

## 9 Warmtapwater

Het energieverbruik voor verwarming van tapwater ligt in dezelfde orde als dat voor ruimteverwarming. Het belang van dit onderdeel van de energiehuishouding is daarmee duidelijk. Warmtapwater wordt vooral in de badkamer en de keuken gebruikt voor douchen, baden, wassen, afwassen, et cetera. Het energieverbruik voor het verwarmen van tapwater wordt bepaald door de hoeveelheid warmwater die gebruikt wordt, de gevraagde watertemperatuur, de leidingverliezen en de efficiëntie van het warmwatertoestel.

Om het energieverbruik te verlagen kunnen al deze posten worden aangepakt door korte en geïsoleerde leidingen (woningontwerp), een hoger opwekkingsrendement (keuze toestel) en een lager waterverbruik (keuze toestel, waterbesparende voorzieningen, gebruikersvoorlichting). Daarnaast kan warmte worden teruggewonnen (douche-WTW) en kunnen duurzame bronnen worden ingezet (zonne-energie, ventilatielucht).

In dit hoofdstuk komen achtereenvolgens aan de orde:

- Tapwatervraag: paragraaf 9.1 behandelt de hoeveelheid water (debiet) en de watertemperatuur. Hier worden comfortklassen, waterbesparende voorzieningen, warmteterugwinning uit douchewater en hot-fill-apparatuur beschreven;
- Leidingverliezen: paragraaf 9.2 behandelt de leidingverliezen tussen de tappunten en het opwekkingstoestel en de ringleidingen in collectieve systemen;
- Opwekkingstoestellen: paragraaf 9.3 gaat over de toestellen die tapwater verwarmen (bijvoorbeeld HR-combiketel, warmtepompboiler, collectieve toestellen) of toestellen die een bijdrage leveren aan de verwarming van tapwater (bijvoorbeeld zonneboilers).

Zie o.a. de gratis te downloaden [Waterwerkbladen](#) [253] voor informatie over het ontwerp en beheer van drinkwaterinstallaties.

### Deelchecklist Warmtapwater

#### Initiatief / haalbaarheid / projectdefinitie

- Maak keuze voor de comforteisen met betrekking tot de gewenste temperatuur, de taphoeveelheden en de wachttijd aan de tappunten (paragraaf 9.1, paragraaf 9.2.1);
- Maak een keuze voor de mate van duurzaamheid;
- Maak een keuze voor hot-fill apparatuur (paragraaf 9.1.4);
- Reserveer desgewenst budget voor een zonneboiler of warmtepompboiler en een douche-WTW.

#### Structuurontwerp/Voorontwerp

- Maak een keuze voor het type warmwatervoorziening;
- Ontwerp de plaats van dit toestel dicht bij de keuken en de badkamer (paragraaf 9.2.1);
- Houd voor de opstelplaats van een warmtepompboiler rekening met geluid en de combinatie van ventilatielucht afvoer en warmtapwatertoestel op dezelfde plek (paragraaf 9.3.6);
- Zorg voor een dakoppervlak op zuid dat nu of in de toekomst geschikt is voor een zonneboiler (paragraaf 9.3.5);
- Kies het type zonneboiler met opslag onder, boven of gecombineerd met de collector (paragraaf 9.3.5);
- Ontwerp de plek voor de douche-WTW 'onder' de douche (paragraaf 9.1.3);
- Ontwerp een kort leiding tracé voor geïsoleerde warmtapwaterleidingen. Deze hebben een bruto diameter van circa 50 mm (dus inclusief isolatie).

#### Definitief Ontwerp / Technisch ontwerp

- Kies het warmwatertoestel (paragraaf 9.3);
- Let bij de keuze van een combiwarmtepomp vooral op het rendement voor tapwater. Dit is mede bepalend voor de totale prestatie;

- Zorg voor passende legionella preventie (paragraaf 9.1.2);
- Kies de waterbesparende voorzieningen (kranen, douchekop, perlators) (paragraaf 9.1.1);
- Zorg voor een thermostatische mengkraan als er voor een douche-WTW is gekozen (paragraaf 9.1.3);
- Detailleer de opstelplek van het toestel;
- Detailleer de zonneboiler en het verbindende leidingwerk (afschot, beugeling, isolatie) (paragraaf 9.3.5);
- Kies de plaats voor de display van de zonneboiler;
- Neem hot-fill aansluitingen en hot-fill voorschakelkastje op (paragraaf 9.1.4);
- Detailleer de zonnecollector op het dak (integratie met de dakdoos bijvoorbeeld) (paragraaf 9.3.5);
- Detailleer het leidingtracé tussen toestel en tappunt (paragraaf 9.2);
- Detailleer de douche-WTW opstelling en inspectie mogelijkheid (paragraaf 9.1.3).

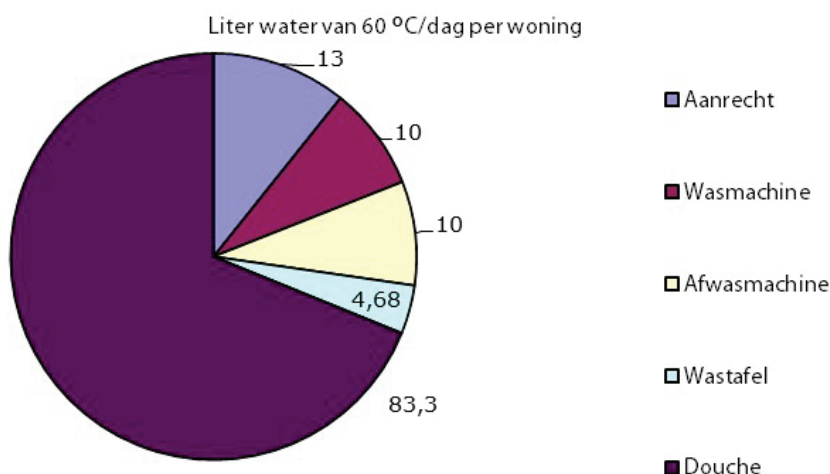
#### Uitvoering

- Controleer de warmtapwater leidingen op lengte, isolatie en beugeling voor dat ze weggewerkt worden (paragraaf 9.2);
- Controleer het leidingwerk van de zonneboiler op isolatie, beugeling en afschot. Let op temperatuurbestendigheid ( $> 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (paragraaf 9.3.5);
- Controleer de isolatie van de rioolafvoer tussen doucheputje en douche-WTW (paragraaf 9.1.3);
- Controleer geluid van een warmtepompboiler. Bij twijfel: voer een meting uit;
- Controleer de luchthoeveelheid van de warmtepompboiler (paragraaf 9.3.6);
- Zorg voor de gebruiksinstructies voor toestel, douche-WTW, zonneboiler, hot-fill;
- Bied hot-fill apparatuur aan of een voorschakelkastje (paragraaf 9.1.4);
- Controleer de instellingen van het toestel: comfortstand / eco-stand en 'naverwarming zon' (paragraaf 9.3.3, paragraaf 9.3.5).

#### Gebruik / Exploitatie

- Onderhoud het toestel en de zonneboiler regelmatig en hou daar een logboekje van bij;
- Controleer de vulling van de zonneboiler volgens de eisen van de fabrikant;
- Gebruik bij een douche-WTW geen schoonmaakmiddelen op basis van een kalksuspensie;
- Controleer regelmatig op het einde van een zonnige dag de temperatuur in de zonneboiler: zomer  $> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; winter  $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 9.1 Tapwatervraag, tappunten



Afb. 9.1 De verdeling van het warmtapwaterverbruik over de tappunten in liters van  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  per dag per gemiddeld huishouden. De vraag in de keuken wordt gekenmerkt door veel korte tappings, bij douche- of badgebruik is de tapduur juist lang

## Tapdebiet en comfortklassen

Het warmwatercomfort wordt bepaald door:

- Het maximale debiet dat het toestel kan leveren;
- Het continu debiet dat het toestel kan leveren;
- De mogelijkheid tot tegelijk tappen op meerdere plekken.

Het comfort dat een toestel kan leveren is vastgelegd in het Gaskeur CW-label (Comfort-Warmwater-label). Dat geeft comfortklasse 1 tot en met 6, waarbij klasse 6 voor het hoogste comfort staat (afbeelding 9.2). Voor niet-gastoestellen zijn er gelijkwaardige klassen.

Afb. 9.2 Het CW-label is in zes klassen verdeeld, per klasse wordt aangegeven voor welke toepassingen (en combinaties) een toestel geschikt is

Klasse	Toepassingen	Tapdebiet keuken (60 °C)	Tapdebiet douche (40 °C)	Tapdebiet bad (40 °C)	Vermogen of voorraad <sup>*)</sup>	
		l/min	l/min	l/min	kW	liters
1	Keuken	≥ 2,5	-	-	9	30
2	Keuken of douche	≥ 2,5	6	-	13	60
3	Keuken of douche of bad (100 l)	≥ 3,5	6 - 10	≥ 10	22	100
4	Keuken of douche of bad (120 l)	≥ 3,5	6 - 12,5	≥ 12,5	27	120
5	Keuken of douche of bad (150 l)	≥ 3,5	6 - 12,5	≥ 17	36	120
6	Keuken of douche	≥ 3,5	6 - 12,5	-	47	125
	Keuken en bad (150 l)	≥ 3,5	-	≥ 17	47	125
	Bad (200 l)	-	-	≥ 22	47	125

<sup>\*)</sup> Ter indicatie is bij elke klasse bij benadering het vermogen of de voorraad van een toestel aangegeven, nodig om de gewenste hoeveelheid water te kunnen leveren. Een douche-WTW levert naast het toestel extra vermogen!

### 9.1.1 Waterbesparende voorzieningen

Waterbesparende voorzieningen (zowel voor koud als voor warm water) zijn tegen relatief geringe meerkosten te realiseren. De terugverdientijd is vaak korter dan een jaar. Let erop dat bij doorstroomtoestellen in combinatie met warmwaterbesparende voorzieningen de tapdrempel van het toestel laag genoeg is omdat anders het toestel niet aanslaat (paragraaf 9.2).

#### *Spaardouches*

Binnen de groep spaardouches zijn er grote verschillen qua waterverbruik. Kies daarom voor douchekoppen voorzien van KIWA-keur 'Laag verbruik' (of volumestroomklasse Z). Een zuinige waterbesparende douchekop laat zo'n 6 l/min door bij een waterdruk van 1 bar (= 100 kPa), dit is 50% zuiniger dan een 'standaard' douchekop. Bewoners blijken zeer tevreden te zijn over spaardouches [195]. Uit in [195] genoemd onderzoek blijkt bovendien dat men niet langer gaat douchen wanneer er een spaardouche is aangebracht (t.o.v. de situatie met een onzuinige douchekop). Zie ook [www.milieucentraal.nl](http://www.milieucentraal.nl).

Voor collectieve systemen of woningen waar op meerdere punten tegelijk getapt wordt, is er wel een aandachtspunt. Tappingen zorgen voor drukvariaties. Een spaardouche remt de gemengde waterstroom uit de kraan af. Daardoor neemt de 'autoriteit' van de mengkraan om de stromen van warm- en koudwater te bepalen af. Drukvariaties geven dan een verhoogde kans op 'wisselbaden' onder de douche. Als er op meerdere plekken getapt kan worden en dus drukvariaties te verwachten zijn, is het daarom aan te bevelen om de begrenzing van de waterhoeveelheid niet in de douchekop in te bouwen, maar vóór de mengkraan in de (aansluiting van) warmwaterleiding. Daar volstaat dan een maximaal debiet van 4 l/min. Na menging komt er dan ruim 6 l/min uit de douchekop. Bij sommige

éénhendelkranen en thermostatische kranen is deze functie in de kraan geïntegreerd. De keuze van de douchekop blijft belangrijk: die moet bij een laag debiet (6 à 7 l/min) een goede waterverdeling geven.

#### Kranen met besparende regeling

Er zijn allerlei typen kranen verkrijgbaar die gericht zijn op waterbesparing (vaak gecombineerd met verhoging van het comfort). Te noemen zijn o.a.

- Kranen met een parabolische sluiting;
- Volumestroombegrenzers, mogelijk geïntegreerd in een perlator;
- Eengreepsmengkranen met een asymmetrische verdeling tussen koud en warm water;
- Eengreepsmengkranen met een waterbesparende stand van de hendel;
- Thermostatische douchemengkranen. Hierbij is er een aandachtspunt voor de bewoners (instructie): de temperatuurstelling moet af en toe gewijzigd worden om vastzitten te voorkomen.

Warmwaterbesparende voorzieningen hebben zowel effect op het water- als op het energieverbruik (afbeelding 9.3).

