{gain},i}$	= som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten (zie paragraaf 4.9)	[W]

6 Berekeningsvoorbeelden

In dit hoofdstuk is een tweetal berekeningsvoorbeelden opgenomen: één grondgebonden tussenwoning van een rij woningen en één voor een portiekwoning (een tussenwoning).

Voor beide woningen is ook de grootte van de warmteopwekker/ketel en de grootte van het aandeel in de collectieve installatie berekend.

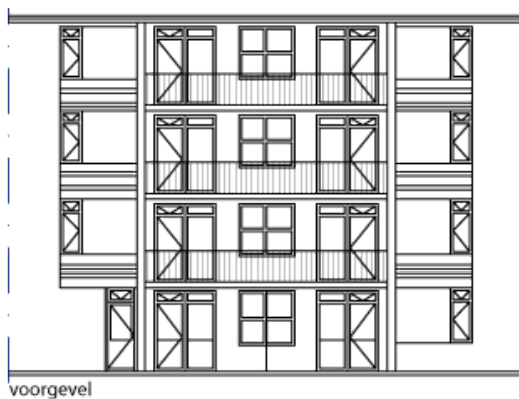
6.1 Tussenliggende portiekwoning

Het betreft een tussenliggende portiekwoning gelegen op de eerste etage die voldoet aan de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit met een $q_{v,10} = 30$.

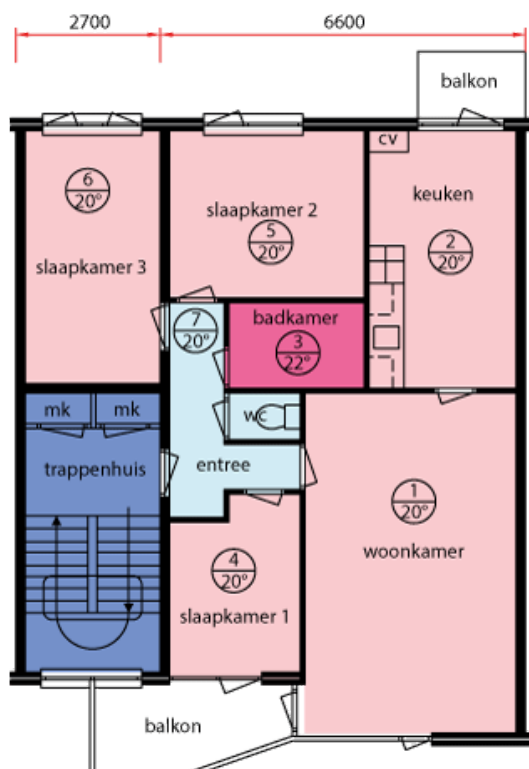
Het aangezicht van de portiekwoning is gegeven in afbeelding 6.1.

De plattegrond is gegeven in afbeelding 6.2.

De oppervlakte van wanden, vloeren, deuren, plafonds worden voor iedere wand gegeven.



Afb. 6.1 Aangezicht van de portiekwoningen



Afb. 6.2 Plattegrond van de portiekwoning

Uitgangpunten:

1. Nachtverlaging/bedrijfsbeperking;
2. Lt-Radiatoren verwarming en regeling met kamerthermostaat;
3. Natuurlijke toevoer van ventilatielucht en centrale mechanische afvoer (systeem C);
4. Zekerheidsklasse B voor warmteverlies naar de burens (uit tabel 2.6 volgt $c_z = 0,5$);
5. Apart toestel voor warmtapwaterbereiding (boiler);
6. Het trappenhuis is onverwarmd;
7. Meterkast (mk) heeft dezelfde temperatuur als het trappenhuis.

Tabel 6.1 Gehanteerde U-waarden

Beschrijving	U [W/(m²·K)]
Uitwendige scheidingsconstructie (incl trappenhuis)	0,20
Raam (dubbelglas met U = 3,3 en houten kozijn)	1,50
Buitendeur	1,5
Vloer/plafond	2,5
Woningscheidende wand (beton)	2,08
Binnenwanden (cellenbeton)	2,17

Luchtbalans

De ventilatie-eisen volgen uit tabel 4.8.

Gegevens over de hoeveelheid infiltratie volgen uit tabel 4.4.

Tabel 6.2 Luchtbalans

	Toevoer [dm³/s]	Herkomst	Afvoer naar buiten [dm³/s]
VG1 woonkamer	27,3	Buiten	
VG1 keuken		Woonkamer	27,3
VG2 slaapkamer 1	8,4	Buiten	
VG3 slaapkamer 2	11,6	Buiten	
VG3 slaapkamer 3	12,3	Buiten	
Toilet		VG2	8,4
Badkamer		VG3	23,3
Totaal	59,6	Buiten	59,6

De volumestroom aan toevoerlucht volgt uit 0,9 keer het vloeroppervlak (0,9 is Bouwbesluit eis voor verblijfsgebied).

Ontwerpbinnentemperaturen

Verblijfsruimten/verblijfsgebieden 20 °C.

Badkamer 22 °C.

Toilet 18 °C.

Entree (verkeersruimte) 18 °C.

Trappenhuis is onverwarmd.

Bepalen van de ontwerpbuitentemperatuur

Bepalen van de ontwerpbuitentemperatuur

$$\theta_e = \theta_{e,0} + 0,016 \cdot \tau - 0,8$$

Het betreft een middelzware woning $c_{\text{eff}} = 50$

$$\tau = C_{\text{eff}}/H = c_{\text{eff}} \cdot V_e/H = 50 \cdot 281/H = 14050/H$$

$$H = \Sigma H_{T,ie} + \Sigma H_{T,iae} + \Sigma H_{T,iae} + \Sigma H_{T,ig} + H_v$$

Met:

$$\sum_i H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot (U_k + 0,1)) = 51,1 \times (0,2 + 0,1) = 15,33$$

$$\sum H_{T,iaBE} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$$

De temperatuur van de buren (gestapelde bouw = 15 °C).

Buren naast gelegen:

$$f_{ia,k} = 0,167$$

$$\sum H_{T,iaBE} = 51,1 \times 2,08 \times 0,167 = 17,75$$

Bovenburen/onderburen:

$$f_{ia,k} = 0,167$$

$$\sum H_{T,iaBE} = 97 \times 2,5 \times 0,167 + 97 \times 2,5 \times 0,167 = 81$$

Naar trappenhuis:

$$f_k = 0,8$$

$$\sum H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k) = 27,45 \times 0,2 \times 0,8 = 4,39$$

$$\sum H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot 0,37) = 0$$

$$\text{Ventilatieverlies } H_v: ((0,5 \times 183,4)/3600) \times 1200 \times 1 = 30,6$$

$$\tau = 14050/(15,33 + 17,75 + 81 + 4,39 + 0 + 30,6) = 94,25$$

$$\theta_e = \theta_{e,0} + 0,016 \cdot \tau - 0,8 = -10 + 0,016 \times 94,25 - 0,8 = -9,28 \text{ ofwel } \theta_e = -9^\circ\text{C}$$

Vertrek 1: verblijfsruimte (woonkamer) met ontwerp binnentemperatuur $\theta_i = 20^\circ\text{C}$

De oppervlakten van de verschillende wanden, vloer en plafond van de woonkamer zijn gegeven in tabel 6.3.

Tabel 6.3 Afmetingen van de woonkamer

Omschrijving	Oppervlakte [m ²]
Woningscheidende wand	19,35
Uitwendige scheidingsconstructie excl. raam (buitenwand)	7,29
Raam	3,71
Deur naar balkon	2,16
Uitwendige scheidingsconstructie rond de deur/raam	0,36
Binnenwand naar slaapkamer 1	11,2
Binnenwand naar entree	2,51
Binnenwand naar toilet	3,12
Binnenwand naar badkamer	3,64
Binnenwand naar keuken	7,36
Vloer/plafond	30,3

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
buitenwand	7,29	0,20	1	1,82	keuken	7,36	2,17	0	0
raam	3,71	1,5	1	5,75	slaapkamer 1	11,20	2,17	0	0
buitenwand	0,36	0,20	1	0,09	entree	2,51	2,17	0,069	0,38
balkondeur	2,16	1,5	1	3,35	toilet	3,12	2,17	0,069	0,47
					badkamer	3,64	2,17	-0,069	-0,52
				$H_{T,ie} = 11,01$					$H_{T,ia} = 0,33$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 15^\circ\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
n.v.t.					woningscheid.	19,35	2,08	0,172	9,32
					plafond	30,3	2,5	0,241	18,26
					vloer	30,3	2,5	0,138	10,45
				$H_{T,iae} = 0$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 38,03$
									$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \Sigma = 19,02$

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \cdot f_{\text{gw}} \cdot f_{\text{ig},k}) = 0 \text{ verdiepingsvloer}$$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaeBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - -9)$	$\Phi_{T,i} = 880 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0 \text{ W}$ ($q_i = 0$; systeem C en ventilatievoorziening in de gevel) Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{\text{vent}} = q_v \cdot 1200 \cdot 1 \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,0273 \times 1200 \times 1 \times 29 = 957 \text{ W}$ q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{\text{vent}}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 957 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Kamerthermostaat; regeling in dit vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{\text{op}} = P \cdot A_{v,i} = 10 \times 30,3 = 303 \text{ W}$ P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie I ($c_{\text{eff}} < 70$) en volgt uit tabel 4.9 Regeling met kamerthermostaat. De som van het transmissieverlies en het warmteverlies door buitenluchttoetreding: $916 + 957 = 1873 \text{ W}$ De toeslag voor bedrijfsbeperking van 303 W is gelijk aan 16,2 % van de som van transmissieverlies en warmteverlies door buitenluchttoetreding. Hieruit volgt $y = 0,162$	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{\text{hu},i} = \Phi_{\text{op}}$ (natuurlijke toevoer)	$\Phi_{\text{hu},i} = 303 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____ +
$\Phi_{\text{HL},i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{\text{hu},i}$	$\Phi_{\text{HL},i} = 2140 \text{ W}$

Vertrek 2: verblijfsruimte (keuken) met ontwerpbinrentemperatuur $\theta_i = 20^\circ\text{C}$

De oppervlakten van de verschillende wanden, vloer en plafond van de keuken zijn gegeven in tabel 6.4.

Tabel 6.4 Afmetingen van de keuken

Omschrijving	Oppervlakte [m ²]
Woningscheidende wand	13,91
Binnenwand naar woonkamer	7,36
Binnenwand naar badkamer	4,86
Binnenwand naar slaapkamer 2	9,05
Uitwendige scheidingsconstructie excl. raam/deur	3,98
Raam	1,2
Deur	2,18
Vloer/plafond	14,94

$$\text{Transmissieberekening: } \Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaeBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
buitenwand	3,98	0,20	1	1,00	badkamer	4,86	2,17	-0,070	-0,34
raam	1,20	1,5	1	1,86	slaapkamer 2	9,05	2,17	0	0
deur	2,18	1,5	1	3,79	woonkamer	7,36	2,17	0	0
				$H_{T,ie} = 6,65$					$H_{T,ia} = -0,34$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 15^\circ \text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
n.v.t.					woningscheid.	13,91	2,08	0,172	4,98
					plafond	14,94	2,5	0,241	6,03
					vloer	14,94	2,5	0,138	5,15
				$H_{T,iae} = 0$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 16,16$
									$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \Sigma = 8,08$

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \cdot f_{\text{gw}} \cdot f_{\text{ig},k}) = 0 \text{ verdiepingsvloer}$$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - -9)$	$\Phi_{T,i} = 417 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,0001 \times 1200 \times 3,38 \times 1 \times 29 = 12 \text{ W}$ (systeem C; vertrek zonder luchttoevoervoorziening in de gevel) Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{\text{vent}} = q_v \cdot 1200 \cdot 0 = 0,0273 \times 1200 \times 0 = 0 \text{ W}$ (lucht uit woonkamer) q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{\text{vent}}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 12 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Kamerthermostaat Toeslag voor bedrijfsbeperking: $0,162 \times (417 + 12) = 70 \text{ W}$	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op}$ (natuurlijke toevoer)	$\Phi_{hu,i} = 70 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 499 \text{ W}$

Vertrek 3: badkamer met ontwerpbinrentemperatuur $\theta_i = 22^\circ \text{C}$

De oppervlakten van de verschillende wanden, vloer en plafond van de badkamer zijn gegeven in tabel 6.5.

Tabel 6.5 Afmetingen van de badkamer

Omschrijving	Oppervlakte [m ²]
Binnenwand naar keuken	4,86
Binnenwand naar woonkamer	3,64
Binnenwand naar toilet	3,14
Binnenwand naar entree	4,86
Binnenwand naar slaapkamer 2	6,78
Vloer/plafond	4,77

$$\text{Transmissieberekening: } \Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
n.v.t.					keuken	4,86	2,17	0,065	0,69
					kamer	3,64	2,17	0,065	0,51
					toilet	3,14	2,17	0,129	0,88
					slaapkamer 2	6,78	2,17	0,065	0,96
					entree	4,86	2,17	0,129	1,36
$H_{T,ie} = 0$					$H_{T,ia} = 4,40$				

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 15 \text{ }^\circ\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
n.v.t.					plafond	4,77	2,5	0,290	3,46
					vloer	4,77	2,5	0,194	2,34
				$H_{T,iae} = 0$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 5,80$
									$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma = 2,90$

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \cdot f_{\text{gw}} \cdot f_{\text{ig},k}) = 0 \text{ verdiepingsvloer}$$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - -9)$	$\Phi_{T,i} = 226 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0 \text{ W}$ ($q_i = 0$; inpandige ruimte) Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{\text{vent}} = q_v \cdot 1200 \cdot 0,129 \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,0233 \times 1200 \times 0,129 \times 31 = 112 \text{ W}$ (lucht uit entree) q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{\text{vent}}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 112 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Kamerthermostaat Toeslag voor bedrijfsbeperking = $0,162 \times (226 + 112) = 55 \text{ W}$	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{h,u,i} = \Phi_{o,p}$ (natuurlijke toevoer)	$\Phi_{h,u,i} = 55 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____ +
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{h,u,i}$	$\Phi_{HL,i} = 393 \text{ W}$

Vertrek 4: slaapkamer 1 met ontwerpbinnentemperatuur $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

De oppervlakten van de verschillende wanden, vloer en plafond van slaapkamer 1 zijn gegeven in tabel 6.6.

Tabel 6.6 Afmetingen van slaapkamer 1

Omschrijving	Oppervlakte [m ²]
Binnenwand naar woonkamer	11,2
Uitwendige scheidingsconstructie excl. raam/deur	2,03
Raam	1,6
Deur	2,78
Uitwendige scheidingsconstructie naar trappenhuis	9,24
Binnenwand naar entree	8,37
Vloer/plafond	9,38

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
buitenwand	2,03	0,20	1	0,51	woonkamer	11,20	2,17	0	0
raam	1,6	1,5	1	2,48	entree	8,37	2,17	0,069	1,25
deur	2,78	1,5	1	4,31					
				$H_{T,ie} = 7,31$					$H_{T,ia} = 1,25$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$
trappenhuis	9,24	0,20	0,5	0,92
				$H_{T,iae} = 0,92$

$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
$(\theta_b = 15\text{ }^{\circ}\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
plafond	9,38	2,5	0,241	5,65
vloer	9,38	2,5	0,137	3,21
$c_z = 0,5$				$\Sigma = 8,86$
			$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma = 4,43$	

$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 0$ verdiepingsvloer

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - -9)$	$\Phi_{T,i} = 377 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0 \text{ W}$ ($q_i = 0$; systeem C en ventilatievoorziening in de gevel) Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot 1 \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,0083 \times 1200 \times 1 \times 29 = 289 \text{ W}$ q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak A_{vi} In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 289 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Kamethermostaat Toeslag voor bedrijfsbeperking = $0,162 \times (377 + 289) = 108 \text{ W}$	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op}$ (natuurlijke toevoer)	$\Phi_{hu,i} = 108 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 774 \text{ W}$

Vertrek 5: slaapkamer 2 met ontwerpbinrentemperatuur $\theta_i = 20^\circ \text{C}$

De oppervlakten van de verschillende wanden, vloer en plafond van slaapkamer 2 zijn gegeven in tabel 6.7.

