

Technisch rapport ST - 20

Water- en energiebesparing bij leidingwaterinstallaties

uitgave 2007





Nederlandse technische vereniging
voor installaties in gebouwen TVVL

UNETO-VNI



Water- en energiebesparing bij leidingwaterinstallaties (ST-20)

Een inventarisatie van de mogelijkheden

Versie 0.09
Documentnr 2007_MBr_01
Auteur Ir. Michiel van Bruggen
In opdracht van Uneto-VNI/TVVL

De Energiemanager
J.O. Vaillantlaan 67
1086 XZ Amsterdam
T: 06 13608931
F: 084 2275663
E: info@deenergiemanager.nl





Voorwoord

Nu het energiegebruik voor warmtapwaterbereiding een steeds belangrijker deel van het totale energiegebruik van het huishouden bepaalt, zal streven naar een efficiënter gebruik van energie (en ook drinkwater in dit geval) zich meer en meer richten op de sanitaire installaties. Er is al veel bekend over deze mogelijkheden, maar het ontbrak nog aan een goed actueel overzicht. De TVVL en Uneto-VNI hebben het initiatief genomen om een inventariserende studie te doen naar energie- en waterbesparing bij tapwaterinstallaties. De inventarisatie is tot stand gekomen door literatuuronderzoek, maar met name ook door de discussies in de werkgroep ST-20 en de gesprekken met diverse mensen uit het veld. De werkgroep ST-20 bestaat uit:

- Roel Doldersum (Voorzitter, TVVL/De Melker)
- Oscar Nuijten (Secretaris, TVVL/ISSO)
- Michiel van Bruggen (Rapporteur, De Energiemanager)
- Will Scheffer (Projectleider, Uneto-VNI)
- Aad Lansbergen (TVVL/Itho)
- Hans Wittens (TVVL/Avans+)
- Walter van der Schee (TVVL/Wolter & Dros)
- Irene van Veelen (TVVL/van Heugten)
- Eric van der Blom (TVVL/NEN)

Een aantal mensen zijn uitgebreid geïnterviewd, hun bijdrage was essentieel voor het tot stand komen van deze inventarisatie:

- Roel Doldersum, Aad Lansbergen en Will Scheffer (zie hierboven)
- Arie van Dommelen (Viega)
- Rosé Derwort (KIWA C & K)
- Kees Poortema (Vewin, thans Kiwa C&K)
- Jan Tjemme van Wieringen (Milieucentraal)
- Ben van Lammeren en Menno Schaap (Duijvelaar pompen)
- Hans Tiedink (Wilo)

Daarnaast zijn er nog vele mensen die telefonisch of per e-mail benaderd zijn in verband met deze inventarisatie en op die wijze hun bijdrage hebben kunnen leveren.





Samenvatting

Deze rapportage geeft de resultaten van een inventarisatie naar de drinkwater- en energiebesparingsmogelijkheden bij tapwaterinstallaties in woningen en utiliteitsgebouwen. Ten behoeve van deze inventarisatie is een literatuuronderzoek gedaan, zijn interviews gehouden met diverse deskundigen en zijn tussenresultaten in de werkgroep ST-20, bediscussieerd. De belangrijkste conclusies worden hier gegeven.

Algemeen

Het watergebruik van huishoudens vertoont een dalende trend. De verwachting is dat deze trend binnenkort ombuigt door een toenemend watergebruik van de douche. Douche, closetspoeling en machinewas zijn gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor circa 80% van het huishoudelijk watergebruik. De douche is verantwoordelijk voor 75% van het warmtapwatergebruik. Het energiegebruik ten behoeve van productie, transport en zuivering van drinkwater bedraagt circa 50 kWh per jaar per persoon (circa 15 m³ a.eq. per huishouden per jaar). Dit energiegebruik is zeer gering in verhouding tot het energiegebruik ten behoeve van het verwarmen van drinkwater (gemiddeld 390 m³ aardgas per huishouden per jaar). Water- en energiebesparing op het warmtapwatergebruik is dan ook relevanter dan besparing op drinkwater. Het aandeel van het totale energiegebruik van een huishouden voor warmtapwaterbereiding is op dit moment 32% en dit zal toenemen. Om in de toekomst energie-efficiënte huizen (en andere gebouwen) te bouwen zal er meer aandacht besteed moeten worden aan een efficiënter energiegebruik voor warmtapwater.

Beperk het gebruik

De laatste jaren is al veel bereikt op het gebied van het beperken van het drinkwatergebruik. Kranen en douches met geringere volumestromen zijn gemeengoed geworden. Wezenlijke besparingen op het drinkwatergebruik zijn met name mogelijk met technieken die niet zonder meer toegepast kunnen worden binnen de huidige infrastructuur. De belangrijkste aanbevelingen zijn:

- Zorg dat luxe douche-installaties die grotere volumestromen leveren ook functioneel en efficiënt gebruikt kunnen worden met kleinere volumestromen voor de dagelijkse hygiëne en eventueel recirculatie van douchewater voor de grotere volumestrome bij comfort-douches.
- Stimuleer de ontwikkeling en het gebruik van kranen waarbij het niet mogelijk is onbedoeld warmtapwater af te nemen. De keukenkraan is een tappunt waar veel korte tapmomenten plaatsvinden. Bij de huidige kranen wordt vaak onbedoeld warmtapwater afgenomen, bijvoorbeeld omdat de éénhendelmengkraan in de neutrale stand mengwater levert. Veel kleine tapmomenten gaat over het algemeen zeer ten koste van het gebruiksrendement van de warmtapwaterbereider.
- Stimuleer het gebruik van waterloze urinoirs in de utiliteit en in woningen.

Efficiënte distributie

Er is relatief veel energie nodig voor de distributie van warmtapwater. Zowel uittapleidingen als circulatieleidingen worden gekenmerkt door forse energieverliezen. Ter indicatie, circa 50% van het energiegebruik ten behoeve van een keukenkraan bestaat uit distributieverliezen. Door een zorgvuldig ontwerp van het distributiesysteem waarbij een juiste afweging wordt gemaakt tussen decentrale warmtapwaterbereiders en centrale warmtapwaterbereiders en waarbij tevens gestreefd wordt naar een minimale lengte van leidingen die deel uitmaken van een circulatiesysteem kan een forse energiebesparing op distributieverliezen gerealiseerd worden. De belangrijkste aanbevelingen ten behoeve van energiebesparing bij de distributie van warmtapwater zijn:

- Zorg voor ontwerphulpmiddelen die het mogelijk maken verschillende distributievormen te beoordelen op het energiegebruik.
- Maak geen circulatiesysteem voor tappunten die weinig gebruikt worden.



- Isoleer leidingen en appendages die deel uitmaken van een circulatiesysteem met buisisolatie van minimaal 30 mm. dikte en een warmtegeleidingscoëfficiënt van maximaal 0,035 W/m.K.
- Indien een drukverhogingsinstallatie nodig is, zorg dan dat er een aparte drukgroep gemaakt wordt voor de lager gelegen bouwlagen die kan volstaan met de door het waterbedrijf gegarandeerde druk.

Warmtapwaterbereiding

De efficiëntie van de warmtapwaterbereiding bepaalt in sterke mate het uiteindelijke energiegebruik ten behoeve van warmtapwater. Voor een efficiënt ontwerp van de warmtapwaterbereider is kennis van afnamepatronen essentieel. Deze kennis is momenteel onvoldoende voorhanden. Voor woningen is een belangrijke stap gezet met de resultaten van de TVVL/Uneto-VNI studie ST-18. De belangrijkste aanbevelingen ten aanzien van de warmtapwaterbereiding zijn:

- Gebruik warmteterugwinning op douchewater. Stimuleer het gebruik van warmteterugwinning uit douchewater bij niet-woongebouwen.
- Gebruik recirculatie van douchewater bij behoefte aan grote volumestromen bij luxe comfort-douches.
- Gebruik zonneboilers.
- Gebruik efficiënte warmtapwaterbereiders, zoals stadsverwarming, WKK, (combi) warmtepompboilers of condenserende ketels.

Realisatie en beheer

Als het ontwerp op de tekentafel energie-efficiënt is, zal dat in de praktijk nog moeten blijken. Een degelijke realisatie en efficiënt beheer garanderen de juiste werking van de tapwaterinstallatie. De belangrijkste aanbevelingen met betrekking tot realisatie en beheer zijn:

- Zorg voor goede uitvoering van isolatiewerken. Dit houdt ook in dat de isolatie van doorvoeren, appendages en beugels goed sluitend en voldoende dik (30mm) uitgevoerd zijn.
- Monitor het watergebruik en vergelijk het watergebruik met kengetallen en het gebruik van voorgaande jaren.
- Waterleidingbedrijven dienen huishoudens beter te informeren over de hoogte van het watergebruik.

Overig

Naast de aanbevelingen voor ontwerp, realisatie en beheer van de leidingwaterinstallatie worden er aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek of voor acties die op brancheniveau ondernomen kunnen worden. Deze aanbevelingen zijn:

- Onderzoek warmtapwaterafnamepatronen in woongebouwen ten behoeve van richtlijnen voor het ontwerp van warmtapwaterinstallaties.
- Actualiseer het Kiwa-keur laagverbruik op verschillende onderdelen en promoot het nieuwe Kiwa keur actief.
- Pas de Vewin werkbladen aan. Geef strengere richtlijnen voor de isolatie van warmtapwatercirculatieleidingen. Aanbevolen wordt minimaal 30 mm isolatie, in tegenstelling tot maximaal 25 mm, hetgeen nu in de werkbladen staat.
- Waterleidingbedrijven dienen huishoudens beter te informeren over de hoogte van het watergebruik.



Inhoudsopgave

VOORWOORD	I
SAMENVATTING	III
INHOUDSOPGAVE	V
1. INLEIDING	1
2. (WARM)WATERGEBRUIK IN NEDERLAND	3
2.1. ENERGIEGEBRUIK GERELATEERD AAN WATERGEBRUIK	4
2.1.1. Warmtapwatergebruik	4
2.1.2. Waterproductie en zuivering.....	5
2.2. ENERGIE- EN WATERBESPARINGSSTRATEGIEËN.....	5
3. WATERGEBRUIKENDE TOESTELLEN	7
3.1. VOLUMESTROOMKLASSEN KRANEN EN DOUCHES	7
3.2. VOLUMESTROOMBEGRENZER	8
3.3. SCHUIMSTRAALMONDSTUK.....	10
3.4. THERMOSTATISCHE MENGKRAAN	11
3.5. ERGONOMIE	13
3.6. DOUCHE	14
3.7. RECIRCULATIE VAN DOUCHEWATER	16
3.8. KEUKENKRAAN	17
3.9. WASTAFELKRAAN.....	18
3.10. BUITENKRAAN	18
3.11. CLOSET	19
3.12. SCHEIDINGSCLOSET.....	20
3.13. WATERBESPAREND CLOSET	21
3.14. VACUÛMCLOSET	23
3.15. WATERLOOS CLOSET	24
3.16. URINOIR	25
3.17. WATERLOOS URINOIR.....	25
3.18. VAATWASMACHINE.....	27
3.19. WASMACHINE	28
3.20. CONCLUSIES WATERGEBRUIKENDE TOESTELLEN	28
4. DISTRIBUTIE (WARM)TAPWATER	30
4.1. WARMTAPWATERUITTAPLEIDINGEN	30
4.1.1. Energieverspilling door wachttijden.....	30
4.1.2. toestelwachttijd	30
4.1.3. leidingdiameter en lengte.....	31
4.1.4. De $DH_{w;70}$ -factor van de leiding	31
4.1.5. Leidingisolatie	32
4.2. CIRCULATIE VAN WARMTAPWATER.....	32
4.2.1. Beperk leidingdiameter en leidinglengte	32
4.2.2. Isolatie van circulatieleidingen.....	33
4.2.3. Circulatietemperatuur	34
4.2.4. Onderbreek circulatie	35
4.2.5. Buis-in-buis circulatie bij stijgleidingen.....	35
4.2.6. Circulatiepomp	37
4.3. DRUKVERHOOGING	37
4.3.1. Typen drukverhoging	38
4.3.2. Energie-efficiënt ontwerp van drukgroepen.....	40
4.3.3. Leidingsysteem met gering drukverlies.....	41