Afb. 9.3 Indicatie mogelijke besparingen per huishouden per jaar door water- en energiebesparende voorzieningen (bron: [195] met actualisatie van energiebesparing)

	Waterbesparing	Energiebesparing
	m <sup>3</sup> /jr	m <sup>3</sup> a.e./jr
Spaardouche klasse Z	10	40
Doorstroombegrenzers op kranen	2 - 3	10
Kranen met besparende regeling	1 - 2	5
Optimalisatie leidingen	0 - 10	0 - 45
Hot-fill wasmachine	0	10 - 30
'Normale' vaatwasser als hot-fill	0	5 - 20
WTW douchewater	0	60

### 9.1.2 Watertemperatuur

#### Legionella

De Legionella-bacterie veroorzaakt de 'Veteranenziekte'. Deze kan dodelijk zijn. Het temperatuurtraject voor groei van Legionella ligt tussen 20 en 50 °C, met een optimum tussen 30 °C en 40 °C. In de praktijk wordt de groei vanaf 25 °C van betekenis, maar bij lange stagnatie (meerdere weken) van water kan tussen 20 °C en 25 °C toch ook een probleem ontstaan. Vanaf 50 °C sterft de legionella-bacterie af.

Zolang het water in een leiding regelmatig ververscht wordt, kan geen sterke bacteriegroei optreden. Tappunten die weinig gebruikt worden (bijv. op zolder, in een logeerkamer of buiten) verdienen extra aandacht. Probeer ze te vermijden of tak ze met een zo kort mogelijke leiding af van een wel frequent doorstroomde leiding of sluit ze 'doorstromend' aan. Leg geen 'dode' leidingen of loze aansluitpunten aan. Let er ook op dat een koudwaterleiding voor drinkwater niet opgewarmd wordt door een naburige warme leiding (voor tapwater of CV). Voorkom deze 'hotspots' door bijv. een koele zone in een vloerveld vrij te houden voor de koudwaterleiding en door naburige CV-leidingen te isoleren met circa 10 mm buisisolatie; zie voor praktische informatie o.a. de [ISSO-kenniskaart Hotspots bij radiatorenverwarming voorkomen](#) [211] en de [Checklist 'hotspots' in waterleidingen](#) [212]. Veel legionella besmettingen vinden plaats vanuit zo'n opgewarmde koudwaterleiding. Ook het isoleren van de warm- en de koudtapwater leidingen helpt hier tegen. Dat de warmtapwaterleiding zelf dan minder snel afkoelt is geen bezwaar, integendeel, hij blijft langer boven de 50 °C en wordt dus beter ontsmet. Over het wel of niet isoleren van de tapwaterleidingen is echter nog discussie. Volgens NEN 1006 [216] moet het tapwater in deze leidingen in ieder geval na tappen binnen 45 minuten afkoelen tot 25 °C.

Voorraadtoestellen met een lage watertemperatuur vormen een risico. Dit risico is te verkleinen door of de voorraad warmwater periodiek (1x per week) te verwarmen tot 60°C of door vóór het gebruik het water gedurende minimaal 60 seconden tot minimaal 60 °C te verwarmen. Kies in elk geval een voorraadtoestel met een bodem die van buiten gezien bol is en vanaf het onderste punt doorstroomd en

verwarmd wordt. Een boiler gevuld met systeemwater waarin een opwarmspiraal met tapwater zit, is een goed alternatief. De inhoud van de spiraal is zo gering en de snelheid zo hoog dat legionella geen kans krijgt.

Grote leidingsystemen bij collectieve installaties vormen een risico. Men moet daarbij voorkomen dat enige leiding, zowel voor koud als warm tapwater, in het kritische temperatuurtraject komt. De beheerder (bijv. een woningcorporatie of Vereniging van Eigenaren) van deze collectieve installaties heeft een algemene zorgplicht. Dit houdt o.a. in dat de installaties deugdelijk moeten zijn en dat er voorzorgsmaatregelen getroffen zijn om legionella te voorkomen. Daarnaast is voorlichting aan bewoners aan te raden.

Voor o.a. verzorgings- en verpleeghuizen gelden voor het beheer zwaardere eisen zoals het uitvoeren van een risicoanalyse, het opstellen van een Beheersplan en het bijhouden van een Logboek, zie Drinkwaterbesluit (hoofdstuk 4) [210], de Regeling Legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater [224] en [213].

Meer informatie over legionella: [201], [203], [204], [214] en [215].

#### *Thermostatisch mengventiel*

Warm water van meer dan 45 °C kan verbranding veroorzaken. Boven 60 °C is derdegraadsverbranding van de huid waarschijnlijk. Risicogroepen zijn kleine kinderen, bejaarden en gehandicapten. Een thermostatisch mengventiel is daarom noodzakelijk voor alle installaties waarin de watertemperatuur hoger dan 60 °C kan worden, zoals in elektrische boilers en zonneboilers en is voor de overige installaties aan te raden in de badkamer bij risicogroepen.

### **9.1.3 Warmteterugwinning (WTW) uit douchewater**

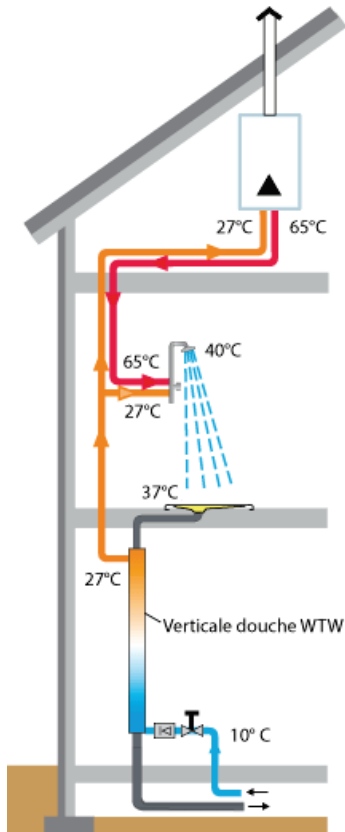
Warmteterugwinning uit douchewater is een eenvoudige manier van energiebesparing. Met warm afvoerwater wordt koud aanvoerwater voorverwarmd. Dit principe kan bij douchen toegepast worden, omdat er dan tegelijk een grote hoeveelheid warmwater opgewekt en afgevoerd wordt. NTA 8800 [30] waardeert verticale douche-WTW's met een forfaitair rendement van 40% en horizontale douchewtw's met een forfaitair rendement van 20%. Daarnaast hanteert de norm correctiefactoren voor de wijze van aansluiting (zie ook hierna), de afkoeling die optreedt tussen de douchekop en de doucheWTW, en een praktijkcorrectiefactor voor onder andere vervuiling en veroudering van het systeem. Overigens zijn er diverse fabrikanten die doucheWTW's leveren met een aanzienlijk beter rendement dan de forfaitaire rendementen.

Systemen:

- De warmteterugwinunit bestaat uit een koperen buis-in-buis warmtewisselaar die verticaal wordt gemonteerd (verticale douche-WTW of douchepijp-WTW [218]). Het afvalwater stroomt door de binnenste buis naar beneden, het schone aanvoerwater stroomt tussen de beide buizen omhoog. Er wordt gebruik gemaakt van het tegenstroomprincipe. Het afvalwater heeft de neiging als een snelstromende film aan de binnenzijde van de koperen buis te 'kleven' waardoor een effectieve warmteoverdracht plaats vindt. Door de combinatie van dit 'kleef' effect en een systeem van ribbels kan een grote warmteoverdracht bereikt worden. Deze verticale douche-WTW wordt op een verdieping lager dan de douche geplaatst;
- De douchebak-WTW [219] heeft een horizontale warmtewisselaar die in de douchebak is ingebouwd. Door de vorm van de douchebak wordt al het afvalwater met een optimale turbulentie (en dus maximale warmte-uitwisseling) over de warmtewisselaar geleid. Dit systeem kan bij renovaties en etagewoningen worden toegepast;
- De douchegoot-WTW [220]: Hierbij is de horizontale warmtewisselaar in de douchegoot ingebouwd. Dit systeem kan ook bij renovatie en etagewoningen worden ingebouwd, maar let op de benodigde inbouwhoogte; deze verschilt per fabrikant en is minimaal zo'n 130 mm.

Om te voorkomen dat rioolwater via een lek in de douche-WTW in het drinkwater komt, zijn er twee mogelijkheden:

- De douche-WTW wordt met een open verbinding aangesloten op het rioolstelsel. Deze verbinding moet bereikbaar blijven voor inspectie. Er is een risico van overstort. Dat mag geen calamiteit veroorzaken. Bijvoorbeeld loopt de overstort in een toilet;
- De douche-WTW wordt voorzien van een dubbele scheiding. Bij een lek in de wisselaar gaat die druppelen zonder dat er een besmetting van het drinkwater kan ontstaan.



Afb. 9.4 Werkingsprincipe van de verticale douche(water)-WTW (warmteterugwinning); de douche-WTW bevindt zich op de begane grond. (Bron: Technea Duurzaam)

De inlaatzijde van de douchewater-WTW wordt aangesloten op het drinkwaterleidingsysteem. De uitlaat kan aangesloten worden:

- Zowel op de koudwateraansluiting van de douchemengkraan als op de koudwateraansluiting van het warmwatertoestel. Dit levert de grootste besparing op;
- Alleen op de koudwateraansluiting van de douchemengkraan (15% minder besparing); pas alleen toe als er collectief warmwater wordt geleverd;
- Alleen op de koudwateraansluiting van het warmwatertoestel (25% minder besparing); pas alleen toe als er collectief warmwater wordt geleverd en er een collectieve douche-WTW wordt toegepast.

De verticale douchewater-WTW kan in een leidingschacht worden angebracht, maar inspectie van de onderzijde van de wisselaar via een luikje of dergelijke moet wel mogelijk zijn. Nog beter is het om de wisselaar eenvoudig bereikbaar te maken zodat bij eventueel onderhoud en een defect niets gesloopt hoeft te worden. De levensduur is naar verwachting minimaal 30 jaar.

De afvoerleiding tussen het doucheputje en de douche-WTW moet geïsoleerd worden om de opbrengst te optimaliseren.

Het plaatsen van de verticale douchewater-WTW in de meterkast is toegestaan mits er rekening wordt gehouden met compartimentering (indeling) van de meterkast volgens NEN 2768+A1:2018, "Meterkasten en bijbehorende bouwkundige voorzieningen voor leidingaanleg in woningen". Het kan noodzakelijk zijn de meterkast iets groter te maken dan gebruikelijk. Echter, als de meterkast is voorzien



van een afleverset voor stadsverwarming is het niet toegestaan de douchewater-WTW in de meterkast te plaatsen omdat die dan te lang te warm zou kunnen worden.

Het duurt even voor het uitgaande water op temperatuur is. Om daar geen last van te hebben onder de douche is het noodzakelijk om een thermostatische mengkraan te gebruiken.

Aandachtspunten voor alle typen douche-WTW's:

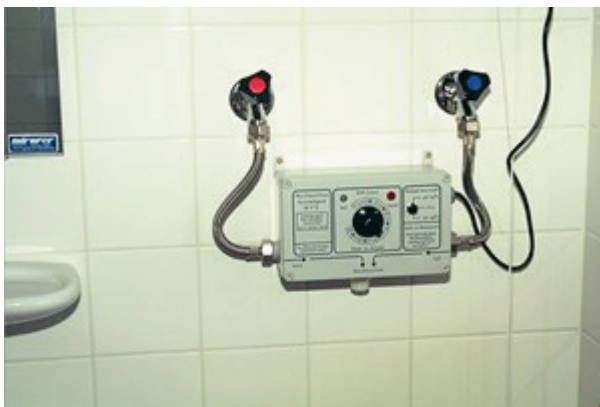
- Een CW-3 toestel met een douche-WTW levert hetzelfde warmtapwaterdebiet als een CW-5 toestel zonder douche-WTW. De douche-WTW verhoogt dus het comfort aanzienlijk;
- Schoonmaakmiddelen op basis van kalksuspensie mogen niet worden toegepast. Deze koeken namelijk aan op de wand van de warmtewisselaar. De warmteoverdracht neemt daardoor sterk af. Vermeld dit in de bewonersinstructie. Overigens verdwijnt deze aanslag weer als overgegaan wordt op een ander schoonmaakmiddel.