Tabel 6.7 Afmetingen van slaapkamer 2

Omschrijving	Oppervlakte [m ²]
Binnenwand naar keuken	9,05
Binnenwand naar badkamer	6,78
Binnenwand naar entree	3,12
Binnenwand naar slaapkamer 3	9,05
Uitwendige scheidingsconstructie excl. raam	7,34
Raam	2,56
Vloer/plafond	12,9

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
buitenwand	7,34	0,20	1	1,84	entree	3,12	2,17	0,069	0,47
raam	2,56	1,5	1	3,97	badkamer	6,78	2,17	-0,069	-1,03
					slaapkamer 3	9,05	2,17	0	0
				$H_{T,ie} = 5,81$					$H_{T,ia} = -0,56$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 15\text{ }^{\circ}\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
n.v.t.					plafond	12,9	2,5	0,241	7,77
					vloer	12,9	2,5	0,137	4,42
				$H_{T,iae} = 0$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 12,19$
									$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma = 6,10$

$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 0$ verdiepingsvloer

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - -9)$	$\Phi_{T,i} = 329 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0 \text{ W}$ ($q_i = 0$; systeem C en ventilatievoorziening in de gevel) Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot 1 \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,0116 \times 1200 \times 1 \times 29 = 404 \text{ W}$ q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak A_{vi} In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 404 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Kamethermostaat Toeslag voor bedrijfsbeperking = $0,162 \times (329 + 404) = 119 \text{ W}$	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op}$ (natuurlijke toevoer)	$\Phi_{hu,i} = 119 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 852 \text{ W}$

Vertrek 6: slaapkamer 3 met ontwerp binnentemperatuur $\theta_i = 20^\circ \text{C}$

De oppervlakten van de verschillende wanden, vloer en plafond van slaapkamer 3 zijn gegeven in tabel 6.8.

Tabel 6.8 Afmetingen van slaapkamer 3

Omschrijving	Oppervlakte [m ²]
Binnenwand naar slaapkamer 2	9,05
Binnenwand naar entree	4,59
Uitwendige scheidingsconstructie naar trappenhuis	7,29
Woningscheidende wand	13,64
Uitwendige scheidingsconstructie excl. glas	4,4
Raam	2,89
Vloer/plafond	13,67

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
buitenwand	4,4	0,20	1	1,10	slaapkamer 2	9,05	2,17	0	0
raam	2,89	1,5	1	4,48	entree	4,59	2,17	0,069	0,69
				$H_{T,ie} = 5,58$					$H_{T,ia} = 0,69$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 15\text{ }^{\circ}\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
trappenhuis	7,29	0,20	0,5	0,73	woningscheid.	13,64	2,08	0,172	4,88
					plafond	13,67	2,5	0,241	8,24
					vloer	13,67	2,5	0,137	4,68
				$H_{T,iae} = 0,73$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 17,80$
									$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma = 8,90$

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 0 \text{ verdiepingsvloer}$$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - -9)$	$\Phi_{T,i} = 461 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0 \text{ W}$ ($q_i = 0$; systeem C en ventilatievoorziening in de gevel) Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot 1 \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,0123 \times 1200 \times 1 \times 29 = 428 \text{ W}$ q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 428 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Kamethermostaat Toeslag voor bedrijfsbeperking = $0,162 \times (461 + 428) = 144 \text{ W}$	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op}$ (natuurlijke toevoer)	$\Phi_{hu,i} = 144 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 1033 \text{ W}$

Vertrek 7: Entree met ontwerpbinnentemperatuur $\theta_i = 18^\circ\text{C}$

De oppervlakten van de verschillende wanden, vloer en plafond van de entree zijn gegeven in tabel 6.9.

Tabel 6.9 Afmetingen van de entree

Omschrijving	Oppervlakte [m ²]
Binnenwand naar badkamer	4,86
Binnenwand naar toilet	6,38
Binnenwand naar woonkamer	2,51
Binnenwand naar slaapkamer 1	8,37
Uitwendige scheidingsconstructie naar trappenhuis	7,86
Binnenwand naar slaapkamer 3	4,59
Binnenwand naar slaapkamer 2	3,12
Vloer/plafond	6,74

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ie} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
n.v.t.					slaapkamer 1	8,37	2,17	-0,074	-1,34
					badkamer	4,86	2,17	-0,148	-1,56
					slaapkamer 2	3,12	2,17	-0,074	-0,50
					slaapkamer 3	4,59	2,17	-0,074	-0,74
					woonkamer	2,51	2,17	-0,074	-0,40
					naar toilet	6,38	2,17	0	0
				$H_{T,ie} = 0$					$H_{T,ia} = -4,54$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$
trappenhuis	7,86	0,20	0,481	0,76
				$H_{T,iae} = 0,76$

$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
$(\theta_b = 15\text{ }^{\circ}\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
plafond	6,74	2,5	0,185	3,12
vloer	6,74	2,5	0,074	1,25
$c_z = 0,5$				$\Sigma = 4,37$
			$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma = 2,19$	

$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 0$ verdiepingsvloer

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - -9)$	$\Phi_{T,i} = -43 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0 \text{ W}$ ($q_i = 0$; inpandige ruimte) Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{\text{vent}} = q_v \cdot 1200 \cdot -0,074 \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0,0319 \times 1200 \times -0,074 \times 27 = -184 \text{ W}$ (lucht uit slaapkamers) q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{\text{vent}}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = -76 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Kamethermostaat Toeslag voor bedrijfsbeperking = $0,162 \times 0 = 0 \text{ W}$	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op}$ (natuurlijke toevoer)	$\Phi_{hu,i} = 0 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = -119 \text{ W}$

Vertrek 8: Toilet met ontwerp binnentemperatuur $\theta_i = 18^\circ\text{C}$

De oppervlakten van de verschillende wanden, vloer en plafond van het toilet zijn gegeven in tabel 6.10.

Tabel 6.10 Afmetingen van het toilet

Omschrijving	Oppervlakte [m ²]
Binnenwand naar woonkamer	3,12
Binnenwand naar entree	6,38
Binnenwand naar badkamer	3,14
Vloer/plafond	1,32

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
n.v.t.					woonkamer	3,12	2,17	-0,074	-0,50
					entree	6,38	2,17	0	0
					badkamer	3,14	2,17	-0,148	-1,01
				$H_{T,ie} = 0$					$H_{T,ia} = -1,51$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 15\text{ }^{\circ}\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
n.v.t.					plafond	1,32	2,5	0,080	0,26
					vloer	1,32	2,5	-0,040	-0,13
				$H_{T,iae} = 0$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 0,13$
							$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma = 0,06$		

$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \cdot f_{\text{gw}} \cdot f_{\text{ig},k}) = 0$ verdiepingsvloer

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - -9)$	$\Phi_{T,i} = -39 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0 \text{ W}$ ($q_i = 0$; inpandige ruimte) Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot -0,138 \cdot 29 = 0,0083 \times 1200 \times -0 \times 29 = 0 \text{ W}$ (lucht uit entree) q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 0 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Kamerthermostaat Toeslag voor bedrijfsbeperking = $0,162 \times 0 = 0 \text{ W}$	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op}$ (natuurlijke toevoer)	$\Phi_{hu,i} = 0 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = -39 \text{ W}$

Bepalen van het aansluitvermogen

De warmtebehoeften per vertrek zijn nu bepaald.

Wat nog rest is het bepalen van de grootte van de warmteopwekker.

Uit paragraaf 5.1 volgt:

$$\Phi_{\text{source}} = \sum_i [\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,iaBE} + \Phi_{T,ig}] + \Phi_{\text{Ven}} + \sum_i \Phi_{h,u,i} + \sum_i \Phi_{\text{add},i} - \sum_i \Phi_{\text{gain},1} \quad [\text{W}]$$

Invullen van de verschillende posten geeft:

$$\Phi_{T,ie} = (11,01 + 6,65 + 7,31 + 5,81 + 5,58) \times 29 + 0 \times 27 + 0 \times 31 = 1054 \text{ W}$$

$$\Phi_{T,iae} = (0 + 0 + 0,92 + 0 + 0,73) \times 29 + 0,76 \times 27 + 0 \times 31 = 72 \text{ W}$$

$$\Phi_{T,iaBE} = (19,02 + 8,80 + 4,43 + 6,10 + 8,90) \times 29 + 2,25 \times 27 + 2,9 \times 31 = 1521 \text{ W}$$

$$\Phi_{T,ig} = 0 \text{ (alles gelegen op de eerste etage)}$$

$$\Phi_{\text{Ven}} = 957 + 12 + 112 + 289 + 404 + 428 - 76 - 0 = 2126 \text{ W}$$

$$\Phi_{h,ui} = 303 + 70 + 55 + 108 + 119 + 144 + 0 + 0 = 799 \text{ W}$$

Uit 5.1 volgt: $\Phi_{\text{add},i} = 0 \text{ W}$

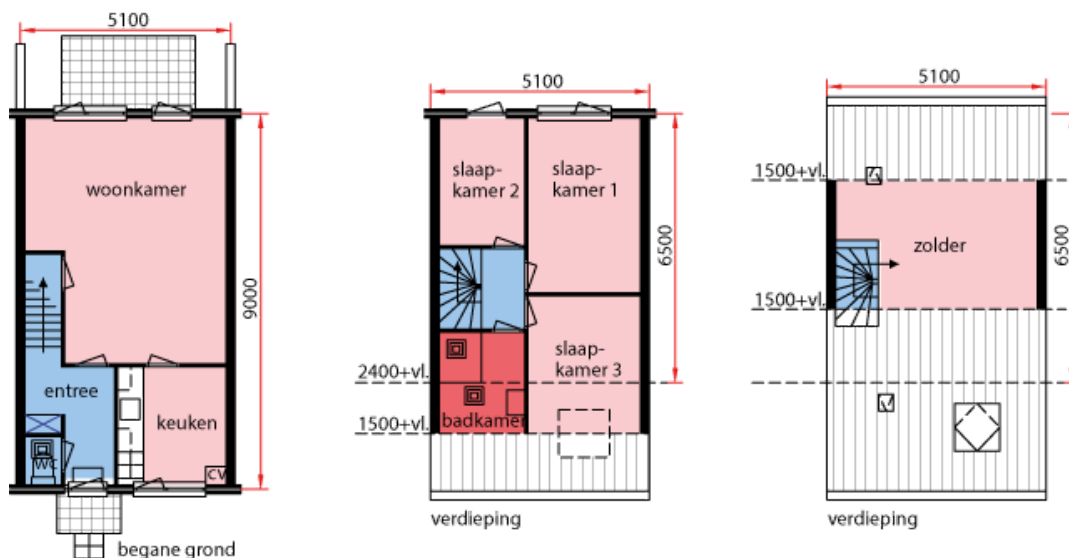
6.2 Tussenwoning

Het aangezicht van de tussenwoning is gegeven in afbeelding 6.3.

De plattegronden met de indeling van de verschillende etages is gegeven in afbeelding 6.4.



Afb. 6.3 Aangezicht van de tussenwoning



Afb. 6.4 Plattegronden van de tussenwoning

Aanvullende informatie:

1. Woning voldoet aan de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit;
2. $q_{v,10} = 30$;
3. Gebalanceerde ventilatie met WTW zonder onbalansregeling als vorstbeveiliging (93% rendement);
4. Centrale mechanische afvoer van ventilatielucht;
5. Vorstbeveiliging door voorverwarming buitenlucht tot 0% in de WTW-unit;
6. Het betreft een rijtjestussenwoning;
7. Vloerverwarming op de begane grond;
8. Lt-radiatoren op de verdiepingen;
9. Nachtverlaging en een opwarmtijd van twee uur;
10. Zekerheidsklasse B voor verwarming bij de burens;
11. Voor de verwarming is er regeling per vertrek;
12. De zolder is te beschouwen als een verblijfsgebied;
13. Warmtapwaterbereiding met HR-combiketel;
14. Ontwerpbinnentemperatuur in verblijfsgebieden/verblijfsruimten 22 °C;
15. Ontwerpbinnentemperatuur in badkamer 22 °C;
16. Grondwaterdiepte 3 meter;
17. De isolatie is aangebracht volgens de regels voor goed vakmanschap.

Tabel 6.11 Gehanteerde U-waarden

Beschrijving	U [W/(m²·K)]
Uitwendige scheidingsconstructie	0,20
Beganegrondvloer	0,23
Dak	0,16
Raam (tripelglas met U = 0,9 en houten kozijn)	1,5
Buitendeur	1,5
Vloer/plafond (beton)	2,5
Woningscheidende wand (kalkzandsteen)	2,08
Binnenwanden (cellenbeton)	2,17

Tabel 6.12 Luchtbalans

		Toevoer [dm³/s]	Herkomst	Afvoer naar buiten [dm³/s]
VG1	Woonkamer	29,1	Buiten	
VG1	Keuken		Woonkamer	29,1
VG2	Slaapkamer 1	9,7	Buiten	
VG2	Slaapkamer 2	7	Buiten	
VG2	Slaapkamer 3	8,4	Buiten	
VG3	zolder	12,2	Buiten	16,3
		4,1	VG2	
	Toiletruimte		VG2	7
	Badkamer		VG2 + VG3	14
Totaal		66,4	Buiten	66,4

Berekening van de (inblaas) temperatuur θ_t

Gemiddelde retourtemperatuur:

$$\theta_t = \frac{q_1 \cdot \theta_1 + q_2 \cdot \theta_2 + q_3 \cdot \theta_3 + q_4 \cdot \theta_4}{q_1 + q_2 + q_3 + q_4} = \frac{0,0291 \times 22 + 0,014 \times 22 + 0,007 \times 18 + 0,0163 \times 22}{0,0163 + 0,014 + 0,0291 + 0,007} = 21,6^\circ\text{C}$$

Inblaastemperatuur bij 93% rendement: $\theta_t = 0,93 (21,6 - -10) - 10 \approx 19,4^\circ\text{C}$.