5. WARMTAPWATERBEREIDING.....	43
5.1. ENERGIE PRESTATIE KEUR.....	43
5.2. WARMTEWISSELAARS EN STADSVERWARMING.....	44
5.3. GASGESTOOKT DOORSTROOMTOESTEL.....	45
5.4. (HR)-COMBIKETEL.....	46
5.5. VOORRAADSYSTEEM MET INTERNE WARMTEWISSELAAR.....	47
5.6. VOORRAADSYSTEEM MET EXTERNE WARMTEWISSELAAR.....	47
5.7. (COMBI)WARMTEPOMPBOILER.....	49
5.8. CLOSE-IN BOILER (COLD-FILL, HOT-FILL).....	50
5.9. (MICRO)-WKK.....	FOUT! BLADWIJZER NIET GEDEFINIEERD.
5.10. DOUCHEWATER WARMTEWISSELAAR.....	52
5.11. HUISHOUDELIJKE ZONNEBOILER.....	53
5.12. GROTE ZONNEBOILER.....	54
5.13. AFNAMEPATRONEN EN GEBRUIKSRENDEMENT.....	56
5.14. SAMENVATTING WARMTAPWATERBEREIDERS.....	56
6. HUISHOUDWATER.....	58
6.1. HEMELWATER.....	58
7. GRIJSWATER IN WONINGINSTALLATIES.....	59
8. WARMTAPWATERCONCEPTEN.....	61
8.1. DISTRIBUTIECONCEPTEN (CIRCULEREN, UITTAPPEN OF LOKAAL OPWEKKEN).....	61
8.1.1. <i>Close-in boiler versus uittappen</i>	61
8.1.2. <i>Close-in boiler versus circulatie</i>	63
8.1.3. <i>Combinatie van uittap- en circulatieleidingen</i>	64
8.1.4. <i>Tracing versus circuleren</i>	64
8.2. CENTRAAL VERSUS LOKAAL WARMTAPWATERBEREIDING (UTILITEIT).....	65
8.3. COMBINEREN MET VERWARMINGSINSTALLATIE.....	65
8.4. WOONTORENS.....	66
9. UITVOERING EN BEHEER.....	67
9.1. ISOLATIE.....	67
9.2. MONITORING.....	67
9.3. WATERMANAGEMENTSYSTEEM.....	67
9.4. GEÏNTEGREERD WATERKETENTARIEF OF HET WATERSPOOR.....	68
9.5. THERMISCH BEHEER MET HET OOG OP LEGIONELLAPREVENTIE.....	68
9.6. ONDERHOUD.....	69
9.7. GEDRAG.....	69
10. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	71
BIJLAGE 1: UITGANGSPUNTEN BIJ BEREKENINGEN.....	73
BIJLAGE 2: LITERATUUR.....	74



1. Inleiding

Voor de productie, verwarming en zuivering van drinkwater is energie nodig. Energiegebruik draagt bij aan de uitstoot van CO₂. Besparing van energie bij de bereiding van warmtapwater of het voorkomen van de verspilling van water bij het gebruik zorgen voor vermindering van emissies van CO₂ en dragen zo bij aan het verminderen van de risico's die deze emissie met zich meebrengen.

Deze inventarisatie geeft de ontwerpers van sanitaire installaties een overzicht van de diverse mogelijkheden om water en energie te besparen bij tapwaterinstallaties in woningen, woongebouwen en utiliteitsgebouwen. Daarbij wordt ingegaan op gevolgen voor het comfort en het onderhoud en de te realiseren energie- en waterbesparing.

De inventarisatie richt zich op maatregelen die nu toepasbaar zijn zonder dat dit te zeer ten koste gaat van het gebruiksgemak of het comfort van de toekomstige gebruiker.

In de inventarisatie wordt eerst ingegaan op het watergebruik in Nederland en het daarmee gepaard gaande energiegebruik. Vervolgens worden de verschillende mogelijke maatregelen beschreven. Deze maatregelen zijn als volgt geordend:

- Watergebruikende toestellen.
- Distributie van warmtapwater.
- Bereiding van warmtapwater.

Door het gebruik van andere kwaliteiten water zoals hemelwater kan bespaard worden op drinkwater. Gezondheidsrisico's en overige milieuaspecten dienen hierbij goed afgewogen te worden.

In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op het combineren van de warmtapwaterbereiding met de centrale verwarming, en op de keuze tussen centrale of decentrale warmtapwaterbereiding.

In de praktijk blijkt vaak dat een goed, efficiënt ontwerp nog niet tot een goede installatie leidt. De zorgvuldige realisatie van een installatie is van groot belang. Dit heeft bijvoorbeeld betrekking op het aanbrengen van isolatie en beugels, het maken van leidingdoorvoeren en het inregelen van de installatie. Tot slot wordt ingegaan op het beheer van de tapwaterinstallatie. Vanzelfsprekend speelt Legionellapreventie hier een grote rol, maar ook monitoring en onderhoud zijn zeer relevant voor het handhaven van de efficiëntie van de installatie en de kwaliteit van het drinkwater.

Alle uitgangspunten die zijn gehanteerd voor de diverse berekeningen in deze inventarisatie zijn gegeven in bijlage 1.

In deze inventarisatie worden verschillende termen voor het rendement van een warmtapwaterinstallatie of een warmtapwaterbereider gebruikt. Het rendement onder gebruiksomstandigheden, waarbij voor huishoudens gebruik wordt gemaakt van gestandaardiseerde afnamepatronen, wordt het 'gebruiksrendement' genoemd. Voor utilitaire toepassingen zijn geen gestandaardiseerde gebruikspatronen en is de term 'gebruiksrendement' niet genormaliseerd. Het nominale rendement van een installatie is het rendement van een warmtapwaterbereider onder genormaliseerde omstandigheden, waarbij in de meeste gevallen uitgegaan wordt van een continubelasting.



In deze inventarisatie wordt gekeken naar het energie- en watergebruik van de beschreven systemen of maatregelen. Soms kan extra energie- of waterbesparing gerealiseerd worden door componenten toe te voegen. De vraag rijst dan of het toevoegen van componenten opweegt tegen de extra energie- of waterbesparing. Een volledige afweging vergt een uitvoerige keten-analyse, dit valt buiten het bestek van deze inventarisatie.

Indien systemen op basis van elektriciteitsverbruik vergeleken worden met systemen op basis van aardgasverbruik, wordt het elektriciteitsverbruik omgerekend naar aardgas equivalenten.



2. (Warm)watergebruik in Nederland

In 2005 werd in Nederland 1087 miljoen m³ drinkwater gebruikt. Voor het huishoudelijk gebruik was 714 miljoen m³ drinkwater gebruikt. Het overige gebruik was voor de zakelijke markt, deels voor sanitaire voorzieningen en deels voor processen. Het huishoudelijk drinkwatergebruik naar toepassing is gegeven in Tabel 1.

Tabel 1: (warm)watergebruik in Nederland¹.

Toepassing	Liter/persoon,dag	Warmtapwater (60°C, afgeleid uit (1))
Bad	2,8	1,7
Douche	43,7	26,2
Wastafel	5,1	1,5
Closetspoeling	35,8	
Kleding wassen hand	1,5	1,2
Kleding wassen machine	18,0	
Afwassen hand	3,9	3,1
Afwassen machine	3,0	
Voedselbereiding	1,8	
Koffie, thee en water drinken	1,6	
Overige	6,4	
Totaal	123,8	34,7

Een gezin met vier personen verbruikt gemiddelde circa 181 m³ drinkwater per jaar. De totale kosten voor het drinkwatergebruik bedragen ongeveer 253 EUR per jaar. We kunnen concluderen dat douche, closetspoeling en machinewas gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor circa 80% van het huishoudelijk watergebruik. Het totale watergebruik door huishoudens vertoont een licht dalende trend. Deze wordt met name veroorzaakt door een afname van het gebruik van het bad. Het watergebruik voor douchen vertoont een stijgende trend, zowel frequentie als gebruiksduur zijn toegenomen. De verwachting is dat deze trend nog verder door zal zetten, zodat op duur ook het totale watergebruik per persoon zal stijgen. Met een penetratiegraad van 52% van de waterbesparende douchekop en een penetratiegraad van 70% van het closet met spoelonderbreking zijn de belangrijkste waterbesparende maatregelen al goed vertegenwoordigd. Ook het watergebruik van de wasmachine daalt: beschikten consumenten in 2001 nog over een machine die gemiddeld 80 liter per wasbeurt gebruikte, nu is dat gemiddeld 64 liter.

De rioolwaterzuivering in Nederland vindt grotendeels gecentraliseerd plaats. De laatste jaren wordt de afvoer van het hemelwater steeds meer ontkoppeld. Het hemelwater komt dan niet meer bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie terecht, maar wordt geloosd op het oppervlaktewater of direct geïnfiltreerd. Hiermee wordt voorkomen dat er overstortingen plaats moeten vinden, die tot een ernstige vervuiling kunnen leiden. De komende jaren vindt er echter rond de afvalwaterketen een aantal belangrijke ontwikkelingen plaats. Er wordt gezocht naar doelmatigere alternatieven voor het huidige afvalwatersysteem². Deze alternatieven zijn er op gericht de verschillende afvalstromen: urine (geel water), fecaliën (bruin water), bad-, douche-, was- en keukenwater (grijs

¹ TNS-NIPO watergebruik thuis, 2004

² STOWA rapport 2005-12 'Afvalwater ontketend'



water) en hemelwater gescheiden af te voeren en (eventueel lokaal) te behandelen. Deze alternatieven werken mogelijk door in de sanitaire voorzieningen in de gebouwen, bijvoorbeeld in de vorm van een scheidingscloset of waterloze urinoirs. Alhoewel deze ontwikkeling nog in de experimentele fase is, zal in deze inventarisatie wel ingegaan worden op de gevolgen voor de sanitaire installaties.

2.1. Energiegebruik gerelateerd aan watergebruik

2.1.1. Warmtapwatergebruik

Het gemiddelde aardgasverbruik van een huishouden in 2005 ten behoeve van de warmtapwatervoorziening was 390 m³. De gemiddelde kosten voor het aardgasverbruik ten behoeve van de warmtapwatervoorziening bedragen circa 225 EUR per jaar per huishouden. Dit is ongeveer dezelfde orde van grootte als de kosten ten behoeve van het drinkwatergebruik. In deze rapportage wordt steeds uitgegaan van een gasverbruik van 400 m³ aardgas (€ 228,-) voor een gezin met vier personen. In de praktijk is er een zeer grote spreiding in het aardgasverbruik, afhankelijk van type warmtapwaterbereider, type woning, sociale status, e.d.. Tabel 2 geeft een indruk van het gasverbruik, elektriciteitsverbruik en de energiekosten voor de verwarming van warmtapwater in relatie tot het type warmtapwaterbereider. Een lager verbruik wordt overigens in dit geval niet veroorzaakt door een betere efficiëntie van de warmtapwaterbereider, maar door de aard van het gebruik van de warmtapwaterbereider.