#### 9.1.4 Hot-fill was- en vaatwasapparatuur

Door toepassing van hot-fill was- en vaatwasapparatuur kan bespaard worden op het elektriciteitsgebruik voor de opwarming van warm water. In de NTA 8800 kan een hotfill aansluiting echter niet worden meegenomen in de berekening. Gangbaar worden vrijwel alle was- en vaatwasmachines voor huishoudelijk gebruik gevuld met koud water, waarna de (vaat)wasmachine het water elektrisch verwarmt. Het rendement op primaire energie hiervan is laag. De zogenaamde 'hot-fill' (vaat)wasmachine is geschikt om direct warm water te gebruiken uit het warmtapwaternet. Als de warmte afkomstig is van een gasgestookt toestel, een warmtedistributienet of van een zonneboiler, dan ligt het rendement (in primaire energie) aanzienlijk hoger dan de elektrisch verwarmde apparaten. Bovendien daalt de uitstoot van schadelijke verbrandingsgassen met globaal 40 tot 50% (afbeelding 9.3). De energiebesparing door hot-fill is sterk afhankelijk van het warmwatertoestel en de afstand van machine tot dit toestel. Deze afstand moet zo klein mogelijk zijn. Hot-fill heeft geen enkele zin als het warme water uit een elektrische boiler komt.

Vaatwassers zijn vrijwel altijd geschikt voor hot-fill. Hoewel dat in het buitenland standaard is, hebben de meeste wasmachines bij ons geen twee aansluitingen (voor koud en warm water). De bouwer kan de bewoner tegemoet komen door het plaatsen van een voorschakelkastje. Dit zorgt er voor dat op het juiste moment warm- of koudwater naar de wasmachine gaat. Zie ook [www.milieucentraal.nl](http://www.milieucentraal.nl).

Voorkom in verband met legionella-preventie dat er een 'dood' stuk leiding ontstaat, wanneer de hot-fill aansluiting niet wordt gebruikt.



Afb. 9.5 Voorschakelkastje bij hot-fillaansluiting voor een standaard wasmachine

## 9.2 Leidingen (tapwaterdistributie)

### 9.2.1 Leidingen in de woning

In veel woningontwerpen is de afstand tussen het warmwatertoestel en het tappunt in de keuken (waar veel kleine tappings plaatsvinden) groot. Het gevolg is een lange wachttijd en verspilling van water en energie. Let daarom bij het ontwerp van de woningplattegrond op het zo dicht mogelijk bij elkaar

situëren van de warmtebron, zoals een combiketel of combiwarmtepomp, en de afnamepunten in de keuken en de badkamer. Mogelijkheden voor plaatsing zijn bijvoorbeeld naast de badkamer en boven de keuken of in een bijkeuken. In de NTA 8800 wordt de toepassing van korte leidinglengtes gewaardeerd, en leidt dit tot gunstige(re) resultaten.

#### Wachttijd:

De wachttijd is de tijd die nodig is om, na het opendraaien van de warmwaterkraan, de eindtemperatuur aan het tappunt te bereiken. In principe moet deze zo kort mogelijk zijn omdat het ongebruikt weg laten lopen van water met een te lage temperatuur een verspilling vormt van water en energie. Bovendien moet deze zo kort mogelijk zijn uit oogpunt van gebruikscomfort, met name voor het, meest gebruikte, keukentappunt. De totale wachttijd aan een tappunt bestaat uit:

- Toestelwachttijd: Deze komt alleen voor bij doorstroomtoestellen. Dit is de tijd die nodig is tot de brander in bedrijf is en de warmtewisselaar op temperatuur is gebracht. Bij sommige toestellen wordt deze tijd (gedeeltelijk) gecompenseerd door een kleine watervoorraad die continu op temperatuur wordt gehouden en direct aangesproken kan worden. Dit geeft extra verlies en verlaagt het gebruiksrendement. De toestelwachttijd wordt opgegeven door de fabrikant en kan oplopen tot 20 seconden;
- Leidingwachttijd: Een tappunt levert pas warm water als het warme water van het warmwatertoestel eerst het koude water in de leiding heeft verdrongen en daarna ook nog de leiding zelf voldoende heeft opgewarmd. De leidinginhoud moet dus meer dan eenmaal ververst worden voordat er warm water uit de kraan komt. Naarmate de inhoud kleiner is zal deze eerder 'verdrongen' zijn. De DH-factor geeft aan hoe vaak de inhoud van een leiding ververst moet worden voordat er warm water uit komt. De DH-factor is afhankelijk van het leidingmateriaal en verschilt voor opbouw- of ingestorte leidingen, maar ligt vrijwel altijd tussen de 1,5 en 2 [209].

De totale wachttijd bij het keukentappunt tot het bereiken van een temperatuur van 45 °C is volgens gangbare kwaliteitscriteria maximaal 30 seconden (bij 100 kPa). De warmtapwatertemperatuur van minimaal 55 °C aan het tappunt moet bereikt zijn binnen 120 sec na het openen van de waterkraan. De meeste mensen vinden dat echter veel te lang zeker wanneer we bedenken dat de officiële meting gebeurt zonder waterbesparende voorzieningen in perlators of douchekoppen! Een tijd van 10 tot 15 seconden vinden mensen wel acceptabel [197]. Een tweede toestel in de keuken heeft helaas een (zeer) negatief effect op het totale gebruiksrendement voor het opwarmen van tapwater.

Er zijn vrijwel geen kosten gemoeid met een dergelijke plaatsing van het toestel. Bij de uitvoering zijn ook nog veel meters te winnen door de leidingen zorgvuldig te plannen. Installateurs hebben nog wel eens de neiging om niet de kortste maar de makkelijkste weg te kiezen. Een korte wachttijd in de keuken voorkomt dat bewoners een kleine elektrische keukenboiler plaatsen. Deze vergroot het energieverbruik met circa 480 kWh elektriciteit (bron: Milieu Centraal) per jaar. Dat wordt niet goed gemaakt door de waterbesparing omdat er minder water ongebruikt wegstroomt.

Pas een aparte, onvertakte, leiding toe van de warmtebron naar het keukentappunt. Geef de leiding een zo klein mogelijke diameter: meestal is een inwendige diameter van 6 mm voldoende, terwijl 10 mm gebruikelijk is. Isoleer de leiding met 20 mm isolatie rondom, ook waar de leiding is ingestort. Door de goede isolatie blijft hij circa een half uur op temperatuur. Er is dan geen sprake meer van een wachttijd. Deze maatregel is vooral van belang wanneer de afstand naar het warmwatertoestel groot is, zoals bij een zolderopstelling van het toestel in een eengezinswoning.

#### 9.2.2 (Circulatie)leidingen collectieve installaties

Collectieve tapwaterverwarming in de woningbouw wordt vooral gerealiseerd bij:

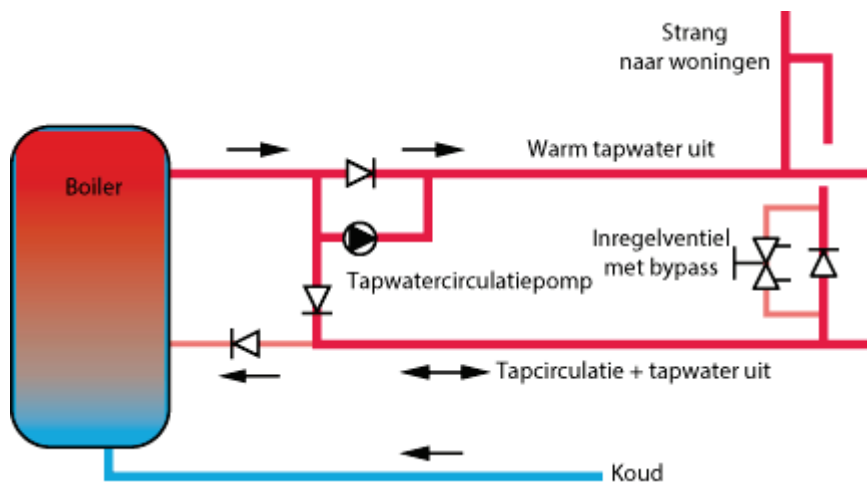
- Kleinere collectieve installaties, bijvoorbeeld voor een bouwblok;
- Bij gebruik van duurzame energie zoals zonne-energie (afbeelding 9.22);
- Bij gebruik van efficiënte vormen van energieopwekking zoals restwarmte of WKK (paragraaf 7.4).



Vooral bij collectieve systemen komen noodgedwongen lange leidingen voor. Om de wachttijd te beperken en in die lange leiding bacteriële besmetting te voorkomen, wordt een circulatieleiding (ook wel ringleiding genoemd) toegepast. Het water wordt hierbij rondgepompt, zodat elke woning direct de beschikking heeft over warmtapwater. Direct bij die aftakking bevindt zich een keerklep en afsluiter en veelal de warmtapwatermeter en een doorstroombegrenzer. Deze laatste beperkt het debiet tot de afgesproken comfortklasse (CW). Dat is belangrijk want bij een onevenredig grote afname in één woning zou de druk voor andere woningen weg kunnen vallen. De rest van de installatie in de woning is gelijk aan een woning met een eigen warmwatertoestel.

Het nadeel van een circulatieleiding is de toename van warmteverliezen door constante hoge temperatuur (60 à 65 °C) van de leiding. Zeer goed isoleren van de circulatieleiding is absoluut noodzakelijk. Er zijn systemen om de leidinglengte en diameter te beperken zoals het dubbel voeden van het systeem. Bij grote afname kan in dat systeem warmwater van twee kanten naar de woningen stromen [197]. Ook systemen waarbij de retourleiding binnen in de aanvoerleiding zit, verdienen overweging (zogenaamde 'Inliner-sets'). Perfect uitgevoerde circulatieleidingen hebben een energieverlies per woning dat kleiner is dan de waakvlam van een keukengeiser, maar voor slecht geïsoleerde systemen kan dat ook het vijfvoudige zijn. De terugverdientijd voor het isoleren van circulatieleidingen is korter dan een jaar.

Verder moet ruime aandacht besteed worden, ook in het beheer, aan het voorkomen van bacteriologische verontreiniging van het tapwatersysteem ('veteranenziekte', paragraaf 9.1.2).



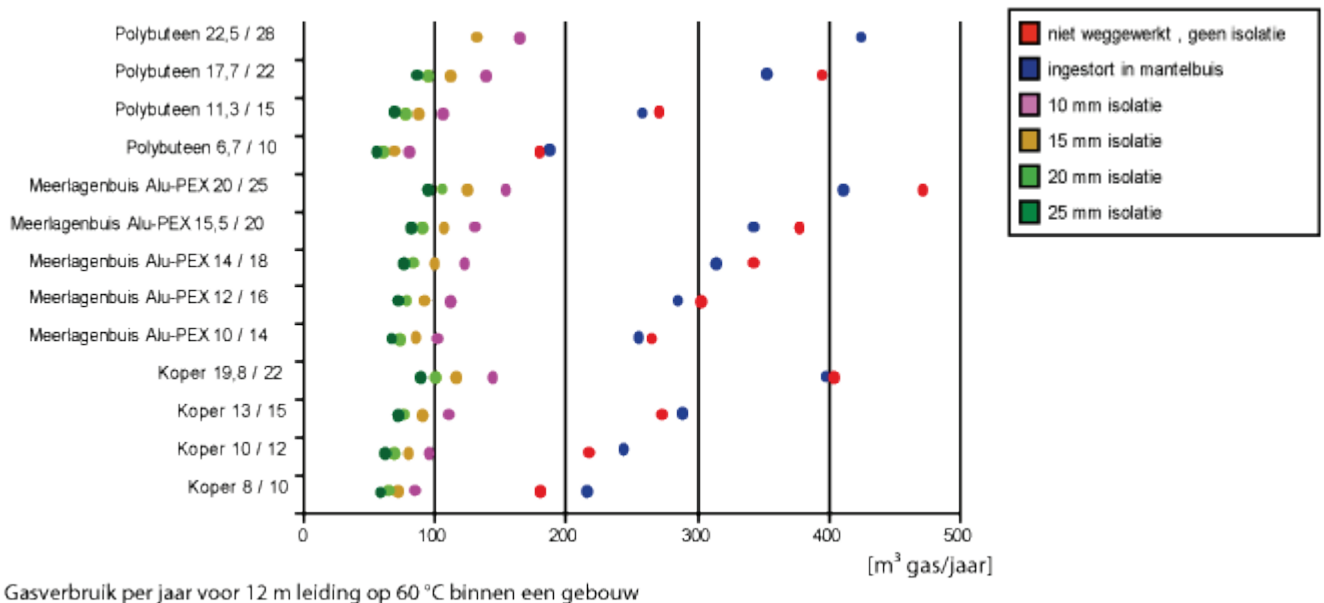
Afb. 9.6 Een voorbeeld van een efficiënte ringleiding. Bij grote vraag kan via beide leidingen water naar de woningen stromen

### 9.2.3 Leidingisolatie

Warmwaterleidingen moeten altijd geïsoleerd worden, of dat nu leidingen zijn die continu warm zijn zoals een ringleiding of leidingen die incidenteel warm zijn. De redenen:

- Voorkomen van energieverlies;
- Beperken van de wachttijd, verhogen comfort;
- Voorkomen dat naburige koudwaterleidingen opwarmen tot een risicovolle temperatuur.