Bepaling van de ontwerp buitentemperatuur

Dit gebeurt op gebouw/woningniveau.

$$\theta_e = \theta_{e,0} + 0,016 \cdot \tau - 0,8$$

Het betreft een middelzware woning: $c_{eff} = 50$

$$\tau = C_{eff}/H = c_{eff} \cdot V_e/H = 50 \cdot 278/H = 13900/H$$

$$H = \Sigma H_{T,ie} + \Sigma H_{T,iae} + \Sigma H_{T,iae} + \Sigma H_{T,ig} + H_v$$

Met:

$$\Sigma_k H_{T,iae} = \Sigma_k (A_k \cdot (U_k + 0,1)) = (31,0 \times (0,2 + 0,1) + 15,1 \times (1,5 + 0,1) + 59,3 \times (0,16 + 0,1)) = 48,88$$

$$\Sigma H_{T,iae} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$$

De temperatuur van aangrenzend pand (rijtjes woning = 10 °C). $f_{ia,k} = 0,333$

$$\Sigma H_{T,iae} = 114,0 \times 2,08 \times 0,333 = 78,96$$

$$\Sigma H_{T,iae} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k) = 0$$

$$\Sigma H_{T,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot 0,37)$$

 $U = 0,23$ dus $R_c > 3,5$ waaruit volgt $U_{equiv} = 0,18$ Grondwaterdiepte = 3 meter. Hieruit volgt $f_{gw} = 1$

$$\Sigma H_{T,ig} = 1,45 \times (59,8 \times 0,18 \times 1 \times 0,37) = 5,77$$

$$H_v = 1200 \cdot q_v \cdot f_v = 1200 \cdot (n_v \cdot V/3600) \cdot 0,167 = 1200 \times (0,5 \times 328/3600) \times 0,167 = 9,13$$

$$H = 48,88 + 78,96 + 0 + 5,77 + 9,13 = 142,74$$

$$\tau = 13900/H = 13900/142,74 = 97,38$$

$$\theta_e = \theta_{e,0} + 0,016 \cdot \tau - 0,8 = -10 + 0,016 \times 97,38 - 0,8 = -9,24 \text{ °C. Afronden op 0,5 graden geeft } -9 \text{ °C.}$$

De ontwerp buitentemperatuur θ_e voor deze woning is gelijk aan -9 °C .**Warmtebalans van verkeersruimte 1e etage (overloop)**

$$\text{Warmtebalans: } (H_{T,ie} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) + \Phi_v = 0$$

$$H_{T,ie} = 0 \text{ (in pandig)}$$

$$H_{T,iae} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k):$$

$$\text{slaapkamer 2: } A \cdot U \cdot (\theta_i - \theta_a) = 5,48 \cdot 2,17 \cdot (\theta_i - 22) = 11,89 \cdot (\theta_i - 22)$$

$$\text{slaapkamer 1: } A \cdot U \cdot (\theta_i - \theta_a) = 2,20 \cdot 2,17 \cdot (\theta_i - 22) = 4,77 \cdot (\theta_i - 22)$$

$$\text{slaapkamer 3: } A \cdot U \cdot (\theta_i - \theta_a) = 2,02 \cdot 2,17 \cdot (\theta_i - 22) = 4,38 \cdot (\theta_i - 22)$$

$$\text{badkamer: } A \cdot U \cdot (\theta_i - \theta_a) = 5,48 \cdot 2,17 \cdot (\theta_i - 22) = 11,89 \cdot (\theta_i - 22)$$

$$\text{woonkamer: } A \cdot U \cdot (\theta_i + \Delta\theta_1) - (\theta_a + \Delta\theta_2) = 2,5 \cdot 2,5 \cdot (\theta_i - 22) = 6,25 \cdot (\theta_i - 22)$$

$$\text{zolder: } A \cdot U \cdot (\theta_i - (\theta_a + \Delta\theta_{a2})) = 3,27 \cdot 2,5 \cdot (\theta_i - 19) = 8,175 \cdot (\theta_i - 19)$$

$$H_{T,iae} = 0 \text{ (grens niet aan onverwarmde ruimten)}$$

$$H_{T,iae} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}):$$

$$\text{woningscheidend: } A \cdot U \cdot (\theta_i - \theta_b) = 4,22 \cdot 2,08 \cdot (\theta_i - 10) = 8,78 \cdot (\theta_i - 10)$$

Ventilatie: (alle lucht komt uit de slaapkamers)

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad \text{waarbij } \Delta\theta_v = 0 \text{ (lt-radiatoren op verdieping)}$$

$$\Phi_v = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i - \theta_e) = (0,007 + 0,0094 + 0,0084) \cdot 1200 \cdot (\theta_i - 22) = 0,0251 \cdot 1200 \cdot (\theta_i - 22) = 30,12 \cdot (\theta_i - 22)$$

Alle deelposten invoeren in de warmtebalans

$$11,89 \theta_i - 261,6 + 4,77 \theta_i - 104,9 + 4,38 \theta_i - 96,4 + 11,89 \theta_i - 261,6 + 6,25 \theta_i - 137,5 + 8,175 \theta_i - 155,3 + 8,78 \theta_i - 87,8 + 30,12 \theta_i - 662,6 = 0$$

$$86,26 \theta_i = 1765,4$$

resultaat: $\theta_i = 20,5$.

Warmtebalans verkeersruimte (entree) met behulp van methode uit bijlage F.1

Warmtebalans: $(H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) + \Phi_v = 0$

Uitrekenen deelwaarden:

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1)) = 3,48$$

$$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) =$$

$$\text{woonkamer + keuken} \quad \frac{50,4 \cdot (\theta_i - 22)}{\theta_i - \theta_e}$$

$$\text{toilet} \quad \frac{13,4 \cdot (\theta_i - 15)}{\theta_i - \theta_e}$$

$$\text{badkamer} \quad \frac{13,7 \cdot (\theta_i - 22)}{\theta_i - \theta_e}$$

$$H_{T,iae} = 0 \text{ (geen aangrenzende onverwarmde ruimten)}$$

$$H_{T,iaBE} = c_2 \cdot \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} = \frac{1}{2} \cdot \frac{11,82 \cdot 2,08 \cdot (\theta_i - 10)}{\theta_i - \theta_e} = \frac{12,29 \cdot (\theta_i - 10)}{\theta_i - \theta_e}$$

$$H_{T,ig} = 0 \text{ (vloerverwarming toegepast)}$$

Φ_v volgt uit $\Phi_i + \Phi_{vent}$

$$\Phi_i = 14 \cdot 10^{-5} \cdot 1200 \cdot 3,43 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) = 0,57 (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) = 0,57 \cdot (\theta_i + 9,5)$$

$U = 0,2$ daaruit volgt: $R_c > 3,5$ hieruit volgt met tabel 2.3: $\Delta\theta_v = -0,5$; vloerverwarming als hoofdverwarming

$$\Phi_{vent} = \text{afzuigvolume van toilet (komt van verkeersruimte VG2 (overloop))}$$

$$= 0,007 \cdot 1200 \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = \frac{8,4 \cdot (\theta_i - 20,5)}{\theta_i - \theta_e} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Deelposten invoeren in de warmtebalans

$$3,48 (\theta_i + 9) + 50,4 (\theta_i - 22) + 13,4 (\theta_i - 18) + 13,7 (\theta_i - 22) + 12,29 (\theta_i - 10) + 0,57 (\theta_i + 9,5) + 8,4 (\theta_i - 20,5) = 0$$

$$\text{Hieruit volgt: } 102,2 \theta_i - 1982,1 = 0$$

$$\text{ofwel: } \theta_i \approx 19,4^\circ\text{C}$$

Benodigde parameters in de berekening

De berekening van het warmteverlies vertrek voor vertrek uitgevoerd. Ieder vertrek wordt op een aparte pagina weergegeven.

Voor de gevels grenzend aan de buitenlucht geldt: $\Delta\theta_{TB} = 0,05$.

Bepaling van de $q_{v,10,kar}$

Het vloeroppervlak van de woning:

$$A_{v,tot} = 5,1 \times 9 + 5,1 \times 9 + 6,5 \times 9 = 117,8$$

$$q_{v,10,kar} = 30/117,8 = 0,25$$

Vertrek 1: verblijfsruimte (woonkamer) met ontwerpbinrentemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 22^\circ\text{C}$

$$\text{Transmissieberekening: } \Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
wand	7,81	0,20	1	1,95	slaapkamer 1	10,68	2,5	0,032	0,85
raam + deur	4,15	1,5	1	6,43	slaapkamer 2	7,01	2,5	0,032	0,56
					slaapkamer 3	3,67	2,5	0,032	0,29
					badkamer	0,85	2,5	- 0,032	- 0,07
					keuken	6,70	2,17	0	0
				$H_{T,ie} = 8,38$					$H_{T,ia} = 1,63$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10 \text{ } ^\circ\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
entree	12,62	2,17	0,084	2,30	woningscheid.	15,14	2,08	0,387	12,19
overloop	2,5	2,5	0,048	0,30	woningscheid.	8,00	2,08	0,387	6,44
				$H_{T,iae} = 2,60$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 18,63$
									$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \Sigma = 9,32$

$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k})$ vloer op zand/wand in grond						
Vlak		$f_{g,z}$	G_w	A_k	U_k	$1,45 \cdot G_w \cdot (A_k \cdot U_{e,k} \cdot f_{g2})$
n.v.t.	1,45					
						$H_{T,ig} = ..0.....$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaeBE} + H_{T,ig}) \cdot (22 - -9)$		$\Phi_{T,i} = 685 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 44 \text{ W}$ q_i volgt uit tabel 4.4, $A_u = \Sigma A_{u,i}$; $f_v = 0,984$ en $z = 1$ Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) = 0,0291 \times 1200 (22 - 0,5 - 19,4) = 73 \text{ W}$ q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (mechanische toevoer)); $\Delta\theta_v = -0,5$ (vloerverwarming) In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$		
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer $\Phi_{V,i}$		$\Phi_{V,i} = 117 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{op} = P \cdot A_{v,i} = 10 \times 24,7 = 247 \text{ W}$ P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie I ($c_{eff} < 70$) en volgt uit tabel 4.9		
$\Sigma_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - 0,5 \Phi_{vent}$ Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking:		$\Phi_{hu,i} = 210 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren		_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$		$\Phi_{HL,i} = 1012 \text{ W}$

Vertrek 2: verblijfsruimte (keuken) met ontwerpbinntemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaeBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
raam	3,85	1,5	1	5,97	slaapkamer 3	7,60	2,5	0,032	0,61
wand	2,85	0,20	1	0,71	woonkamer	6,70	2,17	0	0
				$H_{T,ie} = 6,68$					$H_{T,ia} = 0,61$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10 \text{ } ^\circ\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
entree	7,54	2,17	0,084	1,37	woningscheid.	7,54	2,08	0,387	6,07
				$H_{T,iae} = 1,37$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 6,07$
									$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \Sigma = 3,04$

$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k})$ vloer op zand/wand in grond						
Vlak		$f_{g,z}$	G_w	A_k	U_k	$1,45 \cdot G_w \cdot (A_k \cdot U_{e,k} \cdot f_{g2})$
n.v.t.	1,45					
						$H_{T,ig} = ..0.....$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - -9)$	$\Phi_{T,i} = 363 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 25 \text{ W}$ q_i volgt uit tabel 4.4 en $A_u = \Sigma A_u$; $f_v = 0,984$; $z = 1$ Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) = 0 \text{ W}$ (alle lucht uit woonkamer) q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.3.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (mechanische toevoer)); $\Delta\theta_v = -0,5$ (vloerverwarming). In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 25 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{op} = P \cdot A_{v,i} = 10 \times 7,6 = 76 \text{ W}$ P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie z ($c_{eff} > 35$) en volgt uit tabel 4.9	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - 0,5 \Phi_{vent}$ (waarde $\sum_i \Phi_{hu,i} \geq 0$)	$\Phi_{hu,i} = 76 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 464 \text{ W}$

Vertrek 3: verkeersruimte(entree) met ontwerp binnentemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 19,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ (uit warmtebalans)

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
deur	2,10	1,5	1	3,26	keuken	7,54	2,17	-0,092	-1,51
wand	0,88	0,2	1	0,22	woonkamer	13,00	2,17	-0,092	-2,60
					toilet	7,49	2,17	0,049	0,80
					badkamer	5,24	2,5	-0,056	-0,73
				$H_{T,ie} = 3,48$					$H_{T,ia} = -4,04$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10 \text{ }^\circ\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
trap/overloop	0,85	2,5	-0,032	-0,07	buren	11,82	2,08	0,331	8,14
				$H_{T,iae} = -0,07$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 8,14$
									$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \Sigma = 4,07$

$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k})$ vloer op zand/wand in grond						
Vlak		$f_{g,z}$	G_w	A_k	U_k	$1,45 \cdot G_w \cdot (A_k \cdot U_{e,k} \cdot f_{g2})$
n.v.t.	1,45	0,366	1	6,09	0,17	0,55
						$H_{T,ig} = 0,55 \dots\dots\dots$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (19,4 - -9)$	$\Phi_{T,i} = 114 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 1 \times 0,00010 \times 1200 \times 2,98 \times 0,9 \times 28,4 = 11 \text{ W}$ q_i volgt uit tabel 4.4 en $A_u = \Sigma A_{u,i}$; $f_v = 0,90$; $z = 1$ Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) = 0,007 \times 1200 \times -1,0 = -9 \text{ W}$ (lucht komt van overloop) q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (systeem B of D)); $\Delta\theta_v = -0,5$ (vloerverwarming) In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchtoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 2 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{op} = P \cdot A_{v,i} = 10 \times 6,09 = 61 \text{ W}$ P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie z ($c_{eff} > 35$) en volgt uit tabel 4.9	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - 0,5 \Phi_{vent}$ (waarde $\sum_i \Phi_{hu,i} \geq 0$)	$\Phi_{hu,i} = 61 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 177 \text{ W}$

Vertrek 4: toiletruimte met ontwerpinnentemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 18 \text{ }^\circ\text{C}$

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
raam	0,25	1,5	1	0,39	keuken	1,15	2,5	-0,111	-0,32
wand	2,25	0,2	1	0,56					
				$H_{T,ie} = 0,95$					$H_{T,ia} = -0,32$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10 \text{ }^{\circ}\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
entree	7,49	2,17	-0,052	-0,85	woning scheid.	2,86	2,08	0,296	1,76
				$H_{T,iae} = -0,85$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 1,76$
									$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \Sigma = 0,88$

$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k})$ vloer op zand/wand in grond						
Vlak		$f_{g,z}$	G_w	A_k	U_k	$1,45 \cdot G_w \cdot (A_k \cdot U_{e,k} \cdot f_{g2})$
n.v.t.	1,45					
						$H_{T,ig} = ..0.....$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (18 - -9)$		$\Phi_{T,i} = 18 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 1 \times 0,00010 \times 1200 \times 2,5 \times 0,981 \times 27 = 8 \text{ W}$ q_i volgt uit tabel 4.4 en $A_u = \Sigma A_u$, $f_v = 0,981$; $z = 1$. Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) = 0,007 \times 1200 \times -1,4 = -16 \text{ W}$ (lucht komt van entree) q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak A_{vi} θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (mechanische toevoer)); $\Delta\theta_v = -0,5$ (vloerverwarming) In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$		
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer $\Phi_{V,i}$		$\Phi_{V,i} = -8 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{op} = P \cdot A_{vi} = 10 \times 1,15 = 12 \text{ W}$ P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie z ($c_{eff} > 35$) en volgt uit tabel 4.9		
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - 0,5 \Phi_{vent}$ (waarde $\sum_i \Phi_{hu,i} \geq 0$)		$\Phi_{hu,i} = 12 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren		+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$		$\Phi_{HL,i} = 22 \text{ W}$

Vertrek 5: verblijfsruimte (slaapkamer 1) met ontwerpbinrentemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
raam	1,95	1,5	1	3,02	zolder	10,68	2,5	0,097	2,59
gevel	4,75	0,2	1	1,19	woonkamer	10,68	2,5	-0,032	-0,85
					slaapkamer 2	8,00	2,17	0	0
					slaapkamer 3	6,70	2,17	0	0
				$H_{T,ie} = 4,21$					$H_{T,ia} = 1,74$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10\text{ }^{\circ}\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
overloop	2,20	2,17	0,048	0,23	woningscheid.	10,2	2,08	0,387	8,21
				$H_{T,iae} = -0,23$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 8,21$
								$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \Sigma = 4,06$	

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{\text{equiv,k}} \cdot f_{\text{gw}} \cdot f_{ig,k}) = 0 \text{ verdiepingsvloer}$$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaeBE} + H_{T,ig}) \cdot (22 - -9)$	$\Phi_{T,i} = 318 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 26 \text{ W}$ q_i volgt uit tabel 4.4 en $A_u = \Sigma A_{u,i}$; $f_v = 1$; $z = 1$ Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{\text{vent}} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) = 30 \text{ W}$ q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (mechanische toevoer)); $\Delta\theta_v = 0$ (lt-radiatorenverwarming) In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{\text{vent}}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 56 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{\text{op}} = P \cdot A_{v,i} = 10 \times 10,68 = 107 \text{ W}$ P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie z ($c_{\text{eff}} > 35$) en volgt uit tabel 4.9	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{\text{op}} - 0,5 \Phi_{\text{vent}}$ (waarde $\sum_i \Phi_{hu,i} \geq 0$)	$\Phi_{hu,i} = 92 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 466 \text{ W}$