Tabel 2: Warmtapwatertoestellen en energiegebruik (Bron: milieucentraal).

Toestel	Voorraad [l]	Energie verbruik [m ³ a. eq.]	Energiekosten [EUR/jaar]
Zonneboiler* met 2,8 m ² collectoroppervlak, (naverwarming met gas combiketel)	100 liter	200*	€ 114
Keukengeiser	nvt	260	€ 148
Badgeiser	nvt	330	€ 188
Combiketel Doorstroomtoestel	0-10	385**	€ 219
Combiketel Voorraadtoestel (cv-boiler)	10-100	425	€ 242
Grote elektrische boiler	70-120 liter	528 (1900 kWh)	€ 361
Warmtepompboiler of combiwarmtepomp	80-200 liter	264 (950 kWh)	€ 181
Miniboiler als tweede toestel (keuken, close-in of plintboiler)	10-20 liter	194*** (700 kWh)	€ 133

*Exclusief 34 kWh voor een pompje. Dit komt overeen met 9,4 m³ gas per jaar.
**Exclusief 200 kWh voor de cv-pomp en regeltechniek. Dit komt overeen met 56 m³ gas per jaar, maar dit is grotendeels voor ruimteverwarming.
***Het verbruik van de energiegebruik van de miniboiler is laag omdat deze slechts in een klein deel van de warmtapwaterbehoefte voorziet.



Terwijl het aardgasverbruik voor ruimteverwarming de afgelopen jaren een sterk dalende trend vertoonde, is het aardgasverbruik voor de warmtapwaterbereiding licht gestegen. Het aandeel van het gasverbruik voor warmtapwaterbereiding in het totale aardgasverbruik neemt hierdoor flink toe tot 23%. Het gemiddelde gasverbruik voor warmtapwater is zelfs 32% van het gemiddelde gasverbruik voor ruimteverwarming. De relevantie van energiebesparende maatregelen op het gebied van de warmtapwaterinstallatie wordt daardoor ook steeds groter.

2.1.2. Waterproductie en zuivering

De productie van drinkwater kost gemiddelde 0,48 kWh³ per m³, waarvan 0,16 kWh per m³ duurzaam opgewekt wordt. De zuivering van afvalwater kost circa 27,6 kWh⁴ per inwoner equivalent (i.e.) per jaar⁵. Het energiegebruik ten behoeve van het transport van afvalwater is onbekend. Het totale energiegebruik voor drinkwaterproductie en afvalwaterzuivering ten gevolge van het drinkwatergebruik per persoon bedraagt ongeveer 50 kWh. Omgerekend naar primaire energie is dit 14 m³ aardgas equivalenten. Aangezien het aardgasverbruik ten behoeve van warmtapwaterbereiding per persoon circa 134 m³ per jaar bedraagt, kunnen we concluderen dat in verhouding tot de energie die nodig voor warmtapwaterproductie het energiegebruik voor productie van drinkwater en zuivering van afvalwater gering is.

Voor consumenten kunnen de kosten voor het rioolrecht echter aanzienlijk zijn (circa € 125 per gezin met vier personen per jaar⁶). Deze kosten zijn echter over het algemeen niet afhankelijk van het drinkwatergebruik. Door koppeling van de kosten van het rioolrecht aan het watergebruik (het waterketentarief of ook wel waterspoor genoemd) wordt een financiële stimulans geïntroduceerd om water te besparen, zie ook paragraaf 9.4.

De productie van schoon drinkwater vormt een zekere belasting voor het milieu. Oppervlaktewater bijvoorbeeld is vaak verontreinigd als gevolg van lozingen van chemisch afval en het gebruik van mest en bestrijdingsmiddelen in de landbouw. Om dit water schoon te krijgen ten behoeve van de drinkwatervoorziening zijn desinfectiemiddelen en chemicaliën nodig. Een afvalproduct dat bij dit reinigingsproces ontstaat, is vervuild slib. Dit slib moet worden verwerkt of opgeslagen. De winning van grondwater draagt ook bij aan de daling van de grondwaterspiegel en daardoor aan verdroging van bijvoorbeeld natuurgebieden.

Van de milieueffecten die gerelateerd kunnen worden aan het gebruik van drinkwater (energiegebruik voor verwarming van tapwater, energiegebruik voor productie en zuivering, gebruik van chemicaliën en verdroging) is het energiegebruik voor het verwarmen van tapwater het meest relevant.

2.2. Energie- en waterbesparingsstrategieën

Voor energiebesparing en waterbesparing worden vergelijkbare strategieën gebruikt. Deze strategie, de Trias Energetica, wordt gekenmerkt door de volgende stappen:

³ Water in zicht 2003, Vewin

⁴ Infomil rioolwaterzuiveringsinrichtingen, 2006

⁵ Inwoner equivalent is een (ruime) maat voor de hoeveelheid afvalwater die één persoon produceert. Een gemiddelde huishouden wordt geschat op drie i.e.

⁶ Riool in cijfers, 2005-2006. Stichting Rioned. In de praktijk is er een forse spreiding van gemeente tot gemeente in de kosten voor het rioolrecht.



1. beperk de behoefte aan energie en water, voorkom verspilling
2. gebruik duurzame water- en energiebronnen,
3. gebruik fossiele energiebronnen efficiënt.

In stap één kijken we naar het watergebruik aan het tappunt. Kunnen we het energie- en watergebruik daar verminderen door bijvoorbeeld een kleinere volumestroom, een lagere tapttemperatuur of een kortere gebruiksduur? Ook lekkages verdienen in deze stap de aandacht. In Tabel 3 zien we de waterverspilling van lekkende kranen op basis van het aantal druppels per minuut.

Tabel 3: waterverspilling en kosten tengevolge van waterverspilling bij lekkende kranen.

10 druppels per minuut	1,1 m ³ per jaar	€ 1,50 per jaar
30 druppels per minuut	3,3 m ³ per jaar	€ 4,60 per jaar
60 druppels per minuut	6,6 m ³ per jaar	€ 9,20 per jaar
90 druppels per minuut	9,9 m ³ per jaar	€ 13,90 per jaar
120 druppels per minuut	13,2 m ³ per jaar	€ 18,50 per jaar

Het beperken van de behoefte heeft ook betrekking op het hergebruik van water of energie, zoals bijvoorbeeld met een douchewarmtewisselaar, recirculatie van douchewater of het hergebruik van grijs water.

In stap twee kijken we naar de mogelijke toepassing van duurzame bronnen, bijvoorbeeld zonne-energie voor de opwekking van warmtapwater of hemelwater voor het gebruik van de closetspoeling.

In stap drie wordt gekeken naar de efficiënte bereiding van warmtapwater, bijvoorbeeld door gebruik van een (combi)warmtepompboiler.

3. Watergebruikende toestellen

Warmtapwaterbesparing aan de tappunten kan gerealiseerd worden door:

- de volumestroom te beperken,
- de gebruiksduur te beperken,
- de temperatuur zo laag mogelijk te houden.

Een goede kraan geeft de gebruiker de controle over deze drie karakteristieken, waarbij de basisstand van een eenhendelsmengkraan gekenmerkt wordt door een lage volumestroom, koudwaterafname en een korte gebruiksduur. Ergonomie van de kraan speelt dan ook een belangrijke rol bij de uiteindelijke energie- efficiëntie.

Bij spoeltoestellen gaat ook het afvoersysteem een grote rol spelen. Het spoelvolume van een closet is immers vooral gebaseerd op het kunnen afvoeren van de feces. Bij verdergaande beperking van het spoelvolume moeten er speciale voorzieningen opgenomen worden in de riolering.

3.1. Volumestroomklassen kranen en douches

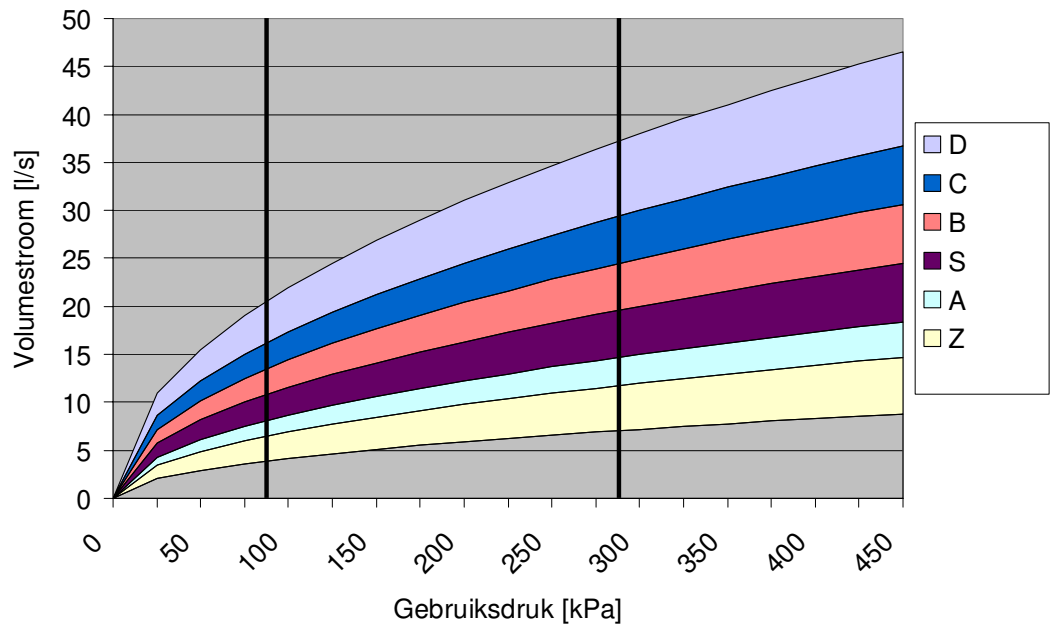
De volumestromen van kranen (en hiermee tevens voor schuimstraalmondstukken en volumestroombegrenzers) en douches worden onderverdeeld in klassen. Bij kranen worden normaliter de volumestroomklassen voor het schuimstraalmondstuk gehanteerd. Deze zijn gegeven in Tabel 4. In Tabel 5. zijn de volumestroomklassen voor douchekoppen gegeven. De volumestroom van een kraan of douche is afhankelijk van de gebruiksdruk. De relatie tussen volumestroomklassen en de gebruiksdruk is gegeven in Figuur 1.

Tabel 4: Volumestroomklassen schuimstraalmondstukken, bij gebruiksdruk van 300 kPa en 100 kPa voor de kraan (conform NEN-EN 246).

Klasse	Volumestroom bij 300 kPa [l/min]	Volumestroom bij 100 kPa [l/min]
Z	7,2-9	4,2-5,2
A	>9-15	>5,2-8,7
S	>15-20	>8,7-11,5
B	>20-25	>11,5-14,4
C	>25-30	>14,4-17,3
D	>30-38	>17,3-21,9

Tabel 5: Volumestroomklassen douches bij gebruiksdruk van 300 kPa en 100 kPa voor de douchekop (conform NEN-EN 1112).

Klasse	Volumestroom bij 300 kPa [l/min]	Volumestroom bij 100 kPa [l/min]
Z	7,2-12	4,2-6,9
A	>12-15	>6,9-8,7
S	>15-20	>8,7-11,5
B	>20-25	>11,5-14,4
C	>25-30	>14,4-17,3
D	>30-38	>17,3-21,9



Figuur 1: Volumestroomklassen douches, bij verschillende gebruiksdrukken.