Isolatie moet over de volle lengte aangebracht worden, ook bij koppelingen, bochten en afsluiters, in vloeren en wanden. Ophangbeugels moeten om de isolatie bevestigd worden. Dit is bij koudwaterleidingen (in collectieve woongebouwen) al standaard praktijk omdat daar onzorgvuldige isolatie afgestraft wordt door 'lekkage' ten gevolge van condens. Voor warmwaterleidingen vergt dat vaak nog overtuigingskracht, maar het is de moeite waard. Afbeelding 9.7 geeft waarden voor verschillende uitvoeringen.



Afb. 9.7 Warmteverlies van leidingen bij verschillende isolatiediktes. Het is duidelijk dat een ribbelbuis of een kale kunststof leiding geen isolerende werking van betekenis heeft

### 9.3 Warmwatertoestellen

De volgende typen warmwatertoestellen zijn te onderscheiden:

- Doorstroomtoestellen;
- Voorraadtoestellen.

Beide typen kunnen uitgevoerd zijn als 'solo-' of als combitoestel. In de nieuwbouw worden alleen nog gesloten toestellen gebruikt.

Voor vergelijking van de verschillende toestellen zijn op internet diverse vergelijkingssites beschikbaar, o.a. [207].

Vanaf september 2015 moeten alle nieuwe toestellen voor ruimteverwarming en warmtapwater voorzien zijn van een 'productlabel' volgens de Ecodesign richtlijn (ERP-richtlijn oftewel Energy Related Products richtlijn). Een combinatie van apparaten (bijv. een zonneboilersysteem met combi-ketel) moet voorzien zijn van een 'pakketlabel'. Zie voor meer informatie over de labels [www.VFK.nl](http://www.VFK.nl) en over de Ecodesign richtlijn [www.rvo.nl](http://www.rvo.nl).

Gastoestellen kunnen ook zijn voorzien van één of meer van de volgende Gaskeurmerken:

- Gaskeur-HR (Hoog Rendement);
- Gaskeur-HRww (Hoog Rendement warm water);
- Gaskeur-SV (Schonere Verbranding);
- Gaskeur-NZ (Naverwarming Zonneboilers);
- Gaskeur-CW (Comfort Warm Water).

Houd bij zowel de keuze van een toestel als de situering van dit toestel rekening met de mogelijkheid om (later) een zonneboilersysteem toe te passen (paragraaf 9.3.5). Kies dus zeker een toestel met het Gaskeur-NZ en een verblijfstijd voor warmwater groter dan 60 seconden ter voorkoming van legionella-besmetting.

#### Gaskeur CW (Comfort Warm Water)

Toestellen met het CW-label voldoen aan bepaalde eisen met betrekking tot tapdrempel, wachttijd, gelijkmatigheid van temperatuur en rendement. Het CW-label geeft aan voor welke toepassingen het toestel geschikt is. Klasse 1 is er voor toestellen met een beperkt vermogen, zoals een keukengeiser. Een toestel uit klasse 6 kan een groot debiet warm water leveren (afbeelding 9.2). Het zal duidelijk zijn dat een toestel dat meer warmwater kan leveren een grotere vraag oproept, dus een hoger verbruik van

warmwater en energie. Meetgegevens wijzen er op dat per CW klasse het verbruik 20% hoger uitkomt [194] (afbeelding 9.8).

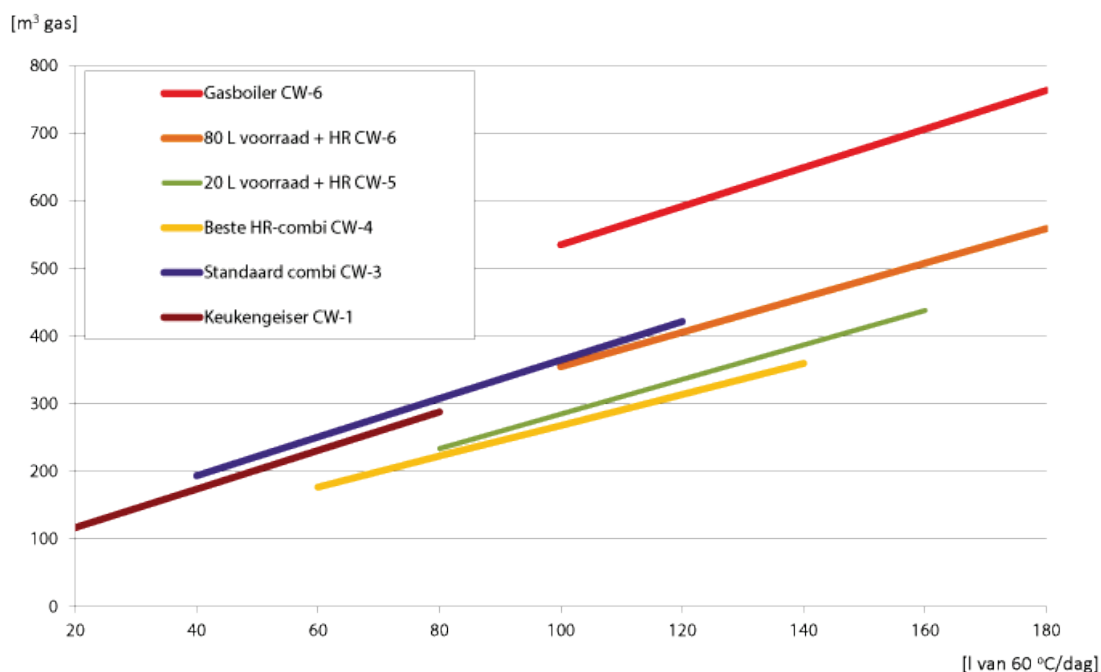
Overigens is het comfort in de zin van tapdebiet niet alleen afhankelijk van het toestel, maar van het hele tapwatersysteem. Een CW-3 toestel met een douche-WTW levert na enige tijd hetzelfde warmtapwaterdebiet als een CW-5 toestel zonder douche-WTW. Een CW-label garandeert een jaargebruiksrendement voor tapwaterverwarming van minimaal 56% (op onderwaarde) voor combitoestellen of 45% (op onderwaarde) voor niet-combitoestellen zoals geisers en gasboilers. Het Ecodesign label neemt dat over. Als het toestel naast het CW-label ook het HR-label voert, is het jaargebruiksrendement minimaal 67% (op onderwaarde). Met een HRww-label is deze waarde voor tapwater minimaal 75% (op onderwaarde). De zuinigste HRww-combiketels halen een jaargebruiksrendement van meer dan 95% (op onderwaarde). Zie paragraaf 7.3.2 voor uitleg van het begrip rendement op onder- en bovenwaarde.

### Rendement tapwaterverwarmers

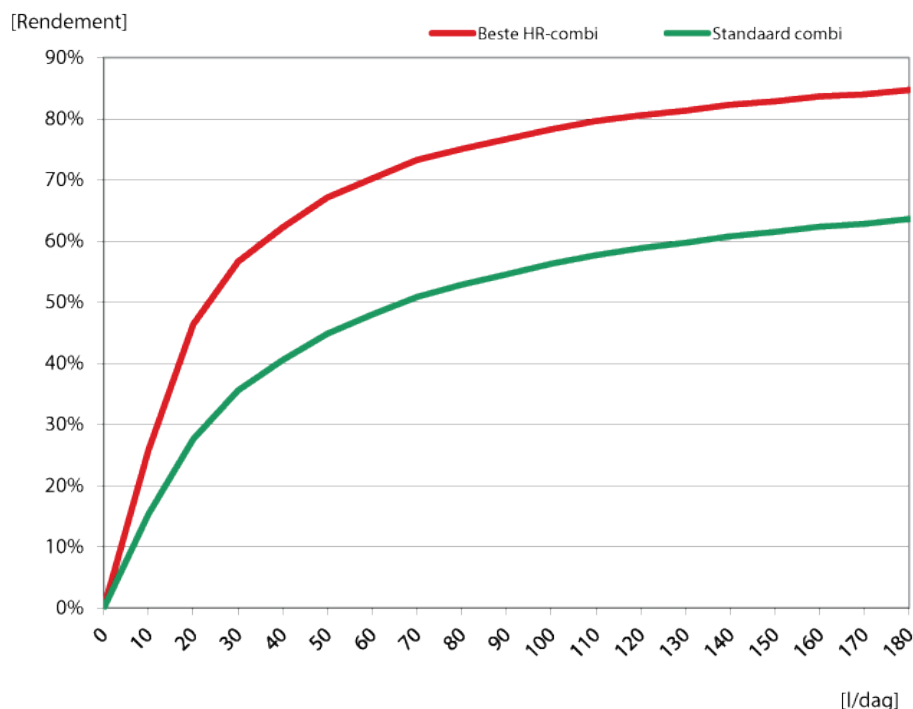
Het gebruiksrendement voor tapwaterverwarming bepaalt men aan de hand van gestandaardiseerde tappatronen. In de praktijk kan het rendement hoger of lager liggen (afbeelding 9.9).

Het 'gebruiksrendement' van een warmwatertoestel of het warmwaterdeel van een combiketel is aanzienlijk lager dan de rendementen die we gewend zijn bij CV-ketels. De reden is dat in het gebruiksrendement ook het 'stand-by' verbruik (eventuele waakvlam, warmhoudstand of verlies van een boiler) is opgenomen en dat een tapwatertoestel veel meer op vol vermogen werkt, terwijl moderne CV-toestellen juist bij deellast hun hoge rendement halen. Gelukkig zijn er toestellen op de markt die een aanzienlijk hoger rendement halen dan de standaard volgens het HRww-label. De in gelijkwaardigheidsverklaringen opgenomen rendementen zijn echter theoretisch en vooral gericht op gebruik in de energieprestatieberekening. In de praktijk liggen de rendementen door verschillende oorzaken lager. Bijvoorbeeld doordat de bewoner de 'comfortstand' (paragraaf 9.3.3) inschakelt om direct warmwater te hebben.

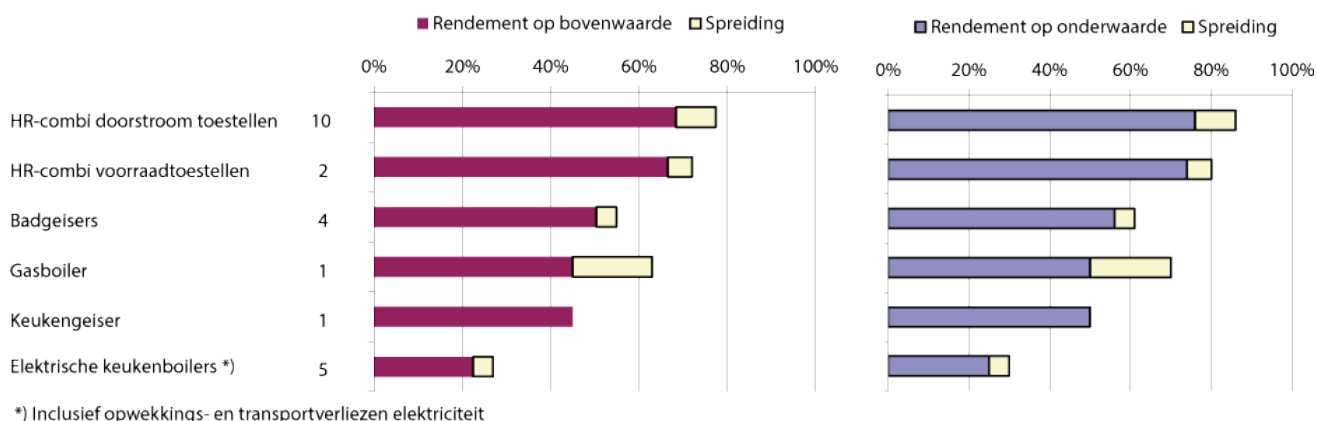
Niet alleen varieert het gebruiksrendement per soort toestel, ook per merk zijn de verschillen soms aanzienlijk. Dit blijkt uit metingen van de Consumentenbond (afbeelding 9.10).