Vertrek 6: verblijfsruimte (slaapkamer 2) met ontwerpbinrentemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 22^\circ \text{C}$

$$\text{Transmissieberekening: } \Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaeBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
wand	4,18	0,2	1	1,05	zolder	7,01	2,5	0,097	1,70
raam	1,3	1,5	1	2,02	woonkamer	7,01	2,5	-0,032	-0,56
					slaapkamer 1	8,00	2,17	0	0
				$H_{T,ie} = 3,07$					$H_{T,ia} = 1,14$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10 \text{ }^{\circ}\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
overloop	5,48	2,17	0,048	0,60	woningscheid.	8,00	2,08	0,387	6,44
				$H_{T,iae} = -0,60$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 6,44$
								$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \Sigma = 3,22$	

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 0 \text{ verdiepingsvloer}$$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaeBE} + H_{T,ig}) \cdot (22 - -9)$	$\Phi_{T,i} = 248 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 20 \text{ W}$ q_i volgt uit tabel 4.4 en $A_u = \Sigma A_{u,i}$; $f_v = 1$; $z = 1$ Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) = 22 \text{ W}$ q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (mechanische toevoer)); $\Delta\theta_v = 0$ (lt-radiatorenverwarming) In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{v,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer $\Phi_{v,i}$	$\Phi_{v,i} = 42 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{op} = P \cdot A_{v,i} = 10 \times 7,01 = 70 \text{ W}$ P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie z ($c_{eff} > 35$) en volgt uit tabel 4.9	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - 0,5 \Phi_{vent}$ (waarde $\sum_i \Phi_{hu,i} \geq 0$)	$\Phi_{hu,i} = 59 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 349 \text{ W}$

Vertrek 7: verblijfsruimte (slaapkamer 3) met ontwerpbinrentemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\text{Transmissieberekening: } \Phi_{T,i} = \sum_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaeBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
dak	7,91	0,16	1	1,66	zolder	4,85	2,5	0,097	1,18
raam	1	1,5	1	1,55	woonkamer	3,67	2,5	-0,032	-0,29
					keuken	7,60	2,5	-0,032	-0,19
					badkamer	7,26	2,17	0	0
					slaapkamer 1	6,70	2,17	0	0
				$H_{T,ie} = 3,21$					$H_{T,ia} = 0,70$

$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10 \text{ }^{\circ}\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
overloop	2,02	2,17	0,048	0,20	woningscheid.	9,28	2,08	0,387	7,47
				$H_{T,iae} = 0,20$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 7,47$
									$H_{T,iaeBE} = c_z \cdot \Sigma = 3,74$

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 0 \text{ verdiepingsvloer}$$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (22 - -9)$	$\Phi_{T,i} = 230 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 1 \times 0,00010 \times 1200 \times 8,91 \times 31 = 33 \text{ W}$ q_i volgt uit tabel 4.4 en $A_u = \Sigma A_u$; $f_v = 1$; $z = 1$. Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t) = 0,0084 \times 1200 \times 2,6 = 26 \text{ W}$ q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak A_{vl} θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (mechanische toevoer)); $\Delta\theta_v = 0$ (lt-radiatorenverwarming) In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 59 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{op} = P \cdot A_{vl} = 10 \times 8,27 = 83 \text{ W}$ Let op : alleen vloeroppervlak met hoogte > 1,5 meter telt mee P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie z ($c_{eff} > 35$) en volgt uit tabel 4.9	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - 0,5 \Phi_{vent}$ (waarde $\sum_i \Phi_{hu,i} \geq 0$)	$\Phi_{hu,i} = 70 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 359 \text{ W}$

Vertrek 8: badkamer met ontwerpbinnentemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 22^\circ\text{C}$

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \Sigma_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \Sigma_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
dak	7,2	0,16	1	1,51	woonkamer	0,85	2,5	-0,032	-0,07
raam	0,25	1,5	1	0,39	slaapkamer 3	7,26	2,17	0	0
					toilet	1,15	2,5	0,097	0,28
					zolder	3,29	2,5	0,097	0,8
				$H_{T,ie} = 1,90$					$H_{T,ia} = 1,01$

$H_{T,iae} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10^\circ\text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
overloop	5,48	2,17	0,048	0,57	woningscheid.	7,26	2,08	0,387	5,84
entree	5,24	2,5	0,052	0,68					
				$H_{T,iae} = 1,25$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 5,84$
									$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma = 2,92$

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 0 \text{ verdiepingsvloer}$$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (22 - -9)$	$\Phi_{T,i} = 219 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 28 \text{ W}$ q_i volgt uit tabel 4.4 en $A_u = \Sigma A_u$; $f_v = 1$; $z = 1$ Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) = 25 \text{ W}$ q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,l}$ θ_e = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (mechanische toevoer)); $\Delta\theta_v = 0$ (lt-radiatorenverwarming) In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 53 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{op} = P \cdot A_{v,l} = 10 \times 4,73 = 47 \text{ W}$ Let op : alleen vloeroppervlak met hoogte >1,5 meter telt mee P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie z ($c_{eff} > 35$) en volgt uit tabel 4.9	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - 0,5 \Phi_{vent}$ (waarde $\sum_i \Phi_{hu,i} \geq 0$)	$\Phi_{hu,i} = 35 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____ +
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 307 \text{ W}$

Vertrek 9: overloop met ontwerp binnentemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 20,5 \text{ °C}$ (uit warmtebalans)

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \Sigma_k (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,ie} = \Sigma_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
n.v.t.					slaapkamer 1	2,2	2,17	-0,051	-0,24
					slaapkamer 2	5,48	2,17	-0,051	-0,61
					slaapkamer 3	2,02	2,17	-0,051	-0,22
					badkamer	5,48	2,17	-0,051	-0,61
					woonkamer	2,5	2,5	-0,051	-0,32
					zolder	3,27	2,5	-0,017	-0,14
				$H_{T,ie} = 0$					$H_{T,ia} = -2,14$

$H_{T,iae} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10 \text{ °C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
trap/entree	0,85	2,5	0,034	0,07	woningscheid.	4,22	2,08	0,356	3,12
				$H_{T,iae} = 0,07$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 3,12$
									$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma = 1,56$

$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 0$ verdiepingsvloer

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (20,5 - -9)$	$\Phi_{T,i} = -15 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 0 \text{ W}$ (in pandig vetrek) q_i volgt uit tabel 4.4, $A_u = \Sigma A_{u,i}$; $f_v = 1$ en $z = 1$ Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t) = -45 \text{ W}$ (lucht komt uit slaapkamers) q_v volgt uit de richtwaarden uit paragraaf 4.7.2 en het vloeroppervlak $A_{v,i}$ θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (mechanische toevoer)); $\Delta\theta_v = 0$ (lt-radiatorenverwarming). In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = -45 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{op} = P \cdot A_a = 10 \times 3,27 = 33 \text{ W}$ P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie z ($c_{eff} > 35$) en volgt uit tabel 4.9	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - 0,5 \Phi_{vent}$ (waarde $\sum_i \Phi_{hu,i} \geq 0$)	$\Phi_{hu,i} = 33 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = -27 \text{ W}$

Vertrek 10: verblijfsruimte (zolder) met ontwerp binnentemperatuur (zie tabel 2.1) $\theta_i = 22^\circ \text{C}$

Transmissieberekening: $\Phi_{T,i} = \Sigma k (H_{T,je} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e)$

$H_{T,je} = \Sigma_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05))$ (zie paragraaf 4.2)					$H_{T,ia} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.3)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,05)$		A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
dak	20,33	0,16	1	4,27	slaapkamer 1	10,68	2,5	-0,096	-2,56
raam	0,25	1,5	1	0,39	slaapkamer 2	7,01	2,5	-0,096	-1,68
dak	20,58	0,16	1	4,32	slaapkamer 3	4,85	2,5	-0,096	-1,16
					badkamer	3,29	2,5	-0,096	-0,79
				$H_{T,je} = 8,98$					$H_{T,ia} = -6,20$

$H_{T,iae} = \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k)$ (zie paragraaf 4.4)					$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k})$ (zie paragraaf 4.5)				
	A_k	U_k	f_k	$A_k \cdot U_k \cdot f_k$	$(\theta_b = 10^\circ \text{C})$	A_k	U_k	$f_{ia,k}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}$
overloop	3,27	2,5	0,016	0,13	woningscheid.	10,73	2,08	0,387	8,64
					woningscheid.	10,73	2,08	0,387	8,64
				$H_{T,iae} = 0,13$	$c_z = 0,5$				$\Sigma = 17,28$
									$H_{T,iaBE} = c_z \cdot \Sigma = 8,64$

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 0 \text{ verdiepingsvloer}$$

Het totale transmissiewarmteverlies $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iae} + H_{T,ig}) \cdot (22 - -9)$	$\Phi_{T,i} = 357 \text{ W}$
Warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding Infiltratie (zie paragraaf 4.7.1): $\Phi_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 77 \text{ W}$ q_i volgt uit tabel 4.4 en $A_u = \Sigma A_u$, $f_v = 1$; $z = 0,5$ Ventilatie (zie paragraaf 4.7.2): $\Phi_{vent} = q_{v1} \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t) + q_{v2} \cdot 1200 \cdot (\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t) = 45 \text{ W}$ q_{v1} is de overstroom uit VG2 en q_{v2} wordt rechtstreeks toegevoerd door de unit θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (buitentemperatuur (natuurlijke toevoer) of temperatuur na WTW of voorverwarmer (mechanische toevoer)); $\Delta\theta_v = 0$ (lt-radiatorenverwarming) In rekening te brengen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer: Mechanische toevoer van ventilatielucht: $\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{vent}$	
Het warmteverlies t.g.v. buitenluchttoevoer $\Phi_{V,i}$	$\Phi_{V,i} = 122 \text{ W}$
Toeslag voor bedrijfsbeperking Wijze van regelen: Regeling per vertrek (zie paragraaf 4.8.1): $\Phi_{op} = P \cdot A_a = 10 \times 12,20 = 122 \text{ W}$ P is afhankelijk van de afkoeling (1,5 K) en de toegestane opwarmtijd (2 uur), categorie z ($c_{eff} > 35$) en volgt uit tabel 4.9	
Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking: $\sum_i \Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - 0,5 \Phi_{vent}$ (waarde $\sum_i \Phi_{hu,i} \geq 0$)	$\Phi_{hu,i} = 100 \text{ W}$
Totaal in het vertrek te installeren	_____+
$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i} = 580 \text{ W}$

De warmtebehoeften per vertrek zijn nu bepaald.

Wat nog rest is het bepalen van de grootte van de warmteopwekker.

Uit paragraaf 5.1 volgt:

$$\Phi_{source} = \sum_i [\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,ig}] + \Phi_{Ven} + \sum_i \Phi_{hu,i} + \sum_i \Phi_{add,i} - \sum_i \Phi_{gain,i} \quad [W]$$

$$\Phi_{T,ie} = (8,38 + 6,68 + 4,21 + 3,07 + 3,21 + 8,98) \times 31 + 3,48 \times 28,4 + 0,95 \times 27 + 1,90 \times 31 = 1254 \text{ W}$$

$$\Phi_{T,iae} = (2,60 + 1,37 + 0,23 + 0,60 + 0,20 + 0,13) \times 31 - 0,07 \times 28,4 - 0,85 \times 27 + 1,25 \times 31 + 0,07 \times 29,5 = 144 \text{ W}$$

$$\Phi_{T,iae} = (9,32 + 3,04 + 4,06 + 3,22 + 3,74 + 8,64) \times 31 + 4,07 \times 28,4 + 0,88 \times 27 + 2,92 \times 31 + 1,56 \times 29,5 = 1269 \text{ W}$$

$$\Phi_{T,ig} = 0 \text{ (vloerverwarming dus geen warmteverlies door vloer; wel afgifte naar beneden zie } \Phi_{add,i})$$

$$\Phi_{V,i} = 117 + 25 - 8 + 2 + 56 + 42 + 59 + 53 - 45 + 122 = 423 \text{ W}$$

$$\Phi_{hu,i} = 240 + 76 + 61 + 12 + 92 + 59 + 70 + 35 + 33 + 100 = 778 \text{ W}$$

$$\text{Uit 5.1 volgt: } \Phi_{verlies} = 0,15 \cdot \Phi_{HL,room} \text{ dus } \Phi_{add,i} = 0,15 \times (1185 + 526 + 220 + 30) = 294 \text{ W}$$

$$\text{Het totaal te installeren vermogen is } 1254 + 144 + 1269 + 0 + 423 + 778 + 294 = 4162 \text{ W}$$

Bijlage A Vraagspecificatie

Algemene gegevens	1.	Project		
	2.	Plaats		
	3.	Contactpersoon		
	4.	Offerte nr.		
	5.	Datum		
Bouwkundige bepalingen	6.	Woning/woongebouw voldoet aan nieuwbouweisen van Bouwbesluit	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nee	
		Indien 'Nee', bouwjaar/renovatiejaar		
Bepaling transmissiewarmteverlies (Φ_t)	7.	Ontwerp binnentemperaturen	Verblijfsruimte	<input type="radio"/> 20 °C <input type="radio"/> 21 °C <input type="radio"/> 22 °C <input type="text"/> °C
			Verblijfsgebieden	<input type="radio"/> 20 °C <input type="radio"/> 21 °C <input type="radio"/> 22 °C <input type="text"/> °C
			Toiletruimte	<input type="radio"/> 15 °C <input type="radio"/> 16 °C <input type="radio"/> 18 °C <input type="text"/> °C
			Badruimte	<input type="radio"/> 22 °C <input type="radio"/> 24 °C <input type="text"/> °C
			Verkeersruimte	<input type="radio"/> 16 °C <input type="radio"/> 18 °C <input type="radio"/> 20 °C <input type="text"/> °C
			Berg- of stallingruimten	<input type="radio"/> 5 °C <input type="text"/> °C
	8.	Verwarmingssysteem (i.v.m. temperatuurgelaagdheid)	<input type="radio"/> Radiatoren/convectoren (ht) <input type="radio"/> Radiatoren/convectoren (lt) <input type="radio"/> Vloerverwarming (hoofdverwarming) <input type="radio"/> Vloerverwarming (basisverwarming) <input type="radio"/> Luchtverwarming (ht) <input type="radio"/> Luchtverwarming (lt) <input type="radio"/> Wandverwarming (hoofdverwarming) <input type="radio"/> Wandverwarming (basisverwarming) <input type="radio"/> Lokale verwarming <input type="radio"/> Plintverwarming <input type="radio"/> Plafondverwarming <input type="radio"/> Ventilatorgedreven convectoren/radiatoren	

	9.	Zekerheidsklasse verlies naar aangrenzend pand	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D	
	10.	BG-vloer (= 1e bouwlaag)	<input type="radio"/> Vloer boven kruipruimte <input type="radio"/> Vloer direct op zand <input type="radio"/> Vloer boven berging e.d.	
		Bij keuze 'Vloer direct op zand'	Grondwaterdiepte > 1 m	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nee
Bepaling ventilatiewarmteverlies (Φ_v)	11.	Indien luchtdichtheid voldoet aan nieuwbouweisen Bouwbesluit: $q_{v,10,kar}$	<input type="radio"/> 0,3 <input type="radio"/> 0,5 <input type="radio"/> 1,0 <input type="radio"/> 1,5 <input type="radio"/> _____	
	12.	Ventilatiesysteem	<input type="radio"/> Systeem A: nat. toevoer, natuurlijke afvoer <input type="radio"/> Systeem C: nat. toevoer, centrale mechanische afvoer <input type="radio"/> Systeem C variant 1: nat. toevoer, mechanische afvoer per vertrek <input type="radio"/> Systeem B: mech. toevoer, natuurlijke luchtafvoer <input type="radio"/> Systeem D: mech. toevoer, mech. afvoer <input type="radio"/> Systeem E: lokaal systeem D, rest van de woning systeem C	
		Bij keuze 'Systeem B of D'	Voorverwarming	<input type="radio"/> Ja, tot _____ °C <input type="radio"/> Nee
			WTW toegepast	<input type="radio"/> Ja, rendement _____ % <input type="radio"/> Nee
			Vraagsturing	<input type="radio"/> Met kwaliteitsverklaring <input type="radio"/> Zonder kwaliteitsverklaring
Bepaling toeslag voor bedrijfsbeperking (Φ_o)	13.	Vorstbeveiliging systemen met WTW bij	<input type="radio"/> Vorstbeveiliging door voorverwarmen buitenlucht <input type="radio"/> Vorstbeveiliging door onbalans toe- en afvoer <input type="radio"/> Type vorstbeveiliging onbekend	
	14.	Type woning	Laagbouw	<input type="radio"/> Rijtjes tussenwoning <input type="radio"/> Rijtjes hoekwoning <input type="radio"/> Geschakeld <input type="radio"/> Vrijstaand
			Meerlaagse bouw	<input type="radio"/> Bovenwoning <input type="radio"/> Kopwoning <input type="radio"/> Eindwoning
	15.	Bedrijfswijze	<input type="radio"/> Nachtverlaging gedurende max. 8 uur <input type="radio"/> Continuebedrijf (ga naar 19)	
	16.	Opwarmtijd	<input type="radio"/> 4 uur <input type="radio"/> 3 uur <input type="radio"/> 2 uur ¹⁾ <input type="radio"/> 1 uur	
	17.	Max. optredende afkoeling voldoet aan nieuwbouweisen Bouwbesluit	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nee	

		Indien 'Nee'	<input type="radio"/> 1 K <input type="radio"/> 2 K <input type="radio"/> 3 K <input type="radio"/> 4 K
	18.	Temperatuurregeling	<input type="radio"/> Regeling per vertrek <input type="radio"/> Adaptieve regelaar <input type="radio"/> Ruimtethermostaat, regeling vanuit _____
Bepaling warmteopwekker c.q. bijdrage aan collectieve opwekker	19.	Warmtevoorziening	<input type="radio"/> Individueel <input type="radio"/> Collectief _____
	20.	Leidingen of luchtkanalen door onverwarmde ruimten	<input type="radio"/> Nee <input type="radio"/> Ja, isolatiedikte leiding/kanaal _____mm
	21.	Warmtapwaterbereiding	<input type="radio"/> Met apart toestel <input type="radio"/> Doorstroom combi-toestel <input type="radio"/> Overig
1) Defaultwaarde; in overleg met opdrachtgever eventueel te wijzigen.			