Voor douches en schuimstraalmondstukken is ook een KIWA-keur laagverbruik gedefinieerd. Dit betreffen douches en schuimstraalmondstukken met volumeklasse Z. Ook kranen met een vergrendeling van de volumestroom voldoen aan het KIWA-keur laagverbruik. Het KIWA-keur laagverbruik speelt nauwelijks meer een rol in de markt. Aanbevolen wordt het keurmerk te herijken en actief te promoten. Ten aanzien van herijking kan gedacht worden aan de volgende aspecten:

- Het regelbereik van een kraan, Als een kraan een relatief groot regelbereik heeft is een lagere volumestroom makkelijker te kiezen.
- Een fysieke barrière bij eenhendelmengkranen voor het afnemen van warmtapwater.
- Overige ergonomische aspecten.

Aandachtspunten:

- Bij kranen en douches met een geringe volumestroom dient de volumestroom altijd getoetst te worden aan de tapdrempel van de warmtapwaterbereider.

Literatuur:

BRL 607: Mengkranen

BRL 658: Douchekoppen

NEN-EN 1112: Douchekoppen

NEN-EN 246: Schuimstraalmondstukken.

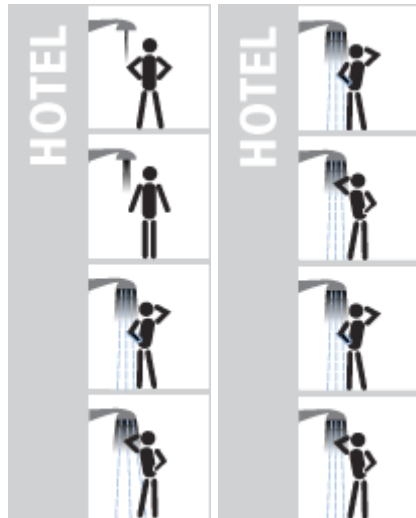
www.infobladen-water.nl/: controleprogramma tapdrempel

3.2. Volumestroombegrenzer

De volumestroombegrenzer zorgt voor een verminderde volumestroom aan het tappunt. Er wordt onderscheid gemaakt tussen gewone volumestroombegrenzers en drukonafhankelijke volumestroombegrenzers. De gewone volumestroombegrenzer verkleint in feite de doorstromopeningen. Hierdoor ontstaat er meer drukverlies en dus een kleinere volumestroom.

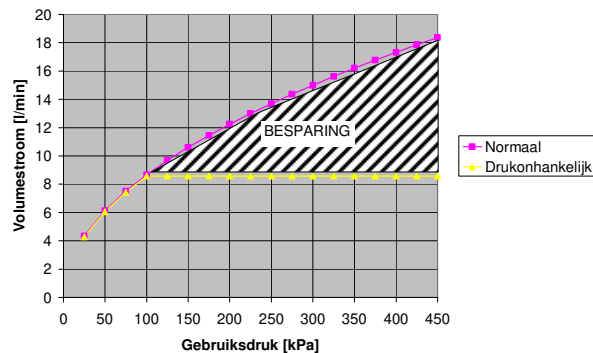


Naast het beperken van het watergebruik kunnen drukonafhankelijke volumestroombegrenzers gebruikt worden om variaties van de druk in het waterleidingstelsel op te vangen. Ook voor het compenseren van verschillen in gebruiksdruk, bijvoorbeeld bij gebouwen met meerdere verdiepingen, kunnen drukonafhankelijke volumestroombegrenzers gebruikt worden, zie Figuur 2.

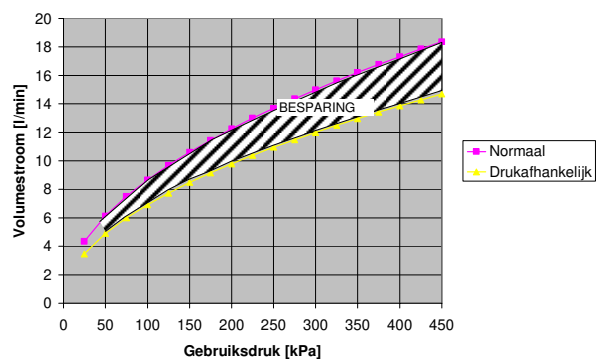


Figuur 2: Compenseren van verschillen in gebruiksdruk (bron: Neoperl)

De waterbesparing door de volumestroombegrenzer wordt geïllustreerd in Figuur 3 en Figuur 4.



Figuur 3: Waterbesparing door drukonafhankelijke volumestroombegrenzer.



Figuur 4: Waterbesparing door normale drukafhankelijke volumestroombegrenzer.



Er zijn volumestroombegrenzers die uitgerust zijn met de mogelijkheid om handmatig de volumestroom nog bij te regelen zodat ook grotere volumestromen mogelijk zijn. Dit is met name relevant bij tappunten waar ook behoefte is aan grotere volumestromen, zoals bijvoorbeeld in een keuken.

Een volumestroombegrenzer wordt vaak gecombineerd met een schuimstraalmondstuk (zie paragraaf 3.3).

De besparing door het toepassen van een volumestroombegrenzer is erg afhankelijk van de situatie. De meeste besparing is te realiseren bij de douche. Het toepassen van een volumestroombegrenzer (of waterbesparende douchekop) bij een douche leidt gemiddeld tot een besparing van circa 20%. De besparing gegeven in Tabel 6

Tabel 6: Gemiddeld effect van volumestroombegrenzer bij douches.

	Per persoon	Gezin met vier personen	
Vermindering Drinkwatergebruik (incl warmwater)	3	12	m ³ per jaar
Vermindering warmwatergebruik	2	8	m ³ per jaar
Vermindering aardgasverbruik	13	52	m ³ per jaar
Kostenbesparing	€ 11,60	€ 46,40	EUR per jaar

Aandachtspunten:

- Kies de juiste volumestroombegrenzer bij de gewenste volumestroom.
- Let op de druk bij welke de volumestroombegrenzer de volumestroom gaat regelen. Gangbaar is een drempelwaarde van 100 kPa. Er zijn speciale modellen op de markt die al vanaf een gebruiksdruk van 20 kPa beginnen met het reduceren van de volumestroom.
- Controleer of de volumestroombegrenzer geschikt is voor de (warmtapwater)temperaturen waarbij deze toegepast wordt. De volumestroombegrenzer maakt vaak gebruik van een elastomeer, welke gevoelig is voor temperatuur.
- Sommige volumestroom warmtapwatertoestellen worden gekenmerkt door een tapdrempel: pas bij een zekere warmtapwaterafname zal de brander in werking treden. In bestaande situaties dient de warmtapwatervolumestroom met volumestroombegrenzer niet kleiner te zijn dan de tapdrempel van het de warmtapwaterbereider. In nieuwbouwsituaties dient de tapdrempel van de warmtapwaterbereider niet groter te zijn dan de kleinste te verwachten warmtapwatervolumestroom⁷.

Literatuur:
BRL625: Doorstroombegrenzers.

3.3. Schuimstraalmondstuk

Een schuimstraalmondstuk zorgt er voor dat een geringe volumestroom toch ervaren wordt als een volle straal, die ook minder spettert. Dit wordt bewerkstelligd door het bijmengen van lucht. Deze techniek kan zowel bij

⁷ Zie ook www.infobladen-water.nl



kranen als bij douches gebruikt worden. Het schuimstraalmondstuk wordt vaak gebruikt bij volumestroombegrenzers. Indien er een schuimstraalmondstuk gebruikt wordt met klasse A of Z is er sprake van een waterbesparende maatregel. Het schuimstraalmondstuk zorgt er voor dat bij een geringe volumestroom een comfortabel gebruik mogelijk is. Er bestaan twee technieken:

- Atomisers zorgen er voor dat de straal verdeeld wordt in zeer kleine druppeltjes. Dit type kan gebruikt worden voor geconcentreerde stralen. Door de kleine druppeltjes kan de kraan sterk gaan nevelen.
- Aerators zorgen er voor dat in de waterdruppel een belletje lucht opgesloten zit, de waterdruppels zijn dus hol. Deze techniek wordt het meest toegepast.



Figuur 5: Waterstraal zonder schuimstraalmondstuk en straal met schuimstraal mondstuk. (Bron: Neoperl) .

Aandachtspunten:

- Bij het gebruik van schuimstraalmondstukken kunnen aërosolen gevormd worden. In specifieke situaties waar hoge risico's zijn voor besmetting door bacteriën via de lucht, bijvoorbeeld in ziekenhuizen, wordt het gebruik van schuimstraalmondstukken afgeraden. Wel kunnen systemen gebruikt worden die zorgen voor een spreiding van de straal, zie Figuur 6.



Figuur 6: gespreide straal: laag gebruik, geen relevante hoeveelheid aerosolen (Bron: Neoperl).

- Doordat het schuimstraalmondstuk bestaat uit een mondstuk met zeer kleine gaatjes is er risico voor verstoppingen door kalkafzetting. Let er op dat het schuimstraalmondstuk is uitgerust met een eenvoudig te onderhouden gruisfilter.
- Kies het juiste schuimstraalmondstuk bij de gewenste volumestroom. Zie voor volumeklasse-indeling van schuimstraalmondstukken paragraaf 3.1.

Aanbeveling

Aanbevolen wordt schuimstraalmondstukken in combinatie met een volumestroombegrenzer toe te passen voor keuken- en wastafelkranen.

Literatuur:

NEN-EN 246: Schuimstraalmondstukken.

www.neoperl.com

3.4. Thermostatische mengkraan

De thermostatische kraan verhoogt het comfort, vermindert het risico op verbranding en zorgt voor drinkwater- en warmtapwaterbesparing..

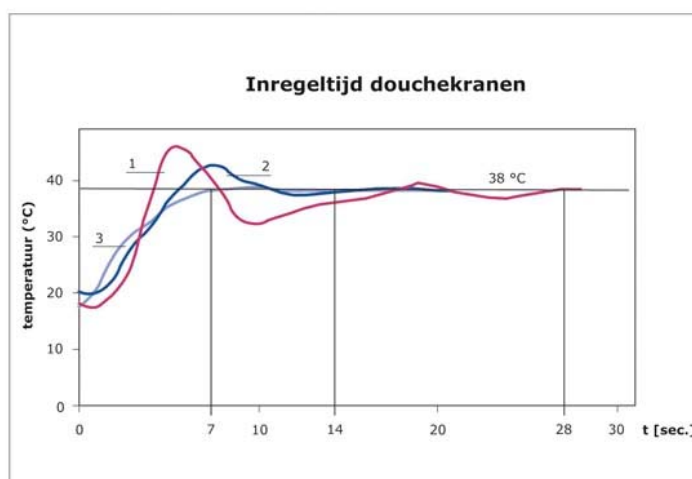
De thermostatische mengkraan zorgt voor een constante temperatuur aan het tappunt. Indien de gewenste temperatuur nog niet bereikt is zal de thermostaat er voor zorgen dat er alleen water toegevoerd wordt vanuit de warmtapwaterleiding. Hierdoor is er sneller warm water aan het tappunt dan bij bijvoorbeeld een één-hendel mengkraan. Er is dus minder verlies van (koud) drinkwater. Het effect van de thermostatische kraan op het drinkwatergebruik is klein. Deze is gegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Effect van thermostatische kraan op wachttijden en drinkwaterverlies.

Inwendige middellijn [mm]	Wachttijd zonder thermostatische kraan [s]	Wachttijd met thermostatische kraan. [s]	drinkwaterbesparing per tapping [liter]
8*	8,8	5,3	0,35
10	13,7	8,2	0,55
13	23,2	13,9	0,93

*Bij deze binnendiameter zal de stroomsnelheid bij grotere volumestromen dan 6 l/min groter worden dan 2 m/s.