Afb. 9.8 Het gasverbruik per jaar (op de verticale as) van verschillende toestellen afhankelijk van de vraag aan het toestel en het geboden comfort. Een hogere CW-klasse roept een grotere vraag op. Door het toepassen van warmwaterbesparing, douche-WTW en zonneboilers, is er een dalende trend



Afb. 9.9 Het gebruiksrendement is afhankelijk van de vraag. Het gebruik van een huishouden ligt tussen 60 en 180 liter per dag; per persoon gebruikt men globaal 40 liter heetwater per dag



Afb. 9.10 Meetresultaten gebruiksrendementen warmwatertoestellen. Te zien is dat HR-combiketels niet per definitie hoge gebruiksrendementen halen. Let bij de keuze van een toestel vooral ook op de wachttijd van het toestel: deze moet zo beperkt mogelijk zijn. Moderne combi-toestellen hebben vaak een hoger rendement (tot circa 85% op bovenwaarde) dan hier aangegeven; afbeelding betreft testresultaten 2008/2009 (Bron: Consumentenbond)

### Tapdrempel

Om een doorstroomtoestel in bedrijf te laten komen moet er een minimum hoeveelheid warm water getapt worden. Deze minimum hoeveelheid water wordt de tapdrempel van het toestel genoemd. De tapdrempel van de meeste doorstroomtoestellen ligt tussen 1 en 3 liter per minuut. Onder de tapdrempel ontsteekt de brander niet of treden er problemen op met de regeling van de watertemperatuur. Om problemen met waterbesparende voorzieningen te voorkomen, moet men een toestel kiezen met een tapdrempel van maximaal 1,5 liter per minuut. Gezien dit aspect kiest men liever een toestel zonder tapdrempel (toestel met minimaal 10 liter voorraad).

### 9.3.1 Doorstroomtoestellen

Principe: Het water wordt verwarmd als het door het toestel stroomt, er vindt nauwelijks of geen opslag plaats.

*Voordelen:*

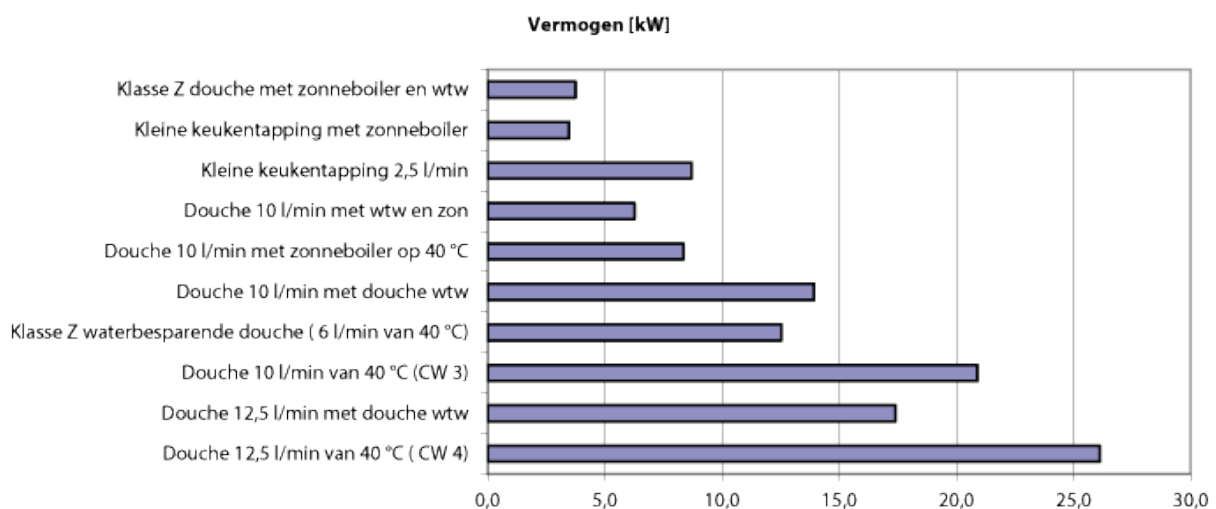
- Weinig ruimtebeslag;
- Meestal een lager energie- en waterverbruik dan bij voorraadtoestellen. Dit komt doordat het tapdebiet van de toestellen kleiner is dan bij voorraadtoestellen zodat minder warm water (tegelijktijdig) wordt gebruikt;
- Goedkoper in aanschaf dan voorraadtoestellen.

*Nadelen:*

- Minder comfort dan bij een voorraadtoestel (tapsnelheid en toestelwachttime). De toestelwachttime is bij diverse moderne doorstroomtoestellen echter beperkt (Bron: [207]), in de comfortstand (met als nadeel een hoger energieverbruik) vaak nog maar enkele seconden. Maar er zijn uitzonderingen! Informeer daarom altijd naar de wachttijd. Helaas is de informatie hierover vaak moeilijk te achterhalen en is men aangewezen op bijvoorbeeld het oordeel van consumenten (zie o.a. 'reviews' bij CV-testen Consumentenbond);
- Gelijktijdig gebruik van verschillende tappunten is niet mogelijk;
- Tapdrempel: deze dient zodanig te zijn dat het toestel ook bij een geringe warmtapwatervraag in bedrijf komt. Dit is van belang bij de toepassing van een waterbesparende voorzieningen als b.v. een spaardouche;
- Kan geen erg klein vermogen leveren. Dat kan opspelen bij toepassing van een zonneboiler of een douche-WTW (afbeelding 9.11).

*Men kan in de praktijk kiezen uit:*

- Combiketels;
- Gasgestookte bad- of douchegeisers;
- Elektrische doorstroomtoestellen. Deze worden steeds vaker toegepast, vooral op plekken waar incidenteel kleine(re) hoeveelheden warm tapwater gevraagd worden: zoals in pantrys en werkkasten in kantoren, maar we zien elektrische doorstroomtoestellen ook steeds vaker in (all-electric) woningbouw. Het voordeel van elektrische doorstroomtoestellen is dat er, ten opzichte van de meer traditionele elektroboilers, geen voorraadvatverliezen optreden. Een nadeel van elektrische doorstroomtoestellen kan zijn dat er in sommige situaties een zwaardere elektriciteitsaansluiting benodigd is. Dit aspect speelt met name in de bestaande woningbouw.



Afb. 9.11 Benodigd vermogen van een doorstroomtoestel onder verschillende condities. Een goed toestel kan niet alleen het maximale, maar ook het minimale vermogen leveren. Voor dit minimum is 3 kW een veilige waarde

### 9.3.2 Voorraadtoestellen

Principe: Het water wordt in het toestel opgeslagen en op constante temperatuur gehouden.

*Voordelen:*

- Comfort door het ruime tapdebiet, waardoor o.a. meerdere tappingen tegelijkertijd mogelijk zijn;
- Geen toestelwachtijd (wel leidingwachtijd).

*Nadelen:*

- Het energie- en waterverbruik zal vaak groter zijn dan bij een doorstroomtoestel als gevolg van het ruime tapdebiet van het voorraadtoestel (afbeelding 9.8);
- De voorraad warm water kan soms opraken, waarna het enige tijd duurt voordat dit weer is aangevuld;
- Groter ruimtebeslag dan bij een doorstroomtoestel.

*Men kan in de praktijk kiezen uit:*

- Combitoestel: een CV-ketel levert de warmte voor zowel ruimteverwarming als tapwater. De ketel houdt permanent een voorraadvat op temperatuur. Meestal is de watervoorraad in de CV- (combi)ketel ingebouwd, soms staat deze als apart voorraadvat opgesteld naast de ketel. Men spreekt dan van een 'oplaadboiler' of 'indirect gestookte boiler';
- Direct gestookte gasboilers, deze hebben over het algemeen een matig rendement en een hoog stilstandverlies;
- Biomassa/pelletketel met voorraadvat: een biomassaketel zorgt voor de ruimteverwarming en houdt permanent een voorraadvat op temperatuur. In veel gevallen is dit een apart voorraadvat opgesteld naast de ketel.
- Zonneboilercombi of CV-zonneboilers (plus CV-ketel), zie paragraaf 9.3.5;
- Combiwarmtepomp, zie paragraaf 9.3.7;
- Warmtepompboilers, zie paragraaf 9.3.6;
- Elektrische boiler, zie hieronder.

*Opmerkingen:*

Tot voor kort werd het gebruik van elektrische boilers afgeraden in verband met het hoge energiegebruik (in primaire energie). Vergeleken met een traditionele HR-combiketel scoort een elektrische boiler inderdaad ongunstig op de energieprestatie. Maar in woningen waar voor de verwarming geen gebruik meer gemaakt wordt van een HR-ketel moet een oplossing gevonden worden voor maken van het warmtapwater. In die situaties is het gebruik van een elektrische boiler op zich geen vreemde keuze alhoewel een elektrisch doorstroomtoestel of een warmtepomp(boiler) voor de bereiding van tapwater energetisch wel gunstiger scoren.

Een bijzondere vorm van een elektrische keukenboiler is de 'kokendwaterkraan'. Met de speciale kraan kan direct kokend water worden getapt om snel bijvoorbeeld thee of soep te maken. Overigens is de kraan zo geconstrueerd dat er geen gevaar voor verbranding is. De kraan is voorzien van een kleine elektrische boiler (onder het aanrecht) waarin continu kokend water aanwezig is. Er zijn verschillende merken verkrijgbaar, de bijbehorende boilers hebben een inhoud van 3 tot 10 liter.

Er zijn grote verschillen in stand-by-verliezen: van circa 90 kWh/jr bij een boiler met vacuümisolatie tot circa 280 kWh/jr met normale isolatie (bron: Milieu Centraal). Uitgaande van het tappen van 500 liter/jr (alleen thee, soep ed.) komt het totale energieverbruik globaal op 160 kWh/jr bij het systeem met vacuümisolatie en 350 kWh/jr met de normale isolatie. Dezelfde hoeveelheid met een elektrische waterkoker zou zo'n 110 kWh/jr kosten; men moet dan dus wel steeds de exact benodigde hoeveelheid water opwarmen [221]. Voor de berekeningen volgens de NTA 8800 [30] dient het warmteverlies van het voorraadvat van de kokendwaterkraan te worden meegenomen.

Bij sommige typen 'kokendwaterkranen' kan ook niet-kokend warmwater worden getapt.



### 9.3.3 Combigasketels

Een combiketel levert zowel de warmte voor ruimteverwarming als voor warm tapwater. Combiketels zijn de meest gebruikte toestellen in de bestaande bouw. Combiketels zijn toegepast als doorstroom- of voorraadtoestel.

*Voordelen:*

- Goedkoop, er is maar één warmtebron met bijbehorend aan- en afvoerkanaal en een gasaansluiting nodig;
- Minder onderhoudskosten, er is maar één toestel;
- Een hoogrendement is haalbaar;
- Weinig ruimtebeslag.

*Nadeel:*

- De vaak grote afstand van de combiketel tot het tappunt in de keuken, waardoor lange wachttijden en onnodig water- en energieverbruik voorkomen. Plaatsing van de combiketel dichtbij het keukentappunt en de badkamer is gewenst en in de praktijk doorgaans ook goed te realiseren.

*Opmerkingen:*

Houd rekening met de mogelijke combinatie van combiketel en een zonneboilersysteem.

Combiketel als doorstroomtoestel

Het tapwater wordt in de combiketel via een warmtewisselaar (platenwisselaar, tapspiraal, o.d.) verwarmd door het CV-water. Op de momenten dat men warm water tapt, wordt er bij de meeste ketels geen warmte aan het verwarmingssysteem geleverd. Doorstroom(combi)toestellen kunnen voorzien zijn van:

- Een waterbuffer ('tappot' of 'tapvat') in het CV-deel van enkele liters. Deze buffer heeft als voordeel dat de ketel minder vaak hoeft aan te slaan als er warm tapwater wordt gevraagd (gunstig voor de levensduur). Bovendien kan er direct warm water geleverd worden. Wel ontstaat, vooral bij de kleinere buffers, al snel een kleine temperatuurdaling totdat de ketel voldoende 'nieuw' water heeft opgewarmd. Let er bij de keuze van het toestel op dat deze buffervoorraad goed geïsoleerd is. Overigens is de toestelwachtijd bij diverse moderne combiketels, ook zonder zo'n waterbuffer, nog maar enkele seconden (Bron: [207]).
- Een comfortregeling. Deze zorgt er voor dat naar keuze van de gebruiker het tapgedeelte van de combiketel op temperatuur blijft ('comfortstand'). Dit heft de toestelwachtijd vrijwel op, maar zorgt wel voor een hoog stand-by verlies en dus voor een lager gebruiksrendement. Dit nadeel is te beperken door de comfortregeling tijdelijk uit te zetten ('eco-stand') of door het toestel te voorzien van een tijd klok zodat de comfortstand slechts op bepaalde tijden ingeschakeld kan staan of een intelligente regeling die het gebruikspatroon van de bewoner herkent. In de energieprestatieberekening worden dergelijke besparingsopties niet gewaardeerd.