Bijlage B Verschillen met NEN-EN 12831-1 en ISO-publicatie 51 (2012)

B.1 Verschillen met NEN-EN 12831-1

ISO-publicatie 51 is conform NEN-EN 12831. De notatiewijze van de symbolen en indices is aangehouden.

NEN-EN 12831-1 kent een drietal berekeningsmethoden:

1. Standaardmethode voor het op te stellen vermogen van ruimten, gebouwen en delen van gebouwen;
2. Vereenvoudigde methode voor benodigd vermogen van een ruimte;
3. Vereenvoudigde methode voor schilberekening.

De eerste en de derde berekeningsmethode zijn in ISO-publicatie 51 opgenomen. De vereenvoudigde berekening is niet opgenomen omdat die voor de Nederlandse situatie niet of nauwelijks van toepassing is.

Met name bij de berekening van het warmteverlies door buitenluchttoetreding wordt op een aantal punten licht afgeweken van NEN-EN 12831-1:

1. Voor de berekening van het warmteverlies door infiltratie wordt in NEN-EN 12831-1 uitgegaan van de $q_{v,50}$ -waarden. Deze worden in Nederland niet toegepast. De hier toegepaste methode is daarom gebaseerd op de in Nederland gehanteerde $q_{v,10}$ -waarden;
2. Bepaling van het warmteverlies door ventilatie is aangepast aan de in Nederland toegepaste ventilatiesystemen;
3. Voor luchtverwarming, radiatoren/convectorenverwarming wordt, ook in vertrekken met een hoogte van minder dan 4 meter, gerekend met een temperatuurgradiënt;
4. In ISO-publicatie 51 is de berekening afhankelijk van het gekozen verwarmingssysteem;
5. Toeslag voor bedrijfsbeperking wordt gedetailleerder bepaald: een toeslag op basis van vierkante meters accumulerend oppervlak i.p.v. een kental per vierkante meter vloeroppervlak.

Aanvullingen die de ISO-publicatie 51 bevat en die niet in NEN-EN 12831 voorkomen:

1. Het geven van een schilmethode voor globale berekeningen;
2. Het bepalen van de bijdrage aan een collectieve warmteopwekker;
3. Het geven van een vraagspecificatie.

B.2 Verschillen met de ISO-publicatie 51 uit 2012

Globaal gezien is de methode niet veel veranderd. De belangrijkste veranderingen zijn:

1. Aangepaste berekening van de ontwerp buitentemperatuur. Deze is nu afhankelijk van de tijdconstante van de woning/het woongebouw;
2. Symbolen en indices zijn aangepast aan die in NEN-EN 12831;
3. Voor het bepalen van de U-waarde wordt nu verwezen naar NEN 1068 en/of het ISO-kleintje U- en R_c -waarden;
4. De methode voor het bepalen van de equivalente U-waarde van begane grondvloeren is aangepast;
5. De werkbladen voor een handmatige berekening zijn vervallen;
6. Toeslagen voor bedrijfsbeperking zijn iets aangepast. Zijn nu conform NEN-EN 12831-1;
7. De berekening van de bepaling van het vermogen van de warmteopwekker is gegeven in formules i.p.v. schema's en is daardoor veel compacter geworden.

Bijlage C Berekening van de opbrengst van warmteterugwinning

De toevoertemperatuur na de warmtewisselaar volgt uit:

$$\theta_t = \eta_\theta \cdot (\theta_r - \theta_e) + \theta_e \quad [^\circ\text{C}] \quad (\text{C.1})$$

Waarin:

θ_t = toevoertemperatuur ventilatielucht (= temperatuur na WTW) [$^\circ\text{C}$]

η_θ = temperatuurrendement warmteterugwinapparaat (zie opmerking 1) [-]

θ_r = gemiddelde retourtemperatuur; indien deze niet bekend is, is deze gelijk aan de ontwerpbinrentemperatuur die voor het overgrote deel van de woning van toepassing is [$^\circ\text{C}$]

θ_e = toevoertemperatuur aan de WTW-unit (zie opmerking 2) [$^\circ\text{C}$]

Opmerking 1:

Voor het in rekening te brengen temperatuurrendement η_θ wordt onderscheid gemaakt in de volgende manieren van vorstbeveiliging van de WTW:

1. De toevoerlucht (buitenlucht) wordt voorverwarmd zodat er geen bevriezing optreedt (er wordt geen aftoeren van ventilatoren of recirculatie toegepast): het rendement van de WTW wordt normaal in rekening gebracht. De toevoertemperatuur θ_e is de temperatuur na voorverwarming van de buitenlucht;
2. De toevoerlucht wordt vermengd met een deel van de binnenlucht zodat geen bevriezing optreedt (aftoeren van ventilatoren vindt niet plaats): het rendement van de WTW wordt normaal in rekening gebracht. De toevoertemperatuur θ_e is gelijk aan de ontwerpbutentemperatuur (= -10°C);
3. Men gaat toevoerventilatoren aftoeren of tijdelijk uitschakelen en er ontstaat een onbalans in toe- en afvoer: bij deze systemen komt een extra deel koude lucht binnen t.g.v. infiltratie die met het verwarmingssyteem opgewarmd moet worden van -10 tot vertrektemperatuur. Het rendement van de WTW mag voor de warmteverliesberekening niet meegerekend worden ($\eta_\theta = 0$)!;
4. Men gaat (tijdelijk) de afvoerventilatoren gaat optoeren om bevriezing te voorkomen/beperken. Hierdoor ontstaat een onbalans in het systeem en komt een extra deel koude lucht binnen t.g.v. infiltratie die met het verwarmingssyteem opgewarmd moet worden van -10 tot vertrektemperatuur. Het rendement van de WTW mag voor de warmteverliesberekening niet meegerekend worden ($\eta_\theta = 0$)!

Opmerking 2: In het algemeen is dat de buitentemperatuur. Het is echter ook mogelijk dat de buitenlucht voorverwarmd is zodat de unit niet dichtvriest bij zeer lage buitentemperaturen.

Tabel C.1 Warmtewinst [W] t.g.v. WTW per m^3/h voor verschillende WTW-rendementen en verschillende retourtemperaturen (rechtlijnige interpolatie is toegestaan)

θ_r	η_θ									
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
17,00	4,50	4,95	5,40	5,85	6,30	6,75	7,20	7,65	8,10	8,55
17,25	4,54	5,00	5,45	5,90	6,36	6,81	7,27	7,72	8,18	8,63
17,50	4,58	5,04	5,50	5,96	6,42	6,88	7,33	7,79	8,25	8,71
17,75	4,63	5,09	5,55	6,01	6,48	6,94	7,40	7,86	8,33	8,79
18,00	4,67	5,13	5,60	6,07	6,53	7,00	7,47	7,93	8,40	8,87
18,25	4,71	5,18	5,65	6,12	6,59	7,06	7,53	8,00	8,48	8,95
18,50	4,75	5,23	5,70	6,18	6,65	7,13	7,60	8,08	8,55	9,03
18,75	4,79	5,27	5,75	6,23	6,71	7,19	7,67	8,15	8,63	9,10
19,00	4,83	5,32	5,80	6,28	6,77	7,25	7,73	8,22	8,70	9,18
19,25	4,88	5,36	5,85	6,34	6,83	7,31	7,80	8,29	8,78	9,26
19,50	4,92	5,41	5,90	6,39	6,88	7,38	7,87	8,36	8,85	9,34
19,75	4,96	5,45	5,95	6,45	6,94	7,44	7,93	8,43	8,93	9,42
20,00	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50
20,25	5,04	5,55	6,05	6,55	7,06	7,56	8,07	8,57	9,08	9,58
20,50	5,08	5,59	6,10	6,61	7,12	7,63	8,13	8,64	9,15	9,66
20,75	5,13	5,64	6,15	6,66	7,18	7,69	8,20	8,71	9,23	9,74
21,00	5,17	5,68	6,20	6,72	7,23	7,75	8,27	8,78	9,30	9,82
21,25	5,21	5,73	6,25	6,77	7,29	7,81	8,33	8,85	9,38	9,90
21,50	5,25	5,78	6,30	6,83	7,35	7,88	8,40	8,93	9,45	9,98
21,75	5,29	5,82	6,35	6,88	7,41	7,94	8,47	9,00	9,53	10,05
22,00	5,33	5,87	6,40	6,93	7,47	8,00	8,53	9,07	9,60	10,13

Bijvoorbeeld:

De warmtewinst Φ_{winst} t.g.v. warmteterugwinning bij een systeem met 200 m³/h bij een retourtemperatuur van 20,5 °C en een WTW-rendement van 0,7 bedraagt dus: $\Phi_{\text{winst}} = 200 \times 7,12 = 1424$ Watt.

Bijlage D Berekening van leiding- of kanaalverliezen in onverwarmde ruimten

De methode voor het bepalen van de verliezen van leidingen door onverwarmde ruimten is gegeven in deel D.1.

De afkoeling van lucht in kanalen door onverwarmde ruimten is gegeven in deel D.2.

D.1 Berekening van de leidingverliezen in onverwarmde ruimten

De leidingverliezen in onverwarmde ruimten (bijvoorbeeld kruipruimten) zijn sterk afhankelijk van de gemiddelde mediumtemperatuur en de mate van isolatie van de leidingen. Voor het bepalen van de optimale dikte van isolatie wordt verwezen naar ISSO-publicatie 25.

Het warmteverlies per meter leiding volgt uit:

$$\varphi = q_c + q_s \quad [W/m] \quad (D.1)$$

Met:

$$q_s = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon_s \cdot (T_{is}^4 - T_a^4) \cdot \pi \cdot (d_b + 2s) \quad [W/m] \quad (D.2)$$

$$q_c = 1,35 \cdot \frac{(\theta_s - \theta_a)^{1,25}}{(d_b + 2s)^{0,25}} \cdot \pi \cdot (d_b + 2s) \quad [W/m] \quad (D.3)$$

Met:

$$\theta_{is} = \theta_{bs} - \frac{q_s + q_c}{2\pi \cdot \lambda} \cdot \ln\left(1 + \frac{2s}{d_b}\right) \quad [^\circ C] \quad (D.4)$$

Waarin:

φ	=	warmteverlies per meter leidinglengte	[W/m]
T_a	=	omgevingstemperatuur	[K]
T_i	=	oppervlaktetemperatuur isolatie	[K]
λ	=	warmtegeleiding van het isolatiemateriaal	[W/(m·K)]
d	=	uitwendige leidingdiameter	[m]
q_c	=	warmteverlies per meter door convectie	[W/m]
q_s	=	warmteverlies per meter door straling	[W/m]
s	=	isolatiedikte	[m]
ε_s	=	emissiefactor van isolatieoppervlak	[-]
θ_{bs}	=	gemiddelde mediumtemperatuur	[°C]
θ_a	=	ontwerpbinnentemperatuur	[°C]
θ_{is}	=	oppervlaktetemperatuur isolatie	[°C]

Voor dunwandige CV-buizen en dikwandige gelaste buizen zijn voor verschillende warmtegeleidingscoëfficiënten en isolatiedikten tabellen opgenomen met het warmteverlies per meter leiding bij een mediumtemperatuur van 80 °C. Uitgegaan is van een $\varepsilon_s = 0,5$.

Het totale warmteverlies:

$$\Phi_{\text{verlies}} = \varphi \cdot l \quad [W] \quad (D.5)$$

Waarin:

φ = warmteverlies per meter leiding bij de gemiddelde mediumtemperatuur [W/m]
 l = totale lengte (in onverwarmde ruimte) [m]

Tabellen ter indicatie:

Warmteverlies φ per meter leidinglengte bij een gemiddelde mediumtemperatuur van 80 °C en 50 °C.
 λ dikte : zowel de λ als de dikte hebben alleen betrekking op het isolatiemateriaal.