Besparing van warmtapwater treedt op doordat er minder tijd nodig is voor het instellen van de juiste temperatuur. Zie Figuur 7.



Figuur 7: Karakteristiek van het inregelen Inregelen bij 1: ééngreeps kraan, 2: tweeknopsmengkraan en 3: thermostatische kraan (Bron Uneto-VNI).

De totale besparing ten gevolge van kortere wachttijden en korte inregelperiode is beperkt. Per douchebeurt is de besparing ongeveer 1,5 liter warm water. Per persoon is de besparing op jaarbasis circa 0,5 m³ drinkwater en 3,3 m³ aardgas. De kostenbesparing per persoon is € 2,60 per persoon per jaar.

Bij collectieve installaties (zwembaden, sportgelegenheden) is er een besparing mogelijk door de uittaptemperatuur relatief laag te houden. Door de lagere temperatuur en daardoor de wellicht ook kortere doucheduur is er een besparing op het warmtapwatergebruik.



Tabel 8: Warmtapwaterbesparing door lagere temperatuur (exclusief effect van kortere doucheduur).

Temperatuur [°C]	Energiebesparing	Kosteneffect* [EUR/jaar]
40	-7%	€ -38
39	-4%	€ -19
38 (standaard)	0%	€ 0
37	4%	€ +19
36	7%	€ +38
35	11%	€ +57

Uitgaande van een intensief douchegebruik (bijvoorbeeld zwembad) met een watergebruik van 150 m³ per douche per jaar.

Aandachtspunten:

- De stroomsnelheid in de warmtapwaterleiding is bij toepassing van een thermostatische kraan in eerste instantie hoog. Er wordt immers in eerste instantie enkel warmtapwater afgenomen. Dit kan met tijdelijk hogere stroomsnelheden in de warmtapwaterleidingen gepaard gaan. Of hierdoor een kans op ongewenste geluidsproductie is moet blijken uit TVVL/Uneto-VNI studie ST 19. Gezien de korte duur van de hogere stroomsnelheden wordt hier in het ontwerp over het algemeen geen rekening mee gehouden.
- Door kalkafzetting in de thermostaat kan de werking naar verloop van tijd minder worden.
- Een thermostatische mengkraan kan niet worden gecombineerd met een keukengeiser en een niet-modulerende douche- of badgeiser. Een modulerende badgeiser moet van voldoende capaciteit zijn (min. 18 kW).
- Bij collectieve installaties en centraal toegepaste thermostaatkranen dient extra aandacht te zijn voor de richtlijnen met betrekking tot de preventie van de uitgroei van de Legionellabacterie.

Aanbeveling

In woningen worden thermostatische mengkranen voor douches vanuit veiligheids- en comfortoverwegingen aanbevolen. Bij collectieve voorzieningen wordt aanbevolen de uittaptemperatuur op het tappunt thermostatisch te regelen met een minimum temperatuur van 35°C en een maximum temperatuur van 38°C.

3.5. Ergonomie

De ergonomie van een taptoestel (kraan, closet) bepaalt de wijze waarop het taptoestel gebruikt wordt. De ergonomie van een kraan kan de gebruiker bewust maken van het feit dat er een grotere volumestroom, een hogere temperatuur of een lange gebruiksduur gekozen wordt. In Figuur 8 en in Figuur 9 wordt hier een voorbeeld van gegeven.



Figuur 8: Grotere volumestroom is alleen mogelijk na het overbruggen van een fysieke barriere (bron Venlo Sanitair).



Figuur 9: Er wordt geen warmtapwater afgenomen in de 'basisstand' van de eenhendelsmengkraan (bron Venlo Sanitair).

Aanbevolen wordt het KIWA keurmerk 'laag verbruik' te herzien en uit te breiden met (meer) ergonomische aspecten.

3.6. Douche

De douche in huishoudens wordt gekenmerkt door:

- Groot warmtapwatergebruik, de douche is de grootste warmtapwater gebruiker in het huis.
- Afname gedurende langere tijd, een douchebeurt duurt gemiddeld circa 8 minuten.
- Een taptemperatuur van circa 38°C.

Er is een tendens naar het gebruik van luxere douches waarbij grotere volumestromen nodig zijn en dientengevolge ook een grotere capaciteit van de warmtapwaterbereider. Het gebruik van luxe douche-producten hoeft energie- en waterbesparing niet in de weg te staan. Als de installatie er in voorziet dat voor het dagelijkse, reguliere gebruik een water- en energie-efficiënte systeem gebruikt wordt, zal door de incidentele 'comfort-douche' het energie- en watergebruik niet te veel toenemen. Dit betekent een uitdaging voor de producenten van doucheproducten om producten te leveren die én een optimale 'wellnessbeleving' hebben én de mogelijkheid bieden om functioneel en efficiënt gebruik te kunnen maken van de douche, zie bijvoorbeeld paragraaf 3.7. De installateurs hebben de taak hun klanten voor te lichten over de mogelijkheden en consequenties van dergelijke producten. Tevens is het de taak van de installateur om een installatie te realiseren die in staat is om grotere hoeveelheden warmtapwater te leveren ten behoeve van een comfortdouche en kleinere volumestromen warmtapwater ten behoeve van de reguliere douche.

Om water en energiegebruik door de douches te beperken kunnen de volgende richtlijnen aangehouden te worden:

- Kies een waterbesparende douchekop (klasse Z).
- Maak gebruik van een drukonafhankelijke volumestroombegrenzer.



- Beperk de leidingwachtijd (GIW: maximaal 30 seconden totale wachttijd, richtlijn: leidingwachtijd maximaal 20 sec)
- Maak gebruik van een thermostatische mengkraan.
- Kies in collectieve voorzieningen zelfsluitende kranen met bediening door drukknoppen of sensoren conform NEN-EN 817.
- Kies voor een relatief lage temperatuurinstelling bij thermostatische kranen aan de tappunten in collectieve installaties.
- Kies voor warmteterugwinning uit douchewater (zie paragraaf 5.10).

Verder zijn er nog enkele ergonomische aspecten die (warm)watergebruik door de douches beïnvloeden:

- Volumestroomregelaar op de douchekop: De volumestroom van de douchekop is te regelen. Dit kan met een schuifje, een knop of het draaien van de douchekop. De volumestroom mag niet aan de douchekop afgesloten kunnen worden.
- Temperatuurbegrenzer op de kraan. Dit is gebruikelijk bij de thermostatische kraan. Een taptemperatuur van 38°C kan niet overschreden worden zonder eerst een knopje in te drukken. De belangrijkste reden voor deze begrenzing is veiligheid.
- Volumestroombegrenzer op de kraan. Een mechanische begrenzing van de volumestroom. Pas als (bijvoorbeeld) een knopje wordt ingedrukt worden grotere volumestromen mogelijk.

In Tabel 9 zijn het drinkwatergebruik, aardgasverbruik en de totale kosten ten gevolge van het verbruik van het douchen in huishoudens gegeven. Door het uitvoeren van waterbesparende maatregelen kan gemiddeld circa 20% bespaard worden op drinkwater- en aardgasverbruik. Door het toepassen van warmteterugwinning op douchewater, kan nog eens 30% bespaard worden op het aardgasverbruik. In Tabel 10 is het effect van het toepassen van waterbesparende maatregelen en douchewaterwarmteterugwinning gegeven.

Tabel 9: Drinkwatergebruik, aardgasverbruik en totale kosten van douchen bij huishoudens.

	Per persoon	Gezin met twee kinderen
Drinkwater	16 m ³ per jaar	64 m ³ per jaar
Aardgas	100 m ³ per jaar	400 m ³ per jaar
Kosten	€ 80,- per jaar	€ 320,- per jaar

Tabel 10: Kostenbesparing ten gevolge van waterbesparende maatregelen en douchewater warmteterugwinning.

	Per persoon	Gezin met twee kinderen
Waterbesparende maatregelen	€ 16,- per jaar	€ 64,- per jaar
DouchewaterWTW	€ 17,- per jaar	€ 68,- per jaar
DouchewaterWTW incl besparende maatregelen.	€ 30,- per jaar	€ 118,- per jaar

Aandachtspunten:

- De tapdrempel is de volumestroom waaronder het warmtapwatertoestel niet in werking treedt. Sommige gasgestookte doorstroomtoestellen kunnen, door hun tapdrempel, geen kleine volumestroom warmtapwater leveren. Dit is niet het geval bij boilers, stadsverwarming of circulatiesystemen.



- Bij warmtapwaterbereiders met een beperkt vermogen (minder dan 8 kW) en dus een beperkte warmtapwatervolumestroom (zoals de keukengeiser) zorgt de de douchekop met een laag watergebruik weliswaar voor een verbeterd comfort (een beter sproeibeeld) maar heeft weinig toegevoegde waarde, de warmtapwaterbereider kan immers niet meer water leveren.
- Drukschommelingen in het leidingnet, bijvoorbeeld ten gevolge van gelijktijdige warm- of koudwaterafname kunnen temperatuurschommelingen tot gevolg hebben. Met een thermostatische mengkraan treedt dit effect minder op.
- De volumestroom mag in het mengwaterdeel van de douche niet geheel afgesloten kunnen worden. Hierdoor zou een kruisverbinding ontstaan waardoor warmtapwater in de koudwaterleiding kan komen.
- Omdat bij waterbesparende douchekoppen de weerstand in de douchekop groter is, ontstaat in de doucheslang een hogere druk dan bij gewone douchekoppen. De doucheslang moet geschikt zijn voor die hogere druk: 300 - 500 kPa, afhankelijk van de druk in de installatie. Een doucheslang die voldoet aan BRL-K668 (en daarmee aan NEN-EN 1113) is geschikt voor een voordruk tot 500 kPa.

Aanbeveling:

Gebruik een waterbesparende douchekop (klasse Z). Zorg bij comfortdouches dat er de mogelijkheid is voor efficiënt gebruik ten behoeve van het dagelijks gebruik.

3.7. Recirculatie van douchewater

Een van de mogelijkheden om doucheluxe en wellness enerzijds en (extreme) waterbesparing anderzijds binnen een doucheconcept te combineren, is het recirculeren van douchewater met een intelligent pompsysteem. Zo kan men met 7 liter water beschikken over een volumestroom van 50 l/min. Daarbij kan bijvoorbeeld gekozen worden voor een powerdouche of regendouche, maar ook voor zij- en rugjets.

De recirculatiestand dient pas na het wassen ingeschakeld te worden. Voor de functionele douche levert dit systeem dan ook geen besparing op. Pas als overgeschakeld wordt naar de 'comfortmodus' treedt het recyclesysteem in werking. Een belangrijk voordeel is dat bij slechts een beperkt vermogen van de warmtapwaterbereider een forse warmtapwatervolumestroom verkregen wordt.

Voor het circuleren is een pomp nodig met een aanzienlijk vermogen. De besparing op warmtapwater, vergeleken met een vergelijkbaar systeem zonder circulatie, weegt daar echter ruimschoots tegen op.

In Tabel 11 is een vergelijking gegeven van een reguliere comfortdouche (met een volumestroom van 15 liter per minuut) en een douche met recirculatie van douchewater.



Tabel 11: Douchewater recirculatie vergeleken met reguliere comfortdouche.