Combietoestel als voorraadtoestel

De combiketel is voorzien van een ingebouwd voorraadvat (boiler) van 15 tot 80 liter. Het drinkwater kan direct verwarmd worden, maar ook indirect via het CV-water. Om het toestel hanteerbaar te houden worden de grotere boilers vaak als los element geleverd met een gestandaardiseerd koppel mechanisme. Ook volledig aparte montage is mogelijk. We spreken dan van een 'indirect gestookte boiler' in plaats van 'combivoorraad toestel'. De kleine voorraadcombi's hebben enerzijds een hoog taprendement en een laag stand-byverlies en anderzijds een hoog comfort, geen tapdrempel, de mogelijkheid tegelijk te tappen op meerdere punten en zijn een perfecte verwarmers na een douche-WTW of een zonneboiler.

### 9.3.4 Collectieve installaties tapwaterverwarming

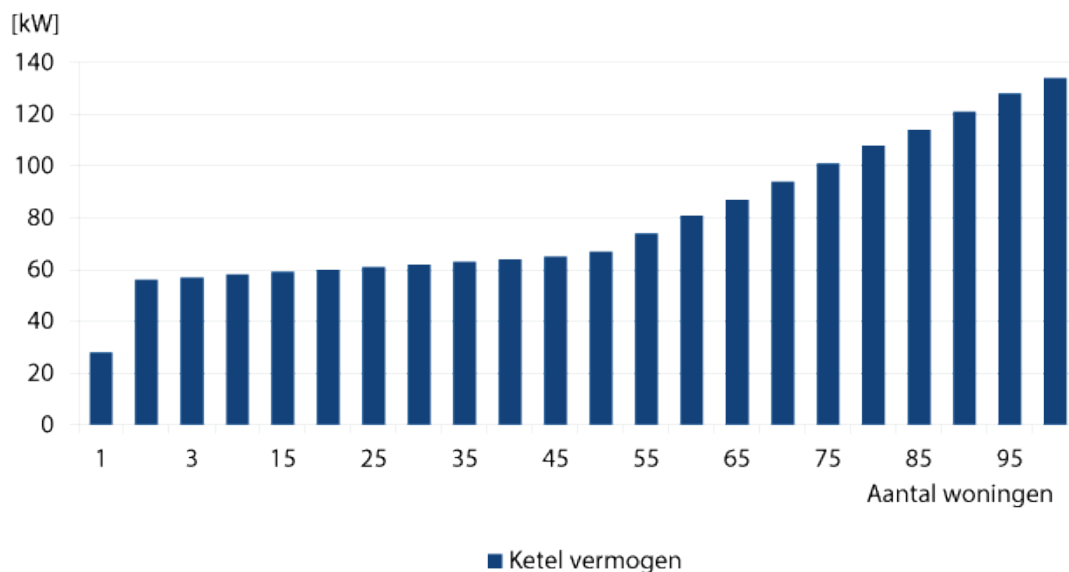
Bij collectieve systemen wordt het warmtapwater centraal door een of meerdere toestellen opgewekt en via collectieve leidingen naar een aantal woningen, of andere gebruikers, gedistribueerd.

*Voordelen collectieve installatie:*

- Het ontbreken van een warmwatertoestel in de woning. Dit scheelt ruimte en er hoeft geen monteur de woning in voor onderhoud;
- Geen geluid van een toestel in de woning;
- Een collectieve installatie is bedrijfszekerder wanneer er een back-up vermogen wordt geplaatst;
- Er is per woning maar een klein ketelvermogen nodig als gevolg van ongelijktijdig gebruik;
- Het efficiënter gebruik van duurzame bronnen.

#### *Nadelen collectieve installatie:*

- Leidingverliezen paragraaf 9.2.2;
- Meer kans op bacteriologische verontreiniging van het tapwatersysteem (t.o.v. een individueel systeem), paragraaf 9.1.2;
- Het warmtapwater moet apart gemeten en afgerekend worden.



Afb. 9.12 Ketelvermogen voor een collectief systeem bij een buffer van 10 liter/woning bij CW4 [196]. Gedurende 99% van de tijd volstaat een vermogen dat hier maar een derde van is. Zorg dat de geselecteerde toestellen dat (lage) vermogen probleemloos kunnen leveren

In woningen met een collectief verwarmingssysteem wordt meestal ook het tapwater collectief verwarmd. Er zijn verschillende systemen:

- Het tapwater wordt in de woning met CV-water opgewarmd, meestal via een 'stadsverwarmingsunit'. De aanvoertemperatuur van het distributiesysteem moet zomer en winter minimaal zo'n 70 °C zijn, om in de woning tapwater van 60 °C te maken;
- Een apart distributienet voor warmtapwater. Door ruimte- en tapwaterverwarming gescheiden te houden, kunnen beide optimaal gedimensioneerd worden. De energieverliezen zijn daardoor kleiner dan bij een gecombineerd systeem, zeker als voor een lage temperatuursysteem voor ruimteverwarming wordt gekozen. Het warmtapwater moet apart bemeterd worden. Dit is binnen een gebouw het meest gebruikte systeem;
- Per woning een kleine boiler (50 à 80 liter) die twee keer per dag vanuit het distributienet wordt opgewarmd. De rest van de tijd kan dat net dan op de lage temperatuur werken die voor de ruimteverwarming nodig is. Dit is een heel handig systeem voor blokverwarming;
- Per woning een warmtepompboiler met als bron de retour van het CV-systeem in de woning. In de zomer draait dit systeem stand alone en koelt de woning een klein beetje. In de winter wordt de warmte uit het collectieve net gehaald. Tapwater wordt voorverwarmd met het collectieve net. Dat net wordt zomer en winter weersafhankelijk geregeld en heeft dus een vrij laag verlies.

Zorg voor extra ventilatie in de meterkast als de warmtewisselaar daar staat. De temperatuur wordt anders te hoog.

De centrale installatie wordt opgebouwd uit:

- Een buffervat om de pieken in het verbruik op te vangen;
- Bij voorkeur ten minste twee toestellen die samen het maximale benodigde vermogen kunnen leveren. In principe kunnen deze toestellen gasketels, biomassaketels of warmtepompen zijn;
- Warmtewisselaar met pompen tussen de boiler en de ketels;
- De circulatiepomp van de ringleiding;
- Regeling beveiliging en monitoring (o.a. bewaking van rendement en legionella veiligheid).

Het heeft niet de voorkeur om de ketels voor tapwater te combineren met de ketels voor ruimteverwarming omdat de laatste een veel hoger vermogen moeten hebben en meestal op een lagere temperatuur kunnen functioneren, dus met een hoger rendement. Het minimum vermogen van een tapketel (onderste modulatiebereik) mag nooit groter zijn dan een kwart van het voor tapwater benodigde vermogen (afbeelding 9.12). Als het vermogen te groot wordt, gaat de ketel bij een kleine vraag pendelen; dit kan bijvoorbeeld gebeuren wanneer er alleen warmtevraag is voor het op temperatuur houden van het circulatienet. Het rendement daalt dramatisch.

### 9.3.5 Zonneboiler

Zonneboilers leveren een deel van de warmte die nodig is voor het verwarmen van tapwater. Bepaalde typen zonneboilers leveren daarnaast ook warmte voor ruimteverwarming. Men dimensioneert zonneboilers meestal zodanig dat jaarlijks globaal de helft van het verbruik van fossiele brandstof voor tapwaterverwarming wordt bespaard. In de praktijk bespaart een collector van 2,5 à 3 m<sup>2</sup> en een watervoorraad van ± 100 liter in een gemiddeld huishouden circa 125 m<sup>3</sup> gas per jaar. De warmte-opwekking vindt niet alleen plaats wanneer de zon schijnt, het directe zonlicht, maar ook onder invloed van daglicht. Zonneboilers zijn verkrijgbaar voor individuele en voor collectieve installaties.

Een zonneboilersysteem bestaat uit:

- Een zonnecollector, of een zonnecollectorveld, hierin wordt zonlicht omgezet in warmte;
- Een warmte-opslagvat waarin de zonnewarmte uit de collectoren tijdelijk wordt opgeslagen. Bij warmtapwatervraag, wordt warmte uit het opslagvat onttrokken;
- Warmtewisselaar. Deze vormt de scheiding tussen het water uit de collector en het tapwater;
- Naverwarmer. Deze verzorgt de naverwarming van het in de collectoren voorverwarmde water.

#### De collector

De opbrengst van een zonnecollector voor een gemiddeld huishouden is maximaal als deze op het zuiden is gericht, onder een hoek van circa 45°. Zie afbeelding 9.15 voor het effect van een afwijking in oriëntatie of hellingshoek op de opbrengst. Wanneer de collector ook warmte levert voor ruimteverwarming, is de optimale hoek (ruim) 50°. Hierbij vangt de collector in de winter, bij lage zonnestand, meer energie in.

We onderscheiden de vlakkeplaatcollectoren en (vacuüm) buiscollectoren. Deze laatste zijn in een groot aantal verschillende uitvoeringen te koop. De beste hebben bij hogere temperaturen een iets hoger rendement dan de vlakkeplaatcollectoren. Dat kan een voordeel zijn als zonne-energie ook voor ruimteverwarming wordt ingezet. Een ander voordeel is de grotere flexibiliteit van sommige uitvoeringen. Zo is het bij de zg. 'direct flow-buiscollectoren' mogelijk om de collectoren vrijwel horizontaal op een plat dak te leggen, terwijl de absorber toch naar het zuiden is gedraaid. Reken per bewoner met een collector oppervlak van circa 1 m<sup>2</sup>. Extra oppervlak kost relatief weinig, maar bespaart wel naar verhouding op energie.



Afb. 9.13 Een vlakkeplaatcollector rechts (bron: Redenko/ZEN) en vacuümbuiscollector links

#### Systeemopbouw

Er zijn verschillende typen zonneboilers te onderscheiden (afbeelding 9.14). Al in een vroeg ontwerpstadium is het van belang een keuze te maken uit de verschillende typen zonneboilers. Dit omdat de verschillende onderdelen, zoals collector en opslagvat, een per type specifieke situering ten opzichte van elkaar hebben. Ook is de benodigde ruimte voor bepaalde onderdelen verschillend.

We onderscheiden:

- Terugloopsysteem (met pomp);
- Continu gevuld en gepompt systeem;
- Thermosifon systeem;
- Compact systeem.

Afb. 9.14 Overzicht van de verschillende typen zonneboilers

Type	Weringsprincipe:				
	Gepompt	Thermosifon	Compact	Naverwarmer	Comfort
Standaard	X	X		Combiketel	Als combiketel
Compact			X	Combiketel	Als combiketel
CV-zonneboiler	X			CV-ketel	Hoog
Zonneboilercombi	X			ingebouwd	Hoog

#### *Terugloopsysteem met pomp afbeelding 9.16*

Het collectorcircuit is voorzien van een pomp. Zodra de collector warmer is dan het tapwater in het voorraadvat, start de pomp. Deze pompt de collectorvloeistof op, uit een terugloopvat, naar de collector. Daar wordt deze vloeistof opgewarmd en vervolgens naar het voorraadvat getransporteerd. Hier wordt de warmte via een warmtewisselaar overgedragen aan het tapwater. Zodra de collector kouder is dan het voorraadvat, stopt de pomp en de collectorvloeistof loopt terug in het terugloopvat. Dit gebeurt ook wanneer de temperatuur in het voorraadvat te hoog (80 à 90 °C) wordt. Het terugloopsysteem is zo beveiligd tegen vorst en oververhitting. De vloeistof is (in ons land) vaak normaal leidingwater zonder toevoeging. De meeste Nederlandse zonneboilers behoren tot dit gepompte systeem.

Enige belangrijke aandachtspunten:

- De onderkant van de collector moet minimaal 0,2 meter boven de bovenkant van het terugloopvat (dit is meestal aangebracht in het voorraadvat) geïnstalleerd worden;

- Leidingen moeten vanaf de collector onder een afschot van 15 mm per meter naar het terugloopvat lopen. Zorg voor goede beugeling zodat dit afschot niet door 'verzakking' verdwijnt. De beugels moeten bestand zijn tegen 160 °C, dus van metaal zijn;
- De standaard pompen in de huidige systemen hebben een opvoerhoogte van maximaal zo'n 4 meter. Om het pompvermogen klein te houden en daarmee het energieverbruik te beperken wordt het terugloopvat zo dicht mogelijk bij de collector geplaatst;
- Let op het verbruik van de pomp en de regeling. Dit is niet te verwaarlozen. Overweeg een systeem dat zichzelf voedt via een PV-paneeltje.