Dunwandige CV-buis

Buisdiameter: 15 mm

Omgevingstemperatuur 5 °C

Tabel D.1 Warmteverlies per meter ongeïsoleerde buis: 52,6 W bij 80 °C watertemperatuur

λ \ dikte	Watertemperatuur 80 °C					Watertemperatuur 50 °C				
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
0,030	13,5	9,7	8,2	7,2	6,6	8,0	5,8	4,9	4,3	4,0
0,035	15,4	11,2	9,4	8,4	7,7	9,1	6,7	5,6	5,0	4,6
0,040	17,1	12,6	10,7	9,5	8,7	10,1	7,5	6,4	5,7	5,2
0,045	18,8	14,0	11,9	10,6	9,8	11,0	8,3	7,1	6,3	5,8
0,050	20,4	15,4	13,1	11,7	10,8	12,0	9,1	7,8	7,0	6,4
0,055	22,0	16,7	14,2	12,8	11,8	12,8	9,9	8,5	7,6	7,1
0,060	23,4	18,0	15,4	13,9	12,8	13,7	10,6	9,2	8,3	7,6

Omgevingstemperatuur 10 °C

Tabel D.2 Warmteverlies per meter ongeïsoleerde buis: 48,7 W bij 80 °C watertemperatuur

λ \ dikte	Watertemperatuur 80 °C					Watertemperatuur 50 °C				
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
0,030	12,6	9,1	7,6	6,8	6,2	7,1	5,2	4,3	3,8	3,5
0,035	14,4	10,5	8,8	7,8	7,2	8,0	5,9	5,0	4,5	4,1
0,040	16,0	11,8	10,0	8,9	8,2	8,9	6,7	5,6	5,0	4,6
0,045	17,6	13,1	11,1	9,9	9,1	9,8	7,4	6,3	5,6	5,2
0,050	19,1	14,3	12,2	10,9	10,1	10,6	8,1	6,9	6,2	5,7
0,055	20,5	15,6	13,3	12,0	11,0	11,4	8,8	7,5	6,8	6,3
0,060	21,9	16,8	14,4	12,9	12,0	12,1	9,4	8,1	7,3	6,8

Buisdiameter 22 mm

Omgevingstemperatuur 5 °C

Tabel D.3 Warmteverlies per meter ongeïsoleerde buis: 71,8 W bij 80 °C watertemperatuur

	Watertemperatuur 80 °C					Watertemperatuur 50 °C				
λ \dikte	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
0,030	17,4	12,1	9,9	8,7	7,9	10,2	7,2	5,9	5,2	4,7
0,035	19,7	13,9	11,4	10,0	9,1	11,6	8,2	6,8	6,0	5,4
0,040	21,9	15,6	12,9	11,4	10,3	12,8	9,3	7,7	6,8	6,2
0,045	24,0	17,3	14,4	12,7	11,5	14,0	10,2	8,5	7,6	6,9
0,050	26,0	18,9	15,8	14,0	12,7	15,2	11,2	9,4	8,3	7,6
0,055	27,9	20,5	17,2	15,2	13,9	16,3	12,1	10,2	9,1	8,3
0,060	29,7	22,1	18,6	16,5	15,1	17,3	13,0	11,0	9,8	9,0

Omgevingstemperatuur 10 °C

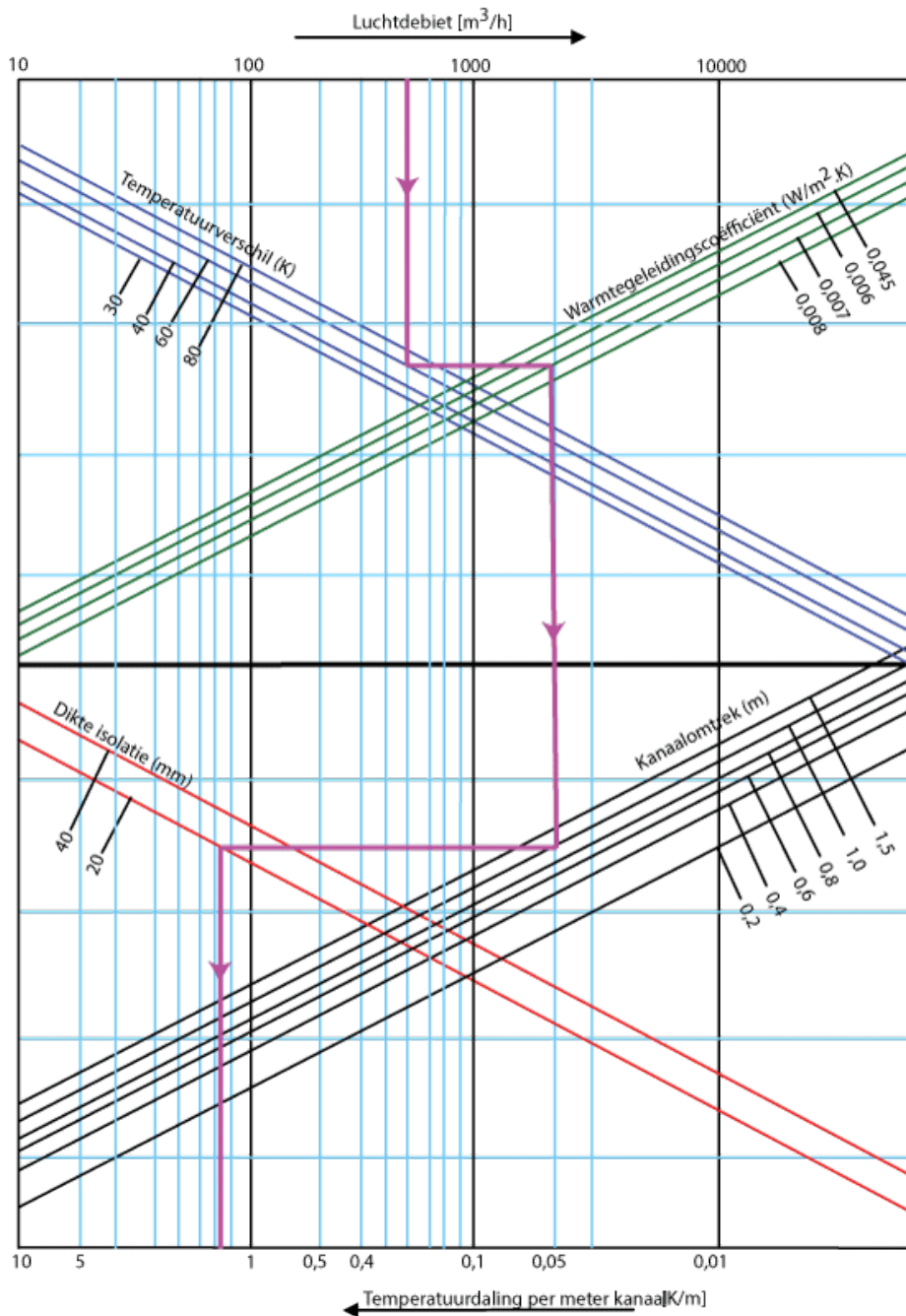
Tabel D.4 Warmteverlies per meter ongeïsoleerde buis: 66,6 W bij 80 °C watertemperatuur.

	Watertemperatuur 80 °C					Watertemperatuur 50 °C				
λ \dikte	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
0,030	16,2	11,3	9,2	8,1	7,3	9,1	6,4	5,2	4,6	4,2
0,035	18,4	12,9	10,7	9,4	8,5	10,3	7,3	6,0	5,3	4,8
0,040	20,4	14,6	12,1	10,6	9,6	11,4	8,2	6,8	6,0	5,5
0,045	22,4	16,1	13,4	11,8	10,8	12,5	9,1	7,6	6,7	6,1
0,050	24,3	17,7	14,8	13,0	11,9	13,5	9,9	8,3	7,4	6,8
0,055	26,0	19,2	16,1	14,2	13,0	14,4	10,8	9,1	8,1	7,4
0,060	27,7	20,6	17,4	15,4	14,1	15,3	11,6	9,8	8,7	8,0

D.2 Berekening van de kanaalverliezen in onverwarmde ruimten

De berekening is gebaseerd op de methode als gegeven in ISSO-publicatie 58 [3].

De afkoeling van de lucht in ronde kanalen wordt afgelezen uit het nomogram van afbeelding D.1.



Afb. D.1 Nomogram ter indicatie temperatuurdaling

Voorbeeld

Lucht volumestroom: $400 \text{ m}^3/\text{h}$

Temperatuurverschil warme lucht - omgeving: 60 K

Warmtegeleidingscoëfficiënt kanaalisolatie: $0,045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Isolatie dikte: 40 mm

Kanaalomtrek buitenzijde: 1,0 m

Uit het nomogram volgt een temperatuurdaling per meter kanaal van $0,44 \text{ K}/\text{m}$.

Bijlage E U-waarde bepaling

Indien de warmteweerstand van een constructie (R_c) bekend is moet de U-waarde berekend worden uit de R_c -waarde met behulp van formule (E.2) voor constructies grenzend aan de buitenlucht of formule (E.3) voor constructies die niet grenzen aan de buitenlucht. De U-waarde voor nieuwe materialen behoeft een correctie voor praktisch gebruik (invloed van bevestigingsmiddelen, veroudering, vocht, vervuiling etc.):

$$U_c = U_T + \Delta_U \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (E.1)$$

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_c + R_e} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (E.2)$$

of

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_c + R_i} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (E.3)$$

Waarin:

R_i	= warmteovergangswaarde aan het binnenoppervlak = 0,13	$[m^2 \cdot K/W]$
R_c	= warmteweerstand van de constructie	$[m^2 \cdot K/W]$
R_e	= warmteovergangswaarde aan het buitenoppervlak = 0,04	$[m^2 \cdot K/W]$
R_T	= totale warmteovergangswaarde	$[m^2 \cdot K/W]$
U_c	= warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie	$[W/(m^2 \cdot K)]$
U_T	= warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie zonder correctie	$[W/(m^2 \cdot K)]$
ΔU	= toeslagfactor voor eventuele convectie, bevestigingsmiddelen, omgekeerde daken en bouwkwaleiteit	$[W/(m^2 \cdot K)]$

Opmerking: Bij NEN 1068 [7] is bij vloeren en plafonds binnen de uitwendige scheidingsconstructie de waarde van R_i afhankelijk van de richting van de warmtestroom 0,10, 0,13 of 0,17. Bij de warmteverliesberekening wordt uitgegaan van 0,13 ongeacht de richting van de warmtestroom.

Toeslagfactor ΔU

De toeslagfactor ΔU volgt uit:

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (E.4)$$

Waarin:

ΔU_a	= toeslagfactor voor convectie	$[W/(m^2 \cdot K)]$
ΔU_{fa}	= toeslagfactor voor bevestigingshulpmiddelen	$[W/(m^2 \cdot K)]$
ΔU_r	= toeslagfactor voor een omgekeerd dak (indien van toepassing)	$[W/(m^2 \cdot K)]$
ΔU_w	= toeslagfactor voor de bouwkwaleiteit	$[W/(m^2 \cdot K)]$

Hieronder wordt nader ingegaan op de verschillende factoren en hun bepalingsmethode.

Toeslagfactor voor convectie ΔU_a

De toeslagfactor voor convectie ΔU_a volgt uit:

$$\Delta U_a = \Delta U_T \cdot \left(\frac{R_i}{R_T} \right)^2 \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (E.5)$$

Waarin:

R_1 = warmteweerstand van de isolatielaag die de luchtopeningen bevat	$[m^2 \cdot K / W]$
R_T = warmteweerstand van de totale constructie (met verwaarlozing van eventuele thermische bruggen) zie bovenstaande formules	$[m^2 \cdot K / W]$
$\Delta_{U''}$ = correctiefactor voor convectie:	$[W / (m^2 \cdot K)]$
= 0,00: isolatie is zo aangebracht dat aan de warme zijde geen convectie plaatsvindt of er geen isolatie is	
= 0,04 (situaties waarbij de isolatie zo is aangebracht dat luchtholten de isolatielaag doorbreken en waarbij aan de warme zijde van de isolatie luchtcirculatie mogelijk is)	
= 0,01 in de overige gevallen	

Toeslagfactor voor bevestigingshulpmiddelen ΔU_{fa}

De toeslagfactor voor bevestigingshulpmiddelen ΔU_{fa} volgt uit:

$$\Delta U_{fa} = \alpha_{fa} \cdot \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (E.6)$$

Waarin:

R_1 = warmteweerstand van de isolatielaag die wordt doorbroken door de bevestigingsmiddelen (bepaald zonder invloed van de bevestigingsmiddelen)	$[m^2 \cdot K / W]$
R_T = warmteweerstand van de totale constructie zonder correctie op de U-waarde	$[m^2 \cdot K / W]$
α_{fa} = correctiefactor voor de bevestigingshulpmiddelen	$[m^2 \cdot K / W]$

$$\alpha_{fa} = 0,8 \cdot \frac{d_{fa}}{d_{iso}} \cdot \frac{n_{fa} \cdot \lambda_{fa} \cdot A_{fa}}{d_{iso}} \quad [-] \quad (E.7)$$

Waarin:

A_{fa} = de netto oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de puntvormige doorvoering van het bevestigingsmiddel	$[m^2]$
d_{iso} = de indringingsdiepte van het bevestigingsmiddel in de isolatie	$[m]$
d_{fa} = de dikte van de isolatielaag	$[m]$
n_{fa} = aantal bevestigingsmiddelen per m^2 in de isolatielaag	$[m^{-2}]$
λ_{fa} = warmtegeleidingscoëfficiënt van de bevestigingsmiddelen	$[W / (m \cdot K)]$

Indien geen bevestigingsmiddelen in/door de isolatie zijn toegepast geldt: $\Delta U_{fa} = 0$.

Toeslagfactor voor omgekeerd dak ΔU_r

Indien geen omgekeerd dak is toegepast geldt: $\Delta U_r = 0$.

De toeslagfactor ΔU_r voor een omgekeerd dak waarbij de neerslag onder de isolatie over een waterdicht membraan wordt afgevoerd volgt uit:

$$\Delta U_r = p \cdot f_x \cdot \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad [W / (m \cdot K)] \quad (E.8)$$

Waarin:

R_1 = warmteweerstand van de isolatielaag van het omgekeerde dak	$[m^2 \cdot K / W]$
R_t = warmteweerstand van de totale constructie zonder correctie op de U-waarde	$[m^2 \cdot K / W]$
p = gemiddelde neerslaghoeveelheid per dag (= 2,105 mm per dag)	$[mm / dag]$
f_x = gecombineerde invloed van de mate van drainage van het omgekeerde-dak-systeem	$[W \cdot dag / (m^2 \cdot K \cdot mm)]$

Voor de waarde van f_x geldt:

- a. In geval van toepassing van een geëxtrudeerd polystyreenschuim (XPS):
 1. Bij toepassing van een tuindak: $f_x = 0,02$;
 2. Voor platen voorzien van een randafwerking (bijv. tand/groef of sponning): $f_x = 0,03$;

3. Bij een omgekeerd dak indien de neerslag door een damp-open en waterdichte scheidingslaag over de isolatie gecontroleerd wordt afgevoerd: $f_x = 0,01$.
 b. In geval van een ander isolatiemateriaal dan XPS: $f_x = 0,05$.

Toeslagfactor voor bouwkwaliteit ΔU_w

De toeslagfactor voor bouwkwaliteit ΔU_w volgt voor de Nederlandse situatie uit:

$$\Delta U_w = 0,05 \cdot U_T \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (E.9)$$

Indien cellulair glas is toegepast geldt: $\Delta U_w = 0$.

Waarin:

$$U_T = \text{warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie zonder correctie} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Warmteweerstand van afzonderlijke constructiedelen

De warmteweerstand R_c volgt uit:

$$R_c = \frac{\sum R_m + R_i + R_e}{1 + \beta} - R_i - R_e \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (E.10)$$

Met:

$$\sum R_m = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (E.11)$$

$$\beta = R_T \cdot \Delta U \quad [-] \quad (E.12)$$

$$R_T = R_i + R_e + \sum_i R_m \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (E.13)$$

Waarin:

d_n	= dikte van laag met nummer n	[m]
R_c	= warmteweerstand van de constructie	[m ² ·K/W]
R_e	= warmteovergangswaarde aan het buitenoppervlak	[m ² ·K/W]
R_i	= warmteovergangswaarde aan het binnenoppervlak (= 0,13)	[m ² ·K/W]
R_m	= warmteweerstand per laag	[m ² ·K/W]
R_T	= totale warmteweerstand van de constructie met verwaarlozing van thermische bruggen	[m ² ·K/W]
λ_n	= warmtegeleidingscoëfficiënt van laag met nummer n	[W/(m·K)]
ΔU	= toeslagfactor voor eventuele convectie, bevestigingsmiddelen, omgekeerde daken en bouwkwaliteit	[W/(m ² ·K)]

De waarde van λ

De door de leveranciers gegeven λ -waarden moeten voor praktijksituaties t.g.v. vocht, veroudering en convectieve invloeden gecorrigeerd worden. De methode van corrigeren is afhankelijk van het type materiaal. Voor de warmteverliesberekening wordt waar mogelijk de forfaitaire methode van NEN 1068 gevolgd.

a) Isolatiemateriaal en reflecterende folies

$$\lambda = \lambda_D \cdot F_T \cdot F_M \cdot F_A \cdot F_{conv} \quad [W/(m \cdot K)] \quad (E.14)$$

Waarin:

λ_D	= door de leverancier opgegeven λ -waarde	[W/(m·K)]
F_T	= conversiefactor voor temperatuur	[-]
F_M	= conversiefactor voor vochtinvloeden	[-]
F_A	= conversiefactor voor veroudering	[-]
F_{conv}	= correctiefactor voor de invloed van convectie	[-]

Conversiefactor voor temperatuur F_T :
 $F_T = 1$ tenzij het een koelhuis betreft.
 Voor koelhuizen zie C.1.2.1. van NEN 1068.

Conversiefactor voor vochtinvloeden F_M :
 $F_M = 1$ tenzij omgekeerd dak.