	Reguliere comfortdouche	Comfortdouche met recirculatie
Drinkwatergebruik	255 liter	120 liter
Aardgasverbruik	1,6 m ³	0,8 m ³
Elektriciteitsverbruik	0	165 Wh
Kosten	€ 1,26	€ 0,62
Comfortdouche met een volumestroom van 15 l/min. Uitgegaan wordt van 7 minuten gebruik zonder recirculatie ten behoeve van het wassen, daaropvolgend 10 minuten met recirculatie (dus een totale douchetijd van 17 minuten). Aangenomen wordt dat een circulatiepomp nodig is met een vermogen van 1 kilowatt. Aangenomen is dat bij recirculatiebedrijf 10% van water- en warmtebehoefte geleverd wordt door vers (verwarmd) drinkwater.		

3.8. Keukenkraan

Het gemiddelde huishoudelijke watergebruik van de keukenkraan is circa 10 liter drinkwater per persoon per dag, waarvan naar schatting 4 liter warm water (60°C).

Het warmtapwatergebruik aan de keukenkraan kenmerkt zich door veel korte tapmomenten (circa 15 per dag) van verschillende temperaturen. Verder is er soms behoefte aan een bepaald volume warmtapwater (bijvoorbeeld bij schoonmaken voor het vullen van een emmer) en soms behoefte aan een bepaalde volumestroom (zoals bijvoorbeeld handen wassen). Als er behoefte is aan een volume water, is er een voorkeur voor een groot debiet. In andere gevallen is er een voorkeur voor een lager debiet. Ook ten aanzien van de temperatuur is de variatie in de behoefte groot. Bij schoonmaken worden hoge temperaturen gevraagd. In veel gevallen is water van een beperkte temperatuur voldoende. Een ander belangrijk gegeven van de keukenkraan is dat deze vaak relatief ver verwijderd is van de warmtapwaterbereider. In sommige gevallen kan een close-in boiler nabij de keukenkraan energetisch gunstiger zijn. Hier wordt verder op ingegaan in paragraaf 8.1.1

De vele korte tapmomenten kunnen voor ernstige verlaging van het gebruiksrendement van de warmtapwaterinstallatie zorgen als (onbedoeld) steeds kleine hoeveelheden warmtapwater afgenomen worden. Dit gebeurt bijvoorbeeld veelvuldig bij éénhendelmengkranen waarbij in de middelste stand mengwater getapt wordt. Bij gasegestookte doorstroomtoestellen zal de ketel steeds in werking treden. Elke extra start/stop van de ketel heeft een nadelig effect op het gebruiksrendement en de levensduur, met name omdat de massa van de warmtewisselaar in de ketel in zijn geheel opgewarmd wordt.

Ten aanzien van energiebesparing aan de keukenkraan kunnen de volgende richtlijnen aangehouden worden:

- Kies een kraan waarbij eenvoudig zowel een grote als kleine volumestroom afgenomen kan worden. Dit kan bijvoorbeeld een kraan zijn met een groot regelbereik of een kraan met een fysieke barrière tussen een lage volumestroom en een grote volumestroom.
- Kies een kraan die voorkomt dat onbedoeld kleine hoeveelheden warmtapwater afgenomen worden.
- Beperk de diameter en leidinglengte van de (warmtapwater)toevoerleiding naar de keukenkraan.



- Maak een aparte (kleiner gedimensioneerde) toevoerleiding vanaf warmtapwater toestel naar de keukenkraan. Vanwege het risico op waterslag wordt aanbevolen om geen kleiner middellijnen te gebruiken dan 10 mm.
- Zorg voor een efficiënt leidingverloop vanaf warmtapwaterbereider tot aan het tappunt.

Het gemiddelde warmwatergebruik aan het keukentappunt voor een gezin is ongeveer 11 m³ van 55°C per jaar. In Tabel 12 zijn energiegebruik en energiekosten gegeven met betrekking tot het warmwatergebruik aan het keukentappunt.

Tabel 12: Drinkwatergebruik, energiegebruik en totale kosten met betrekking tot het keukentappunt.

	Referentie	Verbetering rendement*	Close-in boiler**
Drinkwatergebruik (inclusief warmwater)	14 m ³	14 m ³	14 m ³
Warmwatergebruik	11 m ³	11 m ³	11 m ³
Aardgasverbruik	110 m ³	87,6	
Elektriciteitsverbruik	0	0	700 kWh
Kosten	€ 82,30	€ 69,50	€ 152,60

*Uitgegaan wordt van een gebruiksrendementsverbetering van 25% tengevolge van ergonomische kraan en beperking wachttijden.
**Bij de close-in boiler wordt uitgegaan van een standby verlies van 150 kWh.

3.9. Wastafelkraan

De wastafelkraan wordt gekenmerkt door een gering watergebruik. Er is geen grote volumestroom vereist en er is geen behoefte aan hoge temperaturen. Energie- en waterbesparing bij de wastafel kan worden gerealiseerd door:

- Het beperken van leidinglengte en leidingdiameter (zie ook paragraaf 4.1.1).
- Het gebruik van een kraan met volumestroomklasse Z
- Het gebruik van zelfsluitende kramen conform NEN-EN 817, sensor-gestuurd of met drukknopbediening (in collectieve voorzieningen).

3.10. Buitenkraan

De buitenkraan wordt gekenmerkt door een laag watergebruik, met vooral piekgebruik in de zomer. Er is geen behoefte aan warmtapwater en er is vaak behoefte aan een zeker volume water en dus een grote volumestroom. De buitenkraan wordt met name gebruikt voor het bewateren van de tuin en voor schoonmaakwerk, bijvoorbeeld het wassen van de auto. Door de grootschalige toepassing van het gescheiden het rioleringsstelsel in Nederland, waarbij regenwater direct op het oppervlaktewater geloosd wordt, is het schoonmaken van de auto of andere activiteiten waarbij vervuilende stoffen direct via de straat in het hemelwaterriool op een ander hemelwaterafwateringssysteem geloosd worden, niet verantwoord.

De mogelijkheden om water te besparen aan de buitenkraan zijn:

- Gebruik van hemelwater. De klassieke regenton is een optie, maar er zijn ook speciaal voor dit doel op de markt gebrachte systemen. Zie ook paragraaf 6.1.
- Gebruik van huishoudwater, Gebruik van grijswater (afvalwater van douches of bad) is niet zonder meer mogelijk voor bewatering van de tuin.



Hoge concentraties van fosfaten, nitraten en zeepresten kunnen schadelijk zijn voor kwetsbare planten.

- Efficiënte irrigatie. Door een efficiënte irrigatie, bijvoorbeeld ondergrondse leidingen kan met een zeer beperkte hoeveelheid water een voldoende irrigatie bereikt worden.

Aandachtspunten:

- Het tuintappunt is ook vaak een bron van plezier voor kinderen. Het gebruik van huishoudwater voor het tuintappunt wordt afgeraden vanwege de potentiële (bacteriologische) verontreinigingen in het water.
- Een hemelwatersysteem met een opvangput maakt ook gebruik van een pompje. Het energiegebruik van het pompje doet het voordeel van de waterbesparing grotendeels te niet.
- Collectieve toepassing van huishoudwater is slechts beperkt en onder stringente voorschriften (in het nieuwe Drinkwaterbesluit) toegestaan.

3.11. Closet

Na de douche is het closet de grootste watergebruiker in een huishouden. Een goed functionerende closetcombinatie wordt gekenmerkt door een korte vultijd, een geringe geluidsproductie en een effectieve spoeling.

Bij waterbesparende systemen zullen over het algemeen de vultijd en de geluidsproductie beter worden. De effectiviteit van de spoeling zal een aandachtspunt zijn.

Van belang is de aard van de riolering. De eisen voor riolering zijn in Nederlands vastgelegd in NEN 3215. De praktijkrichtlijn NTR 3216 geeft richtlijnen voor het ontwerp van riolering. In Nederland is de riolering niet zonder meer geschikt voor closetten met minder spoelwater dan 6 liter. Er is dan onvoldoende spoelwater om de fecaliën af te voeren. Bij waterbesparende waterclosets met een spoelvolumen van 6 liter dient extra aandacht besteed te worden aan de maximaal toe te passen leidinglengte van de aansluitende liggende leiding. Om verstoppingen te voorkomen is het raadzaam om de leidinglengte, indien behalve een closet geen andere lozingstoestel met een basisafvoer van ten minste 0,75 l/s is aangesloten, afhankelijk van het afschot, te maximaliseren tot 12 meter.

Ten aanzien van de kleine boodschap is een spoeling van 3 liter (door het gebruik van een spoelkeuze- of spoelonderbrekingsknop) bij gangbare closets minimaal. Bij kleinere hoeveelheden zal het waterslot niet meer goed verversen.

Een speciaal aandachtspunt is de bediening van een spoelonderbreker of de aparte spoelknoppen voor kleine en grote boodschap. De bediening dient logisch en gebruiksvriendelijk te zijn.

Bij lagere spoelvolumes bestaat het risico dat de pot niet in één keer goed gespoeld wordt. Het extra spoelen doet de waterbesparing teniet. De kwaliteit van het closet en het gedrag van de gebruiker zijn van belang bij het daadwerkelijk realiseren van de waterbesparing.

Voor het bepalen van het effect van waterbesparende closetten en spoelonderbrekers wordt uitgegaan van een bezoekfrequentie van 6 maal⁸ per dag, waarbij we veronderstellen dat een volledige spoeling 2 maal nodig is en

⁸ TNS-NIPO, watergebruik thuis 2004.



dat 4 maal een gedeeltelijke spoeling volstaat. In Tabel 13 is het effect van lagere spoelvolumes en spoelonderbreking op het watergebruik gegeven.

Tabel 13: Watergebruik, kosten en besparing van closet met lage capaciteit spoeling ten opzichte van grote capaciteit spoeling.

	Per persoon		Gezin met twee kinderen		Besparing
	Water [m ³ /jaar]	Kosten [EUR/jaar]	Water [m ³ /jaar]	Kosten [EUR/jaar]	
closet met groot spoelvolumes (9 l)	19,71	€ 27,59	78,84	€ 110,38	0%
closet met groot spoelvolumen en spoelonderbreker	12,41	€ 17,37	49,64	€ 69,50	37%
closet met groot spoelvolumen en aparte spoelknop	10,95	€ 15,33	43,8	€ 61,32	44%
closet met laag spoelvolumen (6 l) met spoelonderbreker	10,22	€ 14,31	40,88	€ 57,23	48%
closet met laag spoelvolumen (6 l) met aparte spoelknop	8,76	€ 12,26	35,04	€ 49,06	56%

Aangenomen is dat de spoelonderbreker minder efficiënt is (4 l/spoelbeurt) dan de aparte spoelknop (3 l/spoelbeurt)

3.12. Scheidingscloset

In het scheidingscloset worden de afvalstromen fecaliën en urine gescheiden. Deze scheiding is alleen zinvol als beide afvalstromen ('bruin water' respectievelijk 'geel water', tezamen 'zwart water' genoemd) ook als aparte afvalstromen gezuiverd worden. De achtergrond van de scheiding van geel water en bruin water is dat de urine zorgt voor een hoge vuillast bij afvalwaterzuiveringsinstallaties. Urine is direct of na bewerking toepasbaar als meststof, als toeslagstof bij compostering of als nutriëntenbron bij industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties. Resterend afvalwater wordt afgevoerd via de riolering. Centrale rioolwaterzuiveringsinstallaties kunnen door vermindering van de stikstofbelasting via het afkoppelen van de urinestroom aanzienlijk kleiner worden gedimensioneerd.