#### *Continu gevuld en gepompt systeem*

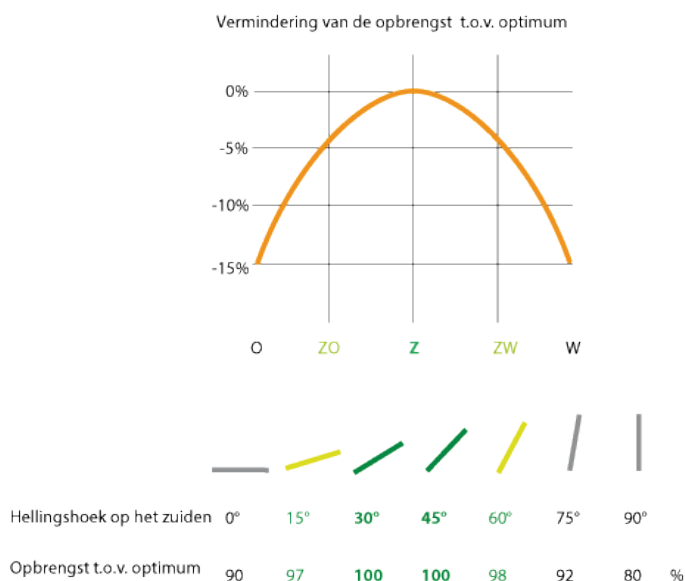
Het collectorcircuit is gevuld met antivries en hoeft dus niet leeg te lopen bij vorst. Als de temperatuur te hoog wordt, stopt de pomp. De vloeistof in de collector gaat koken en de dampbel duwt de vloeistof uit de collector naar een expansievat. Zo is het systeem beschermd tegen te hoge temperaturen. Voordeel van dit systeem is dat er geen eisen zijn aan de plaatsing van collector en boiler. Nadeel is de toepassing van antivries. Dit moet voorzien zijn van een KIWA/ATA-attest. Bij onderhoud moet het zorgvuldig opgevangen worden en op den duur kan het degraderen door te hoge temperaturen. Dat moet regelmatig gecontroleerd worden.

#### *Thermosifon systeem*

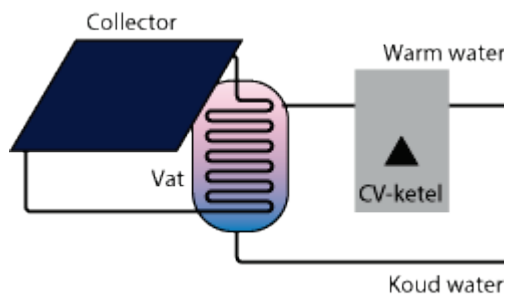
Bij de thermosifon zonneboiler ligt het voorraadvat boven de collector. Wanneer de collectorvloeistof in de collector opgewarmd wordt, stijgt deze door natuurlijke werking naar het vat. De natuurlijke circulatie spaart ongeveer 50 tot 100 kWh per jaar voor de pomp uit, met een moderne A-label pomp 20 à 40 kWh per jaar. Om het circulatiesysteem tegen vorst te beschermen moet er een middel worden toegevoegd. Dit moet voorzien zijn van een KIWA/ATA-attest. Ook is er een voorziening tegen het te warm worden van het voorraadvat: Een thermostatische klep gaat open en loost heet water. Koud leidingwater zorgt voor de koeling. Het voorraadvat kan bijvoorbeeld in de nok van een zolder aangebracht worden, mits de afstand tot de collector niet meer is dan circa 3 meter. Een bijzondere vorm van dit type is de 'heatpipe' collector, waarbij het warmtetransport plaats vindt door een proces van verdampen in de collector en condenseren in de warmtewisselaar in de boiler. Vaak worden de collector en het vat ook gecombineerd tot één compact systeem.

#### *Compact systeem (afbeelding 9.17)*

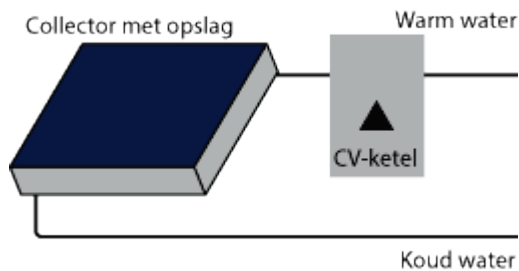
Bij dit systeem zijn het voorraadvat en de collector in één behuizing ondergebracht. Er is geen collectorcircuit, het tapwater wordt direct opgewarmd. Aan de onderzijde moet de collector grenzen aan een ruimte waar de temperatuur minimaal 10 °C bedraagt. Ook dit collectorsysteem is voorzien van een beveiliging tegen te hoge temperaturen in het voorraadvat.



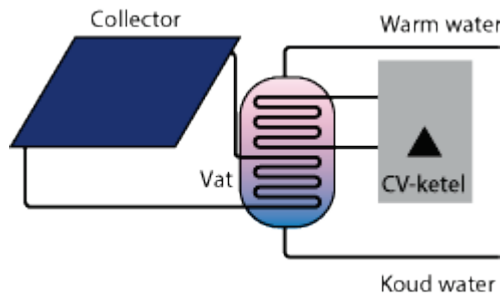
Afb. 9.15 Opbrengst zonnecollector (alleen voor tapwaterverwarming) in relatie tot oriëntatie en hellingshoek



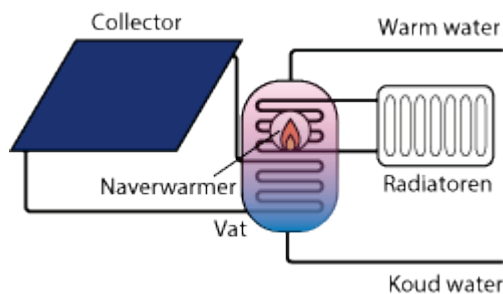
Afb. 9.16 De standaard zonneboiler. Er zijn zowel staande als liggende voorraadvaten verkrijgbaar



Afb. 9.17 De compacte zonneboiler: Zonnecollector en voorraadvat zijn in één element geïntegreerd



Afb. 9.18 De CV-zonneboiler. Het systeem is vergelijkbaar met een indirect gestookte boiler



Afb. 9.19 De zonneboilercombi. Dit type zonneboiler is een complete CV-ketel voor ruimte- en tapwaterverwarming

### Opslag en naverwarming

Er zijn drie mogelijkheden voor opslag en naverwarming van tapwater, die elk gevolgen hebben voor het comfort:

- Opslag en naverwarming zijn gescheiden. Meestal zorgt een combitoestel voor de naverwarming. Dit komt voor bij de 'standaard zonneboiler' (afbeelding 9.16) en de 'compacte zonneboiler' (afbeelding 9.17). Het tapcomfort is ten minste hetzelfde als dat van het combitoestel, mits dit voorzien is van het label 'NZ' en een onderste modulatiegrens heeft onder de 3 kW (afbeelding 9.11);
- Opslag en naverwarming zijn gecombineerd in één vat. Wel is er een apart naverwarmingstoestel dat zo nodig het water bovenin het opslagvat verder verwarmt. Men spreekt van een 'CV-zonneboiler' (afbeelding 9.18). Het tapcomfort bij dit systeem is hoog;
- Opslag en naverwarming zijn met de ruimteverwarming gecombineerd in één toestel. Dit type zonneboiler wordt een 'zonneboilercombi' (afbeelding 9.19) genoemd. Het tapcomfort is hoog.



De zonneboilercombi is zeer geschikt in combinatie met een ruimteverwarmingssysteem waarbij lage temperaturen worden gebruikt (paragraaf 7.3.8). Dit type zonneboiler (uitgaande van een collectoroppervlakte van circa 6 m<sup>2</sup>) bespaart globaal 75 à 100 m<sup>3</sup> extra ten opzichte van zonneboilers (met een oppervlakte van bijna 3 m<sup>2</sup>) die alleen warmte leveren voor tapwaterverwarming.

#### Zonneboilers in gestapelde bouw

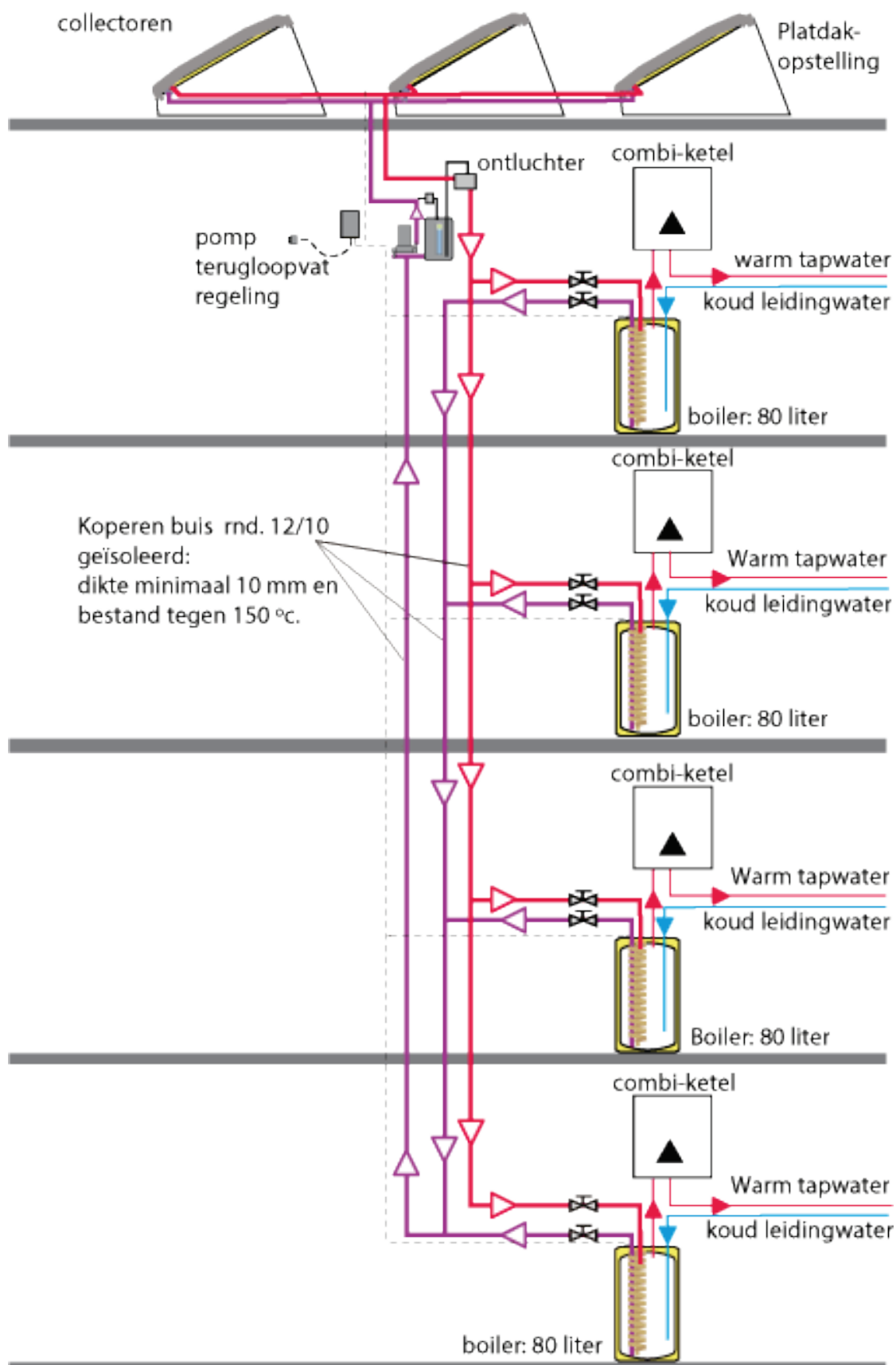
Een zonneboilersysteem in meergezinswoningen vraagt om maatwerk. Er zijn speciale systemen verkrijgbaar waarbij de installatie, eventueel voor een deel, collectief is. Dit heeft als voordeel dat het collectoroppervlak en, indien collectief, de warmwatervoorraad per woning kleiner kunnen zijn. Er zijn drie varianten:

- Geheel individueel: geschikt voor maximaal de (bovenste) vier woonlagen; de collectoren kunnen dan op het dak zijn aangebracht. De naverwarming is individueel;
- Collectief gebruik van collectoren met een individueel voorraadvat per wooneenheid. De naverwarming is individueel (afbeelding 9.21);
- Collectief gebruik van collectoren, voorraadvat(en) en naverwarming.