Bij omgekeerd dak geldt:
 Bij XPS-isolatie en afdekking met grind, mortel of tegels op tegeldragers: $F_M = 1,02$ bij afschot $> 1\%$.
 Bij XPS-isolatie en afdekking met grind, mortel of tegels op tegeldragers: $F_M = 1,04$ bij afschot $\leq 1\%$.
 Bij XPS-isolatie en toepassing als tuindak: $F_M = 1,07$.
 Voor de overige gevallen geldt: $F_M = 1,25$.

Conversiefactor voor veroudering F_A :
 Voor fabrieksmatig vervaardigde isolatielagen en reflecterende folies geldt $F_A = 1$.

Voor de niet-fabrieksmatig in situ vervaardigde isolatielagen geldt:

$$F_A = F_{A,iso} \cdot F_{A,appl} \quad [-] \quad (E.15)$$

Waarin:

$F_{A,iso}$ = factor ontleend aan tabel E.1 [-]
 $F_{A,appl}$ = factor ontleend aan tabel E.1 [-]

Tabel E.1 Factoren voor veroudering in situ aangebrachte isolatielaag

Product	F _{A;iso}	F _{A;appl}	
		Situatie	
		A ¹⁾	B ²⁾
Glas-/steenwolvlokken	1,05	1,00	1,15
Geëxpandeerd polystyreen (EPS-parels)	1,05		
Polyurethaan-/poluyisocyanuraathardschuim (PU)	1,10		
Ureumformaldehydeschuim (UF)	1,25		
Overig	1,30		
1) Nieuwbouw: de te isoleren constructie is overzichtelijk, beheersbaar, schoon en vrij van obstakels, speciebaarden, etc. 2) Bestaande bouw: 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.			

Correctiefactor voor convectie F_{conv} :
 Voor de warmteverliesberekening geldt: $F_{conv} = 1$.

b) Metselwerk en beton

Voor metselwerk en betonstenen of beton zijn de λ -waarden afhankelijk van het vochtgehalte en de manier van verbinden van de stenen (lijmen met een voegdikte < 3 mm of metselen):

Droog binnenmilieu:

Voor gelijmde bakstenen geldt: $\lambda = 0,000058 \cdot \rho^{1,2403}$
 Voor gemetselde bakstenen geldt: $\lambda = 0,000063 \cdot \rho^{1,2492}$
 Voor beton en betonstenen geldt: $\lambda = 0,2589 \cdot e^{0,00085 \cdot \rho}$
 Voor kalkzandsteen geldt: $\lambda = 1,126$
 Voor cellenbeton geldt: $\lambda = 0,0003 \cdot \rho + 0,009$

Waarin:

ρ = soortelijke massa [kg/m³]

Overige toepassingen:

Voor gelijkde bakstenen geldt: $\lambda = 0,00011 \cdot \rho^{1,2411}$

Voor gemetselde bakstenen geldt: $\lambda = 0,00012 \cdot \rho^{1,2358}$

Voor beton en betonstenen geldt: $\lambda = 0,2919 \cdot e^{0,00085 \cdot \rho}$

Voor kalkzandsteen geldt: $\lambda = 1,520$

Voor cellenbeton geldt: $\lambda = 0,0003 \cdot \rho + 0,0102$

Waarin:

ρ = soortelijke massa [kg/m³]

c) Overige materialen

Hiervoor geldt:

$$\lambda = \lambda_d \cdot F_{MA} \quad [W/(m \cdot K)] \quad (E.16)$$

Waarin:

λ_d = ongecorrigeerde λ -waarde [W/(m·K)]

F_{MA} = conversiefactor voor de invloed van vocht en veroudering (zie tabel 2.4) [-]

Tabel E.2 Conversiefactor voor vocht en veroudering

Material	ρ [kg/m ³]	F_{MA}
Anorganische materialen als los gestorte minerale materialen met uitzondering van glas, metselstenen en beton	> 1750	1,25
	≤ 1750 en > 1150	1,30
	≤ 1150 en > 850	1,35
	≤ 850	1,40
Glas en kunststoffen	–	1,00
Organische materialen, al dan niet met bindmiddel (met uitzondering van kunststoffen)	≤ 400	1,25
	> 400	1,20

Warmteweerstand van constructies met luchtlagen

Verticale spouw

De totale warmteweerstand R_T van een constructie met een verticale spouw volgt uit:

Reflecterende folie of isolatie met folie als cachering in luchtsponw met aan beide zijden van de folie/isolatie een luchtlaag:

$$R_T = R_i + R_{ci} + R_{cav;nv} + R_{iso} + R_{cav} + R_{ce} + R_e \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (E.17)$$

Isolatie al dan niet met folie als cachering met één luchtsponw:

$$R_T = R_i + R_{ci} + R_{iso} + R_{cav} + R_{ce} + R_e \quad [m^2 \cdot K/W] \quad (E.18)$$

Waarin:

R_{ce} = warmteweerstand van het buitensponwblad [m²·K/W]

R_{ci} = warmteweerstand van het binnensponwblad [m²·K/W]

R_e = warmte-overgangsweerstand aan het buitenoppervlak (= 0,04) [m²·K/W]

R_i = warmte-overgangsweerstand aan het binnenoppervlak (= 0,13) [m²·K/W]

R_{iso} = warmte-overgangsweerstand van de folie/isolatielaag [m²·K/W]

R_{cav} = warmteweerstand van een verticale spouw [m²·K/W]

$R_{cav;nv}$ = warmteweerstand van een niet geventileerde spouw [m²·K/W]

Warmteweerstand van de niet geventileerde spouw $R_{cav,nv} = 0,18$. Indien een reflecterende folie/cachering met $\varepsilon < 0,1$ is toegepast, dan geldt $R_{cav,nv} = 0,57$ (vervuiling en veroudering zijn hierin al verrekend).

De warmteweerstand van de verticale spouw R_{cav} is afhankelijk van de mate van ventilatie van de spouw. Voor de mate van ventilatie van een verticale spouw worden de volgende definities gehanteerd:

1. Niet geventileerde luchtlaag: $< 500 \text{ mm}^2/\text{m}$ luchtlaaglengthe in horizontale richting. Open stootvoegen voor waterafvoer voldoen gewoonlijk aan dit criterium en worden daarom niet als ventilatieopeningen beschouwd;
2. Zwak geventileerde luchtlaag: $\geq 500 \text{ mm}^2/\text{m}$ maar $< 1500 \text{ mm}^2/\text{m}$ luchtlaaglengthe in horizontale richting;
3. Sterk geventileerde luchtlaag: $\geq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}$ luchtlaaglengthe in horizontale richting.

Bij een sterk geventileerde spouw worden de lagen aan de buitenzijde van de sterk geventileerde spouw weggelaten. Voor de warmteovergangsweerstand wordt uitgegaan van $R_i (=0,13)$.

Voor de waarde van R_{cav} geldt:

1. $R_{cav} = 0,18$ (0,57) bij een niet geventileerde spouw;
2. $R_{cav} = 0,16$ (0,45) voor een zwak geventileerde spouw.

De waarde tussen haakjes heeft betrekking op reflecterende cachering/folie ($\varepsilon < 0,1$). Veroudering en vervuiling zijn hierin al verdisconteerd.

De warmteweerstand van de folie/isolatie volgt uit:

1. $R_{iso} = d/\lambda$ voor isolatiemateriaal (al dan niet voorzien van cachering);
2. $R_{iso} = d/0,03$ voor reflecterende folies.

Horizontale spouw

De totale warmteweerstand R_T van een constructie met een verticale spouw volgt uit:

Reflecterende folie of isolatie met folie als cachering in luchtsponw met aan beide zijden van de folie/isolatie een luchtlaag:

$$R_T = R_i + R_{ci} + R_{cav,nv} + R_{iso} + R_{cav} + R_{ce} + R_e \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (\text{E.19})$$

Isolatie al dan niet met folie als cachering met één luchtsponw:

$$R_T = R_i + R_{ci} + R_{iso} + R_{cav} + R_{ce} + R_e \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (\text{E.20})$$

Waarin:

R_{ce}	=	warmteweerstand van het buitensponwblad	$[\text{m}^2\text{K/W}]$
R_{ci}	=	warmteweerstand van het binnensponwblad	$[\text{m}^2\text{K/W}]$
R_e	=	warmte-overgangsweerstand aan het buitenoppervlak (= 0,04)	$[\text{m}^2\text{K/W}]$
R_i	=	warmte-overgangsweerstand aan het binnenoppervlak (= 0,13)	$[\text{m}^2\text{K/W}]$
R_{iso}	=	warmte-overgangsweerstand van de folie/isolatielaag	$[\text{m}^2\text{K/W}]$
R_{cav}	=	warmteweerstand van een verticale spouw	$[\text{m}^2\text{K/W}]$
$R_{cav,nv}$	=	warmteweerstand van een niet geventileerde spouw	$[\text{m}^2\text{K/W}]$

Bij naar boven gerichte reflecterende lagen wordt in verband met vervuiling en veroudering het effect van de reflectie verwaarloosd, tenzij er sprake is van een hermetisch afgesloten spouw of ruimte. Bij naar beneden gerichte reflecterende lagen wordt voor de veroudering een toeslag van $\Delta\varepsilon = 0,03$ gehanteerd.

Warmteweerstand van de niet geventileerde spouw $R_{cav,nv} = 0,16$. Indien een reflecterende folie/cachering met $\varepsilon < 0,1$ is toegepast, dan geldt $R_{cav,nv} = 0,41$ (veroudering is hierin al verrekend).

De warmteweerstand van de verticale spouw R_{cav} is afhankelijk van de mate van ventilatie van de spouw. Voor de mate van ventilatie van een verticale spouw worden de volgende definities gehanteerd:

1. Niet geventileerde luchtlaag: $< 500 \text{ mm}^2/\text{m}$ luchtlaaglengthe in horizontale richting. Open stootvoegen voor waterafvoer voldoen gewoonlijk aan dit criterium en worden daarom niet als ventilatieopeningen beschouwd;
2. Zwak geventileerde luchtlaag: $\geq 500 \text{ mm}^2/\text{m}$ maar $< 1500 \text{ mm}^2/\text{m}$ luchtlaaglengthe in horizontale richting;
3. Sterk geventileerde luchtlaag: $\geq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}$ luchtlaaglengthe in horizontale richting.

Bij een sterk geventileerde spouw worden de lagen aan de buitenzijde van de sterk geventileerde spouw weggelaten. Voor de warmteovergangsweerstand wordt uitgegaan van $R_i (= 0,10)$.

Voor de waarde van R_{cav} geldt:

1. $R_{\text{cav}} = 0,16 (0,41)$ bij een niet geventileerde spouw;
2. $R_{\text{cav}} = 0,13 (0,29)$ voor een zwak geventileerde spouw.

De waarde tussen haakjes heeft betrekking op reflecterende cachering/folie ($\epsilon < 0,1$). Veroudering en vervuiling zijn hierin al verdisconteerd.

De warmteweerstand van de folie/isolatie volgt uit:

1. $R_{\text{iso}} = d/\lambda$ voor isolatiemateriaal (al dan niet voorzien van cachering);
2. $R_{\text{iso}} = d/0,03$ voor reflecterende folies;
3. Bij horizontale foliesystemen met twee reflecterende folies met een tussenliggende luchtlaag: $R_{\text{iso}} = 1,8$;
4. Bij horizontale foliesystemen met drie reflecterende folies met twee tussenliggende luchtlagen: $R_{\text{iso}} = 2,9$.

Thermische bruggen

Thermische bruggen (bijvoorbeeld kolommen, ribben e.d.) moeten in de U-waarde van constructies verrekend zijn. Soms gebeurt dit via een correctiefactor op de U-waarde.

Indien de gemiddelde U-waarde niet door de architect gegeven is, moet deze worden bepaald met de berekeningsmethode volgens NEN 1068 [5].

Deur inclusief kozijn

Warmtedoorgangscoefficiënt van een deur zonder lichtdoorlatende delen, inclusief houten kozijn: $U = 3,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Voor een thermisch isolerende deur zonder lichtdoorlatende delen geldt: $U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Toelichting: 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 $0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

Voor een deur met lichtdoorlatende delen geldt:

1. Indien de oppervlakte van de lichtdoorlatende delen groter is dan of gelijk aan 65 % van de totale oppervlakte van de deur inclusief kozijn: beschouw de deur als een raam;
2. Neem voor de lichtdoorlatende delen de rekenwaarde voor een raam en neem voor het overige deel de rekenwaarde voor een deur **zonder** lichtdoorlatende delen ($U = 3,4$ of $U = 2,0$ in geval van thermisch geïsoleerde deuren).

Transparante delen

Bij het bepalen van de U-waarde van raamsystemen kan niet volstaan worden met de U-waarde van de beglazing. Met name bij zeer goed isolerende beglazing moet de invloed van het (in het algemeen slechter geïsoleerde) kozijn in de berekening betrokken worden. Voor het bepalen van de warmtedoorgangscoefficiënt van ramen en deuren mag gebruik gemaakt worden van de methode als omschreven in paragraaf 6.2.3 van NEN 1068 of van tabel E.3.

Tabel E.3 U-waarden [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] van raamsystemen (kozijn + glas) met meervoudig glas, ongeacht het glaspercentage. Tussentijdse waarden moeten rechtlijnig geïnterpoleerd worden

U_{glas}	U_{kozijn}												
	1,0	1,4	1,8	2,0	2,4 ¹⁾	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8 ²⁾	7,0 ³⁾
3,3	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	4,6
3,2 dubbelglas	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	4,5
3,0	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	4,4
2,8	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	4,2
2,6	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	4,1
2,4	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	4,0
2,2	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,8
2,0	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	3,7
1,8 HR-glas	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	3,6
1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	3,4
1,4 HR ⁺⁺ -glas	1,5	1,6	1,7	1,7	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	3,3
1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	3,1
1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	3,0
0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,9
0,7	0,9	1,1	1,2	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	2,8
0,5	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	2,7
Waarin: U_{glas} is de U-waarde van het glas in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, zie tabel 2.5 U_{kozijn} is de U-waarde van het kozijn in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$													
1) Zie B.3 van NEN 5128 [4] of gebruik voor een kozijn van hout of kunststof als forfaitaire waarde $U_{\text{kozijn}} = 2,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. 2) Zie B.3 van NEN 5128 [4] of gebruik voor een metalen kozijn met thermische onderbreking als forfaitaire waarde: $U_{\text{kozijn}} = 3,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. 3) Zie B.3 van NEN 5128 [4] of gebruik voor metalen kozijn zonder (voldoende) thermische onderbreking: $U_{\text{kozijn}} = 7,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.													

Bijlage F Bepaling temperatuur van aangrenzende vertrekken met een warmtebalans

Hierbij wordt onderscheid gemaakt in:

1. Aangrenzende vertrekken van dezelfde woning (zie paragraaf F.1);
2. Aangrenzende vertrekken van belendende woning (zie paragraaf F.2).

F.1 Temperatuur van vertrekken die tot het gebouw behoren

De binnentemperatuur θ_i volgt uit de warmtebalans van het beschouwde vertrek:

$$(H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) + \Phi_{V,i} = 0 \quad [W] \quad (F.1)$$

Waarin:

$H_{T,ie}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar de buitenlucht via de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens paragraaf 4.2	[W/K]
$H_{T,ia}$	= specifiek warmteverlies door scheidingsconstructie naar een tot de woning behorend verwarmd vertrek, bepaald volgens paragraaf 4.3	[W/K]
$H_{T,iae}$	= specifiek warmteverlies door scheidingsconstructie naar een tot het gebouw behorend onverwarmd vertrek, bepaald volgens paragraaf 4.4	[W/K]
$H_{T,iaBE}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar de buitenlucht via onverwarmde aangrenzende ruimte bepaald volgens paragraaf 4.5	[W/K]
$H_{T,ig}$	= specifiek warmteverlies door scheidingsconstructies in contact met de grond, bepaald volgens paragraaf 4.6	[W/K]
θ_i	= te bepalen binnentemperatuur	[°C]
θ_e	= ontwerp-buitentemperatuur bepaald volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\Phi_{V,i}$	= toe te rekenen warmteverlies t.g.v. buitenluchttoetreding	[W]

Toe te rekenen warmteverlies t.g.v. toetredende buitenlucht

De methode voor het bepalen van het toe te rekenen ventilatieverlies volgt uit paragraaf 4.7.4.