De belangrijkste besparingen worden gerealiseerd bij de zuivering van afvalwater. Een scheidingscloset maakt extra waterbesparing mogelijk, maar dit is geheel afhankelijk van de uitvoering van het spoelsysteem. Zo kan, voor een minimaal watergebruik, het urinedeel waterloos uitgevoerd worden en het feces deel met vacuumpomptechniek. Omdat voor het afvoeren van de urine weinig water nodig is, is het scheidingscloset sowieso efficiënter met water. De minimale spoeling voor het afvoeren van de urine is circa 0,2 l. water. Omdat er ook vaak toiletpapier gebruikt wordt bij het urineren, moet er ook de mogelijkheid zijn om het closet te spoelen met een korte spoeling van 3 liter. Bij het afvoeren van de feces is de spoeling minimaal 6 liter tenzij gebruik gemaakt wordt van speciale afvoertechnieken.



Aandachtspunten bij toepassing:

- Urine vormt in combinatie met water urinesteen. Met name als er relatief weinig water gebruikt wordt bij het spoelen, kan de vorming van urinesteen problematisch zijn.
- Er dient een aparte afvoer voor de urine aanwezig te zijn, waarbij speciaal gelet moet worden op een goede afwatering door middel van voldoende afschot.
- Scheidingscloset is alleen zinvol indien de verschillende afvalstromen ook apart (bij voorkeur lokaal) behandeld worden.
- Het transport en de afzet van de urine dient georganiseerd te zijn.
- Bij het scheidingscloset dienen mannen zittend te urineren.
- Ook bij het urineren wordt vaak toiletpapier gebruikt. Dit houdt in dat ook bij het urineren het deel voor de vaste stoffen gespoeld moet (kunnen) worden met een korte spoeling van minimaal 3 liter.
- Door de speciale gebruikseisen is het scheidingscloset (nog) niet geschikt voor bijeenkomstgebouwen.
- Het gescheiden afvoeren van urine kan ook bewerkstelligd worden door het toepassen van urinoirs.



Figuur 10: Scheidingscloset (Bron: Dubletten).

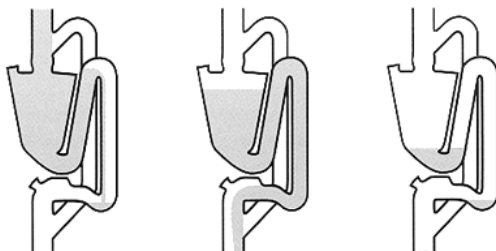
Aanbeveling:

Het scheidingscloset is een belangrijke ontwikkeling bij verdergaande energiebesparing in de gehele waterketen. Het scheidingscloset vergt echter een aanvullende logistieke infrastructuur. Stimuleer onderzoek naar- en projecten met het scheidingscloset.

3.13. waterbesparend closet

Een waterbesparend closet werkt met een spoelvolume van 4 liter (minimaal 2,5 liter) voor de feces en een spoelvolume van 2 liter voor de urine. Het afvoerstelsel in de woning is niet zonder meer geschikt voor deze kleine spoelvolumes. Bij 4 liter spoeling ontstaat in de horizontale leiding een verhoogde kans op verstopping door gebrek aan transportmedium (zie TVVL Technisch Raad rapporten ST12 en ST14 van TVVL/Uneto-VNI). Daarom wordt er een Booster toegepast. Onderaan de standleiding vangt deze booster de kleine hoeveelheden water van het closet en eventueel alle andere afvalwater op. De nuttige inhoud van de booster is, afhankelijk van het type,

14 of 18 liter. Op het moment dat de tank vol is en de volgende hoeveelheid afvalwater er instroomt, zorgt de hevelleiding ervoor dat binnen enkele seconden de gehele inhoud van de tank wordt afgevoerd.



Figuur 11: Werking van de booster, door vacuüm in de verticale buis wordt het reservoir leeggetrokken (Bron: WISA).

De waterbesparing door het toepassen van het waterbesparende closet is circa 25% van het drinkwatergebruik voor de closetspoeling. Dit betreft een besparing van circa 3 m³ drinkwater per persoon per jaar.

Tabel 14: Effect van het waterbesparend 4 liter-closet op watergebruik en waterkosten.

	Per persoon		Gezin met twee kinderen	
	Water [m ³ /jaar]	Kosten [€/jaar]	Water [m ³ /jaar]	Kosten [€/jaar]
Regulier 6-liter closet	8,8	€ 12,20	35,0	€ 49,10
Waterbesparend closet	5,8	€ 8,20	23,4	€ 32,70
Besparing	3,0	€ 4,10	11,6	€ 16,40

Aandachtspunten.

- De kleine hoeveelheid water beperkt het transport door de leiding bij een horizontale afvoerbuis met een diameter van 110 mm geldt een maximale lengte van 3 meter tot de booster of de standleiding bij een afschot van minimaal 1:100 en maximaal 1:50.
- Ligt bij een wandcloset of closetpot met horizontale uitgang de verzamelleiding boven de vloer, dan is deze afstand twee meter bij een afschot van 1:100. Bij een afschot van 1:50, blijft de maximale leidinglengte 3 meter.
- Bij laagbouw moet elke huisaansluiting van een booster worden voorzien. Hierbij moet minimaal 60% van de totale hoeveelheid afvalwater door de booster stromen.
- Éénmaal geïnstalleerd is de vrijheid om te kiezen voor een ander closet beperkt.
- Bij het overhevelen van de booster moet rekening gehouden worden met de geluidsproductie.
- Het systeem is niet gecertificeerd.
- Het systeem is kwetsbaar voor verstoppingen.

Aanbeveling

Alhoewel het systeem van het waterbesparende closet al geruime tijd op de markt is, blijken er te veel praktische bezwaren te bestaan om dit systeem breed toe te passen.

3.14. Vacuümclose

Het vacuümclose gebruikt een volledig andere techniek dan de gangbare spoelsystemen voor het legen van het close. Het vacuümclose wordt al veelvuldig toegepast in de recreatieve sector, bijvoorbeeld in boten en campers. Het werkingsprincipe is dat als er doorgespoeld wordt er een pomp gestart wordt die het close, met een geringe hoeveelheid spoelwater (maximaal 1 liter), leegzuigt. De feces en urine worden opgeslagen in een tank. Het vacuümclose laat zich niet zonder meer combineren met het in Nederland toegepaste rioleringsstelsel. Het vacuümclose wordt toegepast in combinatie met lokale afvalwaterzuivering. Hierdoor is een combinatie van de technieken van het vacuümclose en het scheidingsclose voor de hand liggend.

In 2006 is in Sneek een proefproject uitgevoerd met decentrale afvalwaterzuivering en toepassing van vacuümclose in 32 woningen. Met behulp van het vacuümstelsel wordt het zwarte water ingezameld en, gescheiden van het resterend huishoudelijk afvalwater (grijs water), afgevoerd naar een decentrale zuiveringsinstallatie. Door het toepassen van vacuümclose wordt 84% minder water gebruikt dan bij een conventioneel close.

Water- en energiebesparing

Door de geringe benodigde spoelvolumen (0,5-1 liter) is de besparing op drinkwater groot. Rekening moet gehouden worden met het extra elektriciteitsverbruik door de vacuümpomp.

Tabel 15: Effect van het vacuümclose op het watergebruik en de waterkosten.

	Per persoon		Gezin met twee kinderen	
	Water [m ³ /jaar]	Kosten [€/jaar]	Water [m ³ /jaar]	Kosten [€/jaar]
Regulier 6-liter close	8,8	€ 12,30	35,0	€ 49,00
Vacuüm close	1,8	€ 2,40	7	€ 9,80
Besparing	7 m ³	€ 9,80	28	€ 39,20
Het elektriciteitsverbruik ten behoeve van de pomp is niet betrokken bij deze berekening. Naar verwachting is het elektriciteitsverbruik door de pomp gering.				

Aandachtspunten:

- De mogelijke afstand van het close tot de opslagtank is beperkt.
- Er dient voldoende opstellingsruimte te zijn voor de pomp.
- Er dient rekening gehouden te worden met geluidsproductie door de pomp.
- Er is een grotere geluidproductie bij het spoelen.
- De onderhoudskosten zijn hoger.
- De afvoerleiding wordt gedimensioneerd op 50 mm.
- Vanwege het vacuüm dient de afvoerleiding van een extra stevige kwaliteit te zijn (SDR 11).
- Er is geen afschot nodig voor het functioneren van het vacuümclose
- Er dienen geen rechte hoeken toegepast te worden in de afvoerleiding
- Beperkt aantal (45°) bochten in de afvoerleiding zijn toegestaan.

Aanbeveling

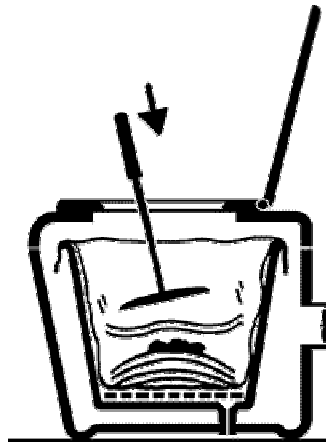
De toepassing van het vacuümclose in de gebouwde omgeving leent zich alleen voor specifieke toepassingen (lokale zuivering) die op dit moment



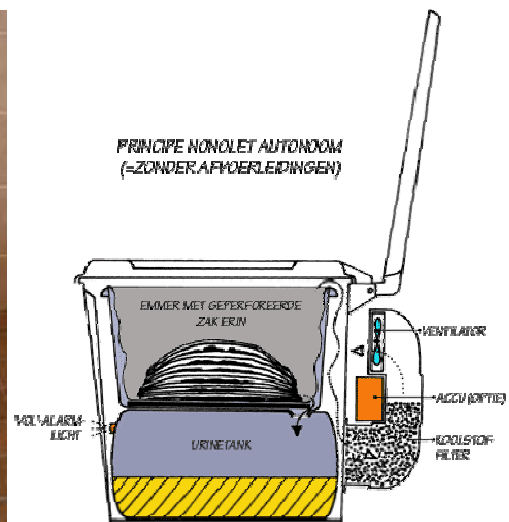
experimenteel zijn. Stimuleer onderzoek naar en projecten met vacuumclosetten.

3.15. Waterloos closet

Het door de twaalf ambachten ontwikkelde waterloos closet 'nonolet' is een compostcloset dat werkt volgens het afdekprincipe. De ontlasting wordt afgedekt met papieren handdoekjes en wordt met een platte ronde stamper aangedrukt. De ontlasting wordt zo tussen papieren laagjes verpakt. Verse ontlasting stinkt doordat het nog darmbacteriën bevat. Deze bacteriën sterven af en stinken dan ook niet meer, nadat ze in aanraking zijn gekomen met zuurstof. Zo ontstaat een reukloos, hecht pakket dat er neutraal uitziet. De ontlasting stinkt in principe niet. Om geurtjes ten gevolge van de urine te voorkomen wordt deze in het Nonolet apart opgevangen en afgevoerd naar een apart reservoir (nonolet autonoom) of het riool (nonolet standaard). Na circa 60 keer gebruik moet het closet geleegd. De composteerbare zak met inhoud kan bij het Gft afval.



Figuur 12: Werkingsprincipe Nonolet. De ontlasting wordt in een composteerbare plastic zak opgevangen. De ontlasting wordt afgedekt met papieren doekjes en aangedrukt (bron: de twaalf ambachten).



Figuur 13: De nonolet (afgeleid van non olet, 'stinkt niet') standaard (rechts) en de nonolet autonoom (bron: de twaalf ambachten).



De waterbesparing op jaarbasis is circa 36 liter per persoon per dag. Dit is bijna 30% van het totale watergebruik per persoon.

Tabel 16: Effect van het waterloos closet op het watergebruik en de waterkosten.