Het voordeel van meer collectiviteit is dat pieken beter opgevangen worden. De opbrengst is hierdoor hoger dan de som van individuele installaties met een gelijk collectoroppervlak.



Afb. 9.20 Verschillende voorbeelden van individuele zonneboilers, in Delft (boven) en Boxtel (de Zonnegolven, (Betrokken partijen: architect: Tjerk Reijenga, HBG))



Afb. 9.21 Collectief zonneboilersysteem met individuele naverwarming en opslag (Bron: Aton)



Afb. 9.22 Een collectief zonneboilersysteem op appartementencomplex Charivarius te Haarlem. Een project van Eco Energy en Pré Wonen Haarlem; (Betrokken partijen: aannemer: Panagro; architect: HMADP groep; adviseur: BOOM-S/I; Realisatie 2005; Eneco)

#### Diversen

- Bij een individuele zonneboilerinstallatie moet direct na de naverwarmer een thermostatisch mengventiel gemonteerd zijn. Hierdoor wordt het water bij te hoge temperaturen standaard gemengd tot een (ingestelde) maximum temperatuur van 60 of 65 °C. Dit voorkomt verbranding. Uit de praktijk blijkt dat dit bij collectieve installaties niet nodig is;
- De leidingen van een zonneboilersysteem moeten zeer zorgvuldig geïsoleerd worden. De isolatie moet bestand zijn tegen temperaturen van 160 °C. Ook dakdoorvoeren moeten goed geïsoleerd worden. Op het dak moet de isolatie bestand zijn tegen vocht en aanvreten door vogels of muizen;
- Omdat het niet functioneren van een zonneboiler niet opgemerkt wordt (immers: de naverwarmer komt in werking), is het aan te bevelen te zorgen voor een terugkoppeling voor de bewoner (bv in de kamerthermostaat in de woonkamer) zodat temperatuur, werking en eventuele storing te zien zijn;
- Controleer in het installatievoorschrift van een combiketel of er speciale instellingen of dergelijke nodig zijn om hem geschikt te maken als naverwarmer;
- Besteed veel aandacht aan de bouwkundige inpassing van de zonneboilerinstallatie. Denk hierbij aan o.a. de bouwkundige aansluitdetails van de collector op het dak, het leidingverloop (zo kort mogelijk, goede bevestigingsmogelijkheden) en voldoende ruimte voor plaatsing en onderhoud van het voorraadvat c.q. zonneboiler;
- Er is een kwaliteitskeurmerk voor zonneboilers, genaamd [Zonnekeur](#).

Warmte die opgewekt is met een zonneboiler wordt in de NTA 8800 gezien als hernieuwbare energie. Daarom dragen in de NTA 8800 zonneboilers niet alleen bij aan een gunstige score op de tweede BENG-indicator (primaire energie per m<sup>2</sup>), maar ook aan het aandeel hernieuwbare energie.

#### 9.3.6 Warmtepompboiler

Een warmtepompboiler [223] gebruikt de warmte uit de afgevoerde ventilatielucht uit een woning als warmtebron om tapwater te verwarmen. De warmte uit de ventilatielucht van 20 °C wordt afgekoeld naar circa 5 °C en tegelijkertijd wordt het tapwater opgewarmd van 10 °C naar 60 °C (paragraaf 7.3.3 voor een uitleg van de warmtepomp). Omdat hoge temperaturen gemaakt worden is het rendement van een warmtepompboiler niet zo hoog als dat van een warmtepomp voor ruimteverwarming. Het rendement is ook sterk afhankelijk van het fabricaat. De forfaitaire COP's van warmtepompboilers (warmtepompen op ventilatieretourlucht) liggen tussen 1,4 en 2,2.

De compressor van de warmtepompboiler heeft een relatief klein elektrisch vermogen (circa 0,5-1 kW) waarmee het bij voorkeur continu warmte uit de ventilatielucht omzet in warmtapwater. Omdat het na

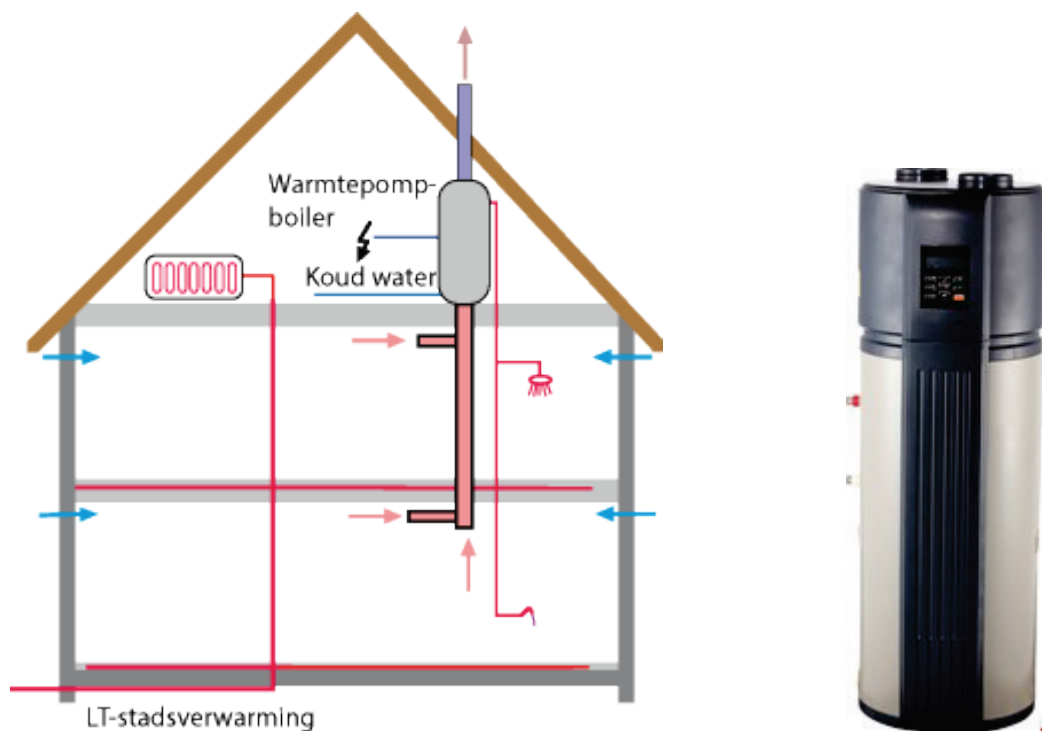
een grote tapping langer duurt voordat het afgenomen tapwater weer is bijgevuld is de warmtepomp voorzien van een grote boiler van minimaal 150 liter.

Maak de inhoud niet te groot, want dat vergroot het stand-by verlies en daarmee het energieverbruik. Als er niet genoeg warmte beschikbaar is in de ventilatielucht zal de ventilatie naar een hogere stand geschakeld moeten worden of wordt de warmteproductie overgenomen door een elektrisch (weerstandselement). Dat is allebei energieverspillend en dus ongewenst. Zorg in het ontwerp ervoor dat de minimale ventilatiehoeveelheid van de warmtepompboiler overeenkomt met de minimum ventilatie van de woning. Dat is vooral kritisch als CO<sub>2</sub>-gestuurde ventilatie wordt gebruikt.

### Let op!

Houd in het ontwerp rekening met de geluidproductie van een warmtepompboiler.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (uit de ventilatielucht) is niet te combineren met een warmtepompboiler omdat de warmte uit de ventilatielucht slechts toereikend is voor één van beide toepassingen.



Afb. 9.23 Een schema van een warmtepompboiler (links). Foto WP-boiler (Bron: Oosterbeek) (rechts)

Het basisprincipe in de NTA 8800 is dat warmte die bronzijdig door een warmtepomp wordt gebruikt (de warmte die de warmtepomp in gaat), hernieuwbare warmte is. De enige uitzondering daarop vormt de warmtepomp op ventilatieretourlucht. Bij een warmtepomp op ventilatieretourlucht is namelijk niet met zekerheid te zeggen of die warmte een hernieuwbare oorsprong heeft. Het is goed mogelijk dat die warmte opgewekt is met bijvoorbeeld een gasketel. Een ventilatieretourlucht warmtepomp levert om die reden geen positieve bijdrage aan de derde BENG indicator.

### Warmtepompboiler in de gestapelde bouw

In de gestapelde bouw, zowel nieuwbouw als renovatie, kan de warmtepompboiler zinvol ingezet worden als vervanger van elektrische boilers of afvoerloze keukengeisers. In nieuwbouwprojecten waar geen gebalanceerde ventilatie wordt toegepast kan de warmte uit de afgezogen ventilatielucht ook collectief benut worden voor warmtapwater of ruimteverwarming. Hoewel de woningen bij voorkeur individueel worden voorzien van een mechanische ventilatie box zal deze afzuiging in de hoogbouw ondersteund moeten worden door een centrale afvoerventilator. Hierbij is het eenvoudig deze te koppelen aan een warmtepomp.

### 9.3.7 Combiwarmtepomp

Een warmtepomp voor ruimteverwarming kan ook het warme tapwater leveren. Omdat het vermogen van een warmtepomp niet groot genoeg is, zijn doorstroomtoestellen niet mogelijk. Om een gelijkmatige belasting te krijgen en de ruimteverwarming niet in de weg te zitten, worden vrij grote voorraadvaten toegepast (> 150 liter). De rendementen voor tapwaterverwarming die in gelijkwaardigheidsverklaringen zijn opgenomen gelden meestal voor toepassingsklasse 4 (volgens NTA 8800 Bijlage T [30]), dus voor een hoog verbruik. Omdat het stand-by verlies van de boiler groot is en dat temperatuurniveau voor de warmtepomp extra lastig is, ligt het rendement bij een laag verbruik ongunstiger. Dit wordt onderschreven door de resultaten uit praktijkonderzoek [222]. Bij de combiwarmtepompen is het verschil tussen het rendement voor ruimteverwarming (160 tot 240% op bovenwaarde) en tapwaterverwarming (75 tot 120% op bovenwaarde) erg groot. Omdat in de meeste nieuwe woningen de vraag voor ruimteverwarming en warmtapwater ongeveer gelijk zijn, moet het rendement voor tapwaterverwarming de doorslag geven. Controleer of er geen elektrische weerstandsverwarming is ingebouwd. Dat is niet nodig bij een juiste dimensionering en het rendement daalt daardoor zeer sterk tot 50% of minder. De meeste combiwarmtepompen kunnen ook zonder elektrisch element de 60 °C halen die nodig is voor legionellapreventie. Houd rekening met een groter ruimtebeslag door de boiler en met geluid en trillingen door de warmtepomp zelf.

De warmte die bronzijdig door een combiwarmtepomp gebruikt wordt (dus de energie uit grondwater, bodem, oppervlaktewater of buitenlucht) wordt in de NTA 8800 gezien als hernieuwbare energie. Daarom dragen in de NTA 8800 combiwarmtepompen (met uitzondering van warmtepompen die gebruik maken van ventilatieretourlucht als bron) niet alleen bij aan een gunstige score op de tweede BENG-indicator (primaire energie per m<sup>2</sup>), maar ook aan het aandeel hernieuwbare energie.

### 9.3.8 Boosterwarmtepomp

De boosterwarmtepomp is een relatief nieuwe techniek. Een boosterwarmtepomp is een warmtepomp voor tapwater die zijn warmte onttrekt uit een bron met een relatief hoge temperatuur (tussen 25 en 35 °C). Dit kan bijvoorbeeld een lage temperatuur collectief warmtenet of een lage temperatuur stadsverwarmingsnet zijn.

In woongebouwen met een collectief verwarmingssysteem heeft de toepassing van individuele boosterwarmtepompen als voordeel dat het warmtapwater op woningniveau gemaakt wordt, en niet het hele gebouw door getransporteerd hoeft te worden via circulatieleidingen. De warmteverliezen die optreden bij het warmtetransport naar de woningen zijn dan veel lager (in verband met de lagere temperatuur van het LT-verwarmingssysteem t.o.v. een circulatie tapwatersysteem).

Bij toepassing van een boosterwarmtepomp moet ook rekening gehouden worden met de plaatsing van een boilervat in de woning. De boosterwarmtepomp zorgt er voor dat het boilervat op temperatuur gehouden wordt.

In de NTA 8800 wordt de bijdrage van boosterwarmtepompen aan het aandeel hernieuwbare energie berekend via de energiepost verwarming. Als de boosterwarmtepomp gebruik maakt van een verwarmingssysteem met een hernieuwbare energiebron (bijvoorbeeld een WKO-systeem), dan wordt dit gewaardeerd in de derde BENG-indicator. Als de boosterwarmtepomp gebruik maakt van een fossiele energiebron, dan is de hernieuwbare energie uiteraard gelijk aan nul.