Voor het bepalen van de temperatuur van een kruipruimte moet worden uitgegaan van een ventilatievoud van 0,6 voor de kruipruimte; infiltratie hoeft bij kruipruimten niet in rekening gebracht te worden.

F.2 Temperatuur van aangrenzende vertrekken die niet tot de woning behoren

Bij het bepalen van de temperatuur θ_a van de aangrenzende woning wordt de aangrenzende woning als één geheel beschouwd.

De temperatuur θ_a van de aangrenzende woning volgt uit de warmtebalans van die woning:

$$(H_{T,ie} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig} + H_i + H_v) \cdot (\theta_a - \theta_e) = 0 \quad [W] \quad (F.2)$$

Waarin:

$H_{T,ie}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar de buitenlucht via de uitwendige scheidingsconstructie bepaald volgens paragraaf F.2.1	[W/K]
$H_{T,iaBE}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar een aangrenzende woning/woongebouw, bepaald volgens paragraaf F.2.2	[W/K]
$H_{T,ig}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar de grond bepaald volgens paragraaf F.2.3	[W/K]
H_i	= specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie, bepaald volgens paragraaf F.2.4	[W/K]
H_v	= specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie, bepaald volgens paragraaf F.2.5	[W/K]
θ_a	= te bepalen binnentemperatuur	[°C]
θ_e	= ontwerpbuitentemperatuur (-10 °C)	[°C]

F.2.1 Specifiek warmteverlies door uitwendige scheidingsconstructies

Het specifieke warmteverlies $H_{T,ie}$ door uitwendige scheidingsconstructies (wanden, ramen, deuren, daken en vloeren boven buitenlucht) volgt uit:

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot (U_k + 0,1)) \quad [W/K] \quad (F.3)$$

Waarin:

A_k	= oppervlakte van vlak k bepaald volgens paragraaf 2.2	[m ²]
U_k	= warmtedoorgangscoefficiënt van vlak k bepaald volgens paragraaf 2.4	[W/(m ² ·K)]
0,1	= forfaitaire toeslag voor lineaire thermische bruggen	[-]

F.2.2 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand

Voor het specifieke warmteverlies $H_{T,iaBE}$ van het vertrek naar de aangrenzende woning/woongebouw (zowel naastgelegen als boven- of ondergelegen) geldt:

$$H_{T,iaBE} = \sum (A_s \cdot U_s \cdot f_{ib}) \quad [W/K] \quad (F.4)$$

Waarin:

A_s	= oppervlak van de woningscheidende vlakken bepaald volgens paragraaf 2.2	[m ²]
U_s	= warmtedoorgangscoefficiënt van de scheidingsconstructie bepaald volgens paragraaf 2.4	[W/(m ² ·K)]
f_{ib}	= correctiefactor ter correctie temperatuurverschil tussen ontwerpbuitentemperatuur en temperatuur aangrenzend pand	[-]

Voor wanden:

$$f_{ib} = \frac{\theta_a - \theta_b}{\theta_a - \theta_e} \quad [-] \quad (F.5)$$

Waarin:

θ_a	= te berekenen binnentemperatuur	[°C]
θ_e	= ontwerpbuitentemperatuur	[°C]
θ_b	= temperatuur belending: = θ_i van vertrek waarvoor warmteverliesberekening wordt uitgevoerd = 10 °C bij naastgelegen rijtjes woningen = 15 °C bij gestapelde bouw, kantoren en winkels = 5 °C bij stallingruimte	[°C]

F.2.3 Specifiek warmteverlies door scheidingsconstructies in contact met grond

Het specifieke warmteverlies $H_{T,ig}$ door uitwendige scheidingsconstructies (wanden en vloeren) in contact met de grond volgt uit:

$$\sum_k H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot 0,37) \quad [W/K] \quad (F.6)$$

Waarin:

A_k	= oppervlakte van vlak k, dat in contact is met de grond bepaald volgens paragraaf 2.2	[m ²]
$U_{equiv,k}$	= equivalente warmtedoorgangscoefficiënt	[W/(m ² ·K)]
f_{gw}	= grondwaterfactor	[-]

Voor de grondwaterfactor f_{gw} geldt:

$f_{gw} = 1$ indien de grondwaterspiegel ≤ 1 m onder het vloerniveau gelegen is

$f_{gw} = 1,15$ voor de overige gevallen

Voor de waarde van de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt $U_{equiv,k}$ geldt:

$U_{equiv,k} = 0,18$ voor vloeren met een $R_c \geq 3,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

$U_{equiv,k} = 0,30$ voor vloeren met een $2,5 \leq R_c < 3,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

$U_{equiv,k} = 0,50$ voor vloeren met een $R_c < 2,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

F.2.4 Specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie

Voor het specifieke warmteverlies H_i ten gevolge van infiltratie geldt:

$$H_i = 1200 \cdot q_i \cdot f_v \cdot z \quad [W/K] \quad (F.7)$$

Waarin:

q_i	= luchtvolumestroom infiltratie	[m ³ /s]
z	= fractie in rekening te brengen infiltratie (zie tabel F.3)	[-]
f_v	= correctiefactor voor lagere luchttemperatuur	[-]

Voor f_v geldt:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (F.8)$$

Waarin:

θ_i	= ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.1.1	[°C]
θ_e	= ontwerp buitentemperatuur (-10 °C)	[°C]
$\Delta\theta_v$	= correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.2	[K]

q_i hangt af van de luchtdoorlatendheid van de gevel = $q_{v,10}$ -waarde (zoals gebruikt bij de EPC-berekening). Tabel F.1 geeft richtwaarden voor woningen die voldoen aan de eisen zoals gesteld in het Bouwbesluit (woningen van 1992 en later). Tabel F.2 geeft richtwaarden voor woningen uit het pre-Bouwbesluit tijdperk.

Tabel F.1 Waarden voor luchtvolumestroom infiltratie q_i in m³/s per m² buitenoppervlak (uitwendige scheidingsconstructie; incl. beglazing en deuren) afhankelijk van $q_{v,10}$ en ventilatiesysteem voor woningen/woongebouwen die voldoen aan de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit (rechtlijnige interpolatie is toegestaan)

Ventilatiesysteem	$q_{v,10, \text{kar}}$				
	$\leq 0,3$	0,5	1,0	1,5	$\geq 2,0$
Systeem A, B, C en E: niet-inpandige ruimten zonder ventilatievoorzieningen in de gevel	$8 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^{-5}$	$17 \cdot 10^{-5}$	$26 \cdot 10^{-5}$	$39 \cdot 10^{-5}$
Systeem A, B en C: overige vertrekken	0	0	0	0	0
Systeem D: mechanische toevoer en mechanische afvoer ventilatie (gebalanceerde ventilatie)	$10 \cdot 10^{-5}$	$12 \cdot 10^{-5}$	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Systeem E ¹⁾ : ruimte(n) met decentrale gebalanceerde ventilatie en overige ruimten met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	$10 \cdot 10^{-5}$	$12 \cdot 10^{-5}$	$19 \cdot 10^{-5}$	n.v.t.	n.v.t.

1) De infiltratie hoeft alleen in rekening gebracht te worden voor de vertrekken met decentrale gebalanceerde ventilatie. Voor de overige vertrekken geldt: $q_i = 0$.

Toelichting: Naast bouwkundige invloeden (weergegeven door de $q_{v,10}$ -waarde) wordt de hoeveelheid infiltratie ook beïnvloed door het ventilatiesysteem. Bij systemen met mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht is in de vertrekken sprake van een druk-neutrale situatie en kan infiltratie t.g.v. winddruk makkelijker toetreden. Bij systeem A en C komt alle lucht van buiten en maakt het niet uit of de lucht de vertrekken binnenkomt via infiltratie of ventilatievoorzieningen. Bij systeem B wordt in de verblijfsruimten mechanisch ventilatielucht toegevoerd die via natuurlijke voorzieningen moet worden afgevoerd. In de verblijfsruimten is een lichte overdruk die de infiltratie beperkt/voorkomt.

Tabel F.2 Waarden voor luchtvolumestroom infiltratie $q_{i, \text{spec}}$ in m^3/s per m^2 uitwendige scheidingsconstructie (incl. beglazing en deuren) afhankelijk van het bouwjaar [NEN 8088]

Gebouwtype			Bouwjaar/renovatiejaar		
			< 1970	1970-1980	1980-1992
Grondgebonden woningen	Eénlaags met een kap	Tussenwoning	0,0043	0,0028	0,0019
		Hoekwoning	0,0052	0,0034	0,0023
		Vrijstaande woning, pultdak	0,0060	0,0039	0,0027
		Vrijstaande woning, half plat dak	0,0052	0,0034	0,0023
	Eénlaags met een plat dak	Tussenwoning	0,0030	0,0020	0,0013
		Hoekwoning	0,0036	0,0024	0,0016
		Vrijstaande woning	0,0042	0,0027	0,0019
Meerlaagse woningen	Etage van flat-/portiekwoning	Tussenligging op onderste of tussenverdieping	0,0022	0,0014	0,0010
		Kop-, eind- of hoekligging op onderste of tussenverdieping	0,0028	0,0018	0,0012
		Tussenligging op bovenste verdieping	0,0026	0,0017	0,0011
		Kop-, eind- of hoekligging op bovenste verdieping	0,0030	0,0020	0,0013

Tabel F.3 Richtwaarden voor fractie z

Type gebouw	fractie z
Woningen met 1 buitengevel of twee niet tegenover elkaar liggende buitengevels	1
Eengezinswoning	0,70
Galerijwoning	0,55
Portiekwoning	0,55

F.2.5 Specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie

Voor het specifieke warmteverlies H_v ten gevolge van ventilatie wordt uitgegaan van:

$$H_v = 1200 \cdot q_v \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (\text{F.9})$$

Waarin:

1200	=	waarde voor $c_p \cdot \rho$	$[J/(m^3 \cdot K)]$
q_v	=	luchtvolumestroom ventilatie	$[m^3/s]$
f_v	=	correctiefactor voor intredetemperaturen hoger dan de buitentemperatuur	$[-]$

De luchtvolumestroom ventilatie q_v volgt uit de maximum waarde van:

$$q_v = n_v \cdot (n_1 + 3 \cdot n_2 + n_3 + 2 \cdot n_4) \cdot 7 \cdot 10^{-3} \quad [m^3/s] \quad (F.10)$$

Waarin:

A_{totaal}	=	totaal oppervlak van het verblijfsgebied	$[m^2]$
n_1	=	aantal verblijfsruimten zonder kooktoestel	$[-]$
n_2	=	aantal verblijfsruimten met kooktoestel	$[-]$
n_3	=	aantal toiletruimten	$[-]$
n_4	=	aantal badruimten (al dan niet met toilet)	$[-]$
n_v	=	toe te rekenen deel van de luchtvolumestroom ventilatie	$[-]$

Met:

$n_v = 0,5$ indien de ventilatie in de laagstand gezet kan worden

$n_v = 1$ in alle overige gevallen

Voor de temperatuur correctiefactor f_v voor inblaastemperaturen geldt:

$f_v = 0$ voor alle systemen met toevoertemperaturen hoger dan de ontwerpbinrentemperatuur

Voor alle systemen zonder WTW, voorverwarming van de toevoerlucht of verwarmde lucht uit een andere ruimte:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (F.11)$$

Voor systemen met WTW of voorverwarming van de toevoerlucht c.q. verwarmde lucht uit een andere ruimte:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (F.12)$$

Waarin:

θ_i	=	ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.1.1	$[^{\circ}C]$
θ_e	=	ontwerpbuientemperatuur ($-10^{\circ}C$)	$[^{\circ}C]$
θ_t	=	toevoertemperatuur ventilatielucht (voor berekening bij systemen met WTW zie bijlage C)	$[^{\circ}C]$
$\Delta\theta_v$	=	correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.2	$[K]$

Literatuurlijst

- [1] Bouwbesluit 2012; Staatsblad 416, jaargang 2011+ wijzigingen.
- [2] ISSO-publicatie 49 Vloer en wandverwarming, ISSO, Rotterdam, 2001.
- [3] ISSO-publicatie 58 Luchtverwarming in woningen , ISSO, Rotterdam, 2003.
- [4] ISSO-publicatie 66 Vermogen van radiatoren en convectoren bij niet-genormeerde opstelling , ISSO, Rotterdam, 2001.
- [5] ISSO-researchrapport 5 Ontwerpbinnencondities en thermische behaaglijkheid in gebouwen, ISSO, Rotterdam, 1990.
- [6] ISSO-kleintje U- en R_c-waarden van bouwkundige constructies, ISSO, Rotterdam, 2014.
- [7] NEN 1068 Thermische isolatie van gebouwen Rekenmethoden, NEN, Delft, maart 2012.
- [8] NEN 7120, Energieprestatie van gebouwen – bepalingsmethode, NEN, Delft, 2012 met aanvullingen A1 van 2013 en A2 van 2014.
- [9] NEN 2687, Luchtdoorlatendheid van woningen, NEN, Delft, 1989.
- [10] NEN 2580, Oppervlakten en inhoud van gebouwen, –Termen, definities en bepalingsmethoden, 1997 en aanvulling A1, 2001, NEN, Delft.
- [11] ontw. NEN-EN 12831-1, Verwarmingssystemen en op water gebaseerde koelsystemen in gebouwen – Methode voor de berekening van de ontwerpwarmtebelasting – Deel 1: Warmtebelasting van de ruimte, NEN, Delft, 2014.
- [12] NEN-EN-ISO 15927-5, Hygro-thermische eigenschappen van gebouwen – Berekening en weergave van klimatologische gegevens – Deel 5: Gegevens voor de ontwerpberekening van warmtevermogen voor ruimteverwarming, NEN, Delft, 2004.
- [13] ISSO-publicatie 57 Warmteverliesberekening voor gebouwen met hoge ruimten, ISSO, Rotterdam, 2017.
- [14] ISSO-publicatie 53 Warmteverliesberekening voor utiliteitsgebouwen met vertrekhoogten tot 4 meter, ISSO, Rotterdam, 2017.
- [15] NEN 5138 Warmteterugwinning in gebouwen – Bepalingsmethoden voor energetisch rendement van warmteterugwinapparaten voor individuele ventilatiesystemen, NEN, Delft, 2004.
- [16] ISSO-publicatie 108 Warmteverliezen in leidingsystemen, ISSO, Rotterdam, 2016.

Colofon

De realisatie van de ISSO-publicatie 51 werd verzorgd door de ISSO-kontaktgroep die als volgt was samengesteld:

De heer W.G.J. Bos MSc	Stichting Passiefbouwen
De heer ir. M.J. van Bruggen	De Energiemanager
De heer B. van Duin	Van Duin Installatie Management
De heer ing. B.T.B. Jansen	Rensa B.V.
De heer ir. W. Plokker	Vabi Software B.V.
De heer drs. E.G. Rooijackers	Halmos Adviseurs
De heer drs. A.J.B. Scheffers	Bink Software B.V.
De heer J. Verdonck	Jaga/Konvektco Nederland B.V.
De heer F.A. Vos	Uneto-VNI
De heer ir. A.M. van Weele	ISSO

De realisatie van deze ISSO-uitgave is mede mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van:

OTIB



Uneto-VNI

PIT

© Stichting ISSO - Rotterdam, juli 2017

Archief

Klik op onderstaande versie(s) om naar de betreffende versie van dit document te gaan:

[Versie 1994 \(ISSO-publicatie 4\)](#)

[Versie 2000](#)

[Versie 2009](#)

[Versie 2012](#)