	Per persoon		Gezin met twee kinderen	
	Water [m ³ /jaar]	Kosten [€/jaar]	Water [m ³ /jaar]	Kosten [€/jaar]
Regulier 6-liter closet	8,8	€ 12,30	35	€ 49,00
Waterloos closet	0	0	0	0
Besparing	8,8	€ 12,30	35	€ 49,00
Alleen de kosten van het water zijn in deze analyse betrokken.				

Aanbeveling:

Het waterloos closet is nog niet geschikt voor projectmatige toepassingen. Voor specifieke situaties lijkt dit systeem zeer goed te voldoen.

3.16. Urinoir

Gangbare urinoirs werken met een drukspoelsysteem. De huidige spoelhoeveelheid bedraagt 1 à 2 liter, oudere systemen gebruiken maximaal 4 liter. Bij voorkeur wordt een urinoirspoeler gekozen met een (afhankelijk van de gebruiksdruk) instelbaar spoelvolumen. Het urinoir is dus efficiënter met water dan het closet, dat minimaal drie liter nodig heeft bij het doorspoelen van de urine. Urinoirs worden met name toegepast in openbare verblijfsgebouwen en luxe woningen. Bij urinoirs is waterbesparing te realiseren door een intelligent spoelsysteem. Werden vroeger de automatische spoelsystemen aangestuurd door infrarood- of radar sensoren. Tegenwoordig zijn er systemen op de markt die reageren op de hogere temperatuur van urine in het urinoir. Naast het type sensor, is het spoelregime relevant voor het watergebruik. Een slim spoelregime zorgt er voor dat de doorspoeling van het urinoir efficiënt verloopt, waarbij bijvoorbeeld rekening wordt gehouden met grote drukte. Dan kan een continue, lage spoelhoeveelheid gebruikt worden.

Tabel 17: Watergebruik en waterkosten bij verschillende gebruiksintensiteiten van urinoirs

Spoelfrequentie	Gemiddeld spoelingen per dag	365 dagen/jaar		260 dagen/jaar (werkdagen)	
		Water [m ³ /jaar]	Kosten [€/jaar]	Water [m ³ /jaar]	Kosten [€/jaar]
Hoog	150	82	€ 115,-	58	€ 81,-
Gemiddeld	75	41	€ 57,-	29	€ 41,-
Laag	30	16	€ 23,-	11	€ 15,-
Gemiddelde spoelvolumen van 1,5 liter per spoeling.					

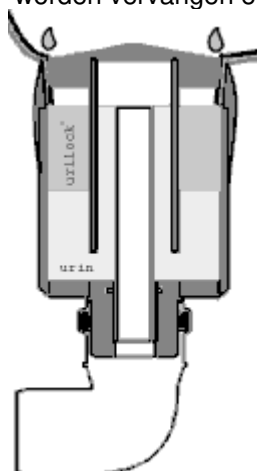
3.17. Waterloos urinoir

Bij het waterloze urinoir is er geen doorspoeling meer met water. De waterbesparing is evident. Een ander belangrijk voordeel is dat er geen geluidsproductie bij het doorspoelen is. Toch vraagt het waterloze urinoir in het onderhoud en beheer enige speciale aandacht. Er zijn twee gangbare werkingsprincipes:

- Gebaseerd op een afsluitvoeistof. Hierbij is aan de inlaatzijde een olieachtige vloeistoflaag aanwezig die op het water drijft. Deze afsluitende vloeistof met een lagere dichtheid en een hogere viscositeit dan water en urine, laat de urine door zonder ermee te reageren of te mengen. Is de



urine de afsluitende laag gepasseerd, dan kan de urinegeur niet meer door de afsluitende laag dringen. De afsluitlaag zelf moet regelmatig worden vervangen en/of bijgevuld.



Figuur 14: De werking van het waterloos urinoir met afsluitvloeistof.

- Bij een mechanisch afsluitsysteem zijn twee varianten. Bij het urinoir met de elektrische bediende vlotterafsluiter is de vlotter gesloten door de opwaartse drijfkracht. Een sensor registreert of er een bezoeker is en stelt een 24 V-elektromagneet in werking die de vlotter naar onderen trekt. Bij het urinoir met een kunststofafsluitmembraan fungeert een dunne latex slang als afsluitmechanisme (stankslot) nadat de urine is gepasseerd. De slang heeft een ronde doorsnede aan de bovenzijde en een platgedrukte aan de onderzijde vergelijkbaar met een broekspijp.

Tabel 18: Waterbesparing en waterkostenbesparing bij waterloos urinoir

Spoelfrequentie	Gemiddeld spoelingen per dag	365 dagen/jaar		260 dagen/jaar (werkdagen)	
		Water [m ³ /jaar]		Water [m ³ /jaar]	Kosten [€/jaar]
Hoog	150	82	€ 115,-	58	€ 81,-
Gemiddeld	75	41	€ 57,-	29	€ 41,-
Laag	30	16	€ 23,-	11	€ 15,-

Aandachtspunten

- Een goede ontluchting van de riolering is belangrijk zodat het stankslot in takt blijft.
- Schoonmakers moeten goed op de hoogte zijn van de specifieke eisen ten aanzien van de reiniging van de waterloze urinoirs.
- Bij de installatie verdient het aanbeveling stroomopwaarts een ander watergebruikend toestel aan te sluiten om zo de leiding alsnog met water te spoelen.
- Om een hogere stroomsnelheid te krijgen moet het afschot van de afvoerleiding van 1:50 zijn ter voorkoming van urinesteenvorming in de leiding.

Aanbeveling:

Gebruik waterloze urinoirs. Let daarbij met name op de beheeraspecten. Het waterloze urinoir heeft een groot potentieel ten aanzien van waterbesparing.



3.18. Vaatwasmachine

Door toenemende behoefte aan comfort is de toepassing van de vaatwasmachine de laatste jaren enorm toegenomen. Gelukkig is er tevens een ontwikkeling waarbij het energiegebruik en watergebruik door vaatwasmachines afneemt. In Tabel 19 is een overzicht gegeven van het energie- en watergebruik ten behoeve van de (hand- of machine-)vaatwas.

Tabel 19: Energie- en watergebruik per jaar ten behoeve van de vaatwas (Bron: milieucentraal)

	Elektriciteit [kWh/jaar]	Gasverbruik [m ³ /jaar]	Water [liter/jaar]	Kosten [€/jaar]
Handafwas zonneboiler	0	10 m ³	2920	€ 10,-
Handafwas (gas, zuinige HR combiketel)	0	18 m ³	2920	€ 14,-
Handafwas (gas, gemiddelde combiketel)	0	22 m ³	2920	€ 17,-
Afwasmachine A-label	219 kWh	8 m ³ **)	3700	€ 51,-
Afwasmachine C-label	303 kWh	8 m ³ **)	5000	€ 69,-
Handafwas (elektrische boiler)	394 kWh	0	2920	€ 79,-
*) Watergebruik inclusief voorspoelen. Een vaatwasmachine wordt gemiddeld 200 keer per jaar gebruikt, dit is 4 keer per week. De handafwas gebeurt gemiddeld 7 maal per week, dus 365 keer per jaar. **) Huishoudens met een afwasmachine gebruiken gemiddeld 8 m ³ gas voor de extra handafwas van bijvoorbeeld pannen.				

Voor vaatwassers is een labelsysteem met energieklassen (A-D) beschikbaar. In Tabel 19 is tevens het energie- en watergebruik gegeven van een A-label apparaat en een C-label apparaat.

Het is mogelijk de vaatwasser aan te sluiten op een warmtapwatertappunt. Dit is met name interessant als het warme tapwater met een hoog nominaal rendement opgewekt wordt, bijvoorbeeld door een warmtepomp-boiler of een HR-ketel (met HRww-label), eventueel met zonneboiler. In Tabel 20 is indicatief het effect van hot-fill op het energiegebruik en de jaarlijkse energiekosten gegeven.

Tabel 20: Indicatieve energie- en kostenbesparing bij het toepassen van hot-fill vaatwasser.

	Zonder hot fill (klasse A)	Met hot-fill (klasse A)
Totaal energiegebruik (m ³ a.eq./jaar)	70	40
Energiekosten (€/jaar)	€ 51,-	€ 24,-
Bij een warmtapwaterbereider met een gebruiksrendement van 85%, 10% van het elektriciteitsverbruik is nodig voor de pomp.		

Aandachtspunten bij hot-fill:

- De vaatwasmachine dient geschikt te zijn voor Hot-fill
- De aanvoerslang dient bestand te zijn tegen hoge temperaturen
- Bij doorstroomtoestellen met onvoldoende capaciteit wordt de warmtapwaterafname op andere tappunten negatief beïnvloed (de koude douche)



- Het warmtapwatertoestel dient zich bij voorkeur dicht bij de vaatwasser te bevinden.
- De energiebesparing is sterk afhankelijk van de gebruikte warmtapwaterbereider. Installaties met stadsverwarming of met een zonneboiler profiteren het meest van de (primaire) energiebesparing. Bij gebruik van een reguliere combiketel is de energiebesparing beperkt (circa 5%).

Aanbeveling

Gebruik hot-fill bij een vaatwasser met name bij hoog-rendement warmtapwaterbereiders of bij toepassing van een zonneboiler.

3.19. Wasmachine

Na de douche en het closet is de wasmachine de grootste watergebruiker in een huishouden. Per wasbeurt wordt er 40 à 50 liter water gebruikt. Voor wasmachines wordt een energielabel gehanteerd. Tegenwoordig zijn de meeste wasmachines van het energiezuinige type A- of B- label. De energiekosten van de wasmachine hangen daarom vooral af van de ingestelde wastemperatuur.

Tabel 21: Energieverbruik van A-label wasmachine afhankelijk van wastemperatuur.

Wastemperatuur	Elektriciteit [kWh/wasbeurt]	Elektriciteit [kWh/jaar]	Kosten* [€/jaar]
40 graden	0,5	94	€ 30,-
60 graden	0,89	188	€ 36,-
90 graden	1,34	281	€ 53,-

*Katoenwas (5 kg) met A-label machine, 4 x per week wassen, 40 liter per wasbeurt.

Bij de wasmachine is het toepassen van hot-fill minder eenvoudig dan bij vaatwasmachines. Als er koud water nodig is wordt er bij een hot fill apparaat toch warmtapwater afgenomen. Een ontwikkeling met een groot besparingspotentieel is de wasmachine met een geregelde thermostaat. Daarbij wordt er alleen warmwater gebruikt indien dat nodig is. Er zijn echter nog geen wasmachines op de markt met een geregelde thermostaat.

Aandachtspunten:

- Kies een wasmachine met een 'triple-A' label. De drie A's staan voor een energie-efficiënt apparaat en goede was- en droogresultaten.
- Mechanisch drogen is energie-efficiënter dan thermisch drogen. Kies een apparaat met een hoog centrifuge-toerental.
- Gebruik wasmiddelen die ook bij lagere temperaturen tot goede wasresultaten leiden.
- Was met een volle trommel.

3.20. Conclusies watergebruikende toestellen

In de voorgaande paragrafen zijn de verschillende watergebruikende toestellen beschreven en de mogelijke alternatieven of de wijze waarop het betreffende toestel op de meest efficiënte wijze gebruikt kan worden. In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat de belangrijkste slag met betrekking tot waterbesparing inmiddels gemaakt is. Waterbesparende douches en waterbesparende closets zijn inmiddels gemeengoed. Verdergaande grote besparingen zijn niet mogelijk zonder grote aanpassingen aan de traditionele (technische of logistieke) infrastructuur. Om het huidige niveau van



drinkwater- en energiegebruik minimaal te handhaven wordt aanbevolen de ontwikkeling en het gebruik te stimuleren van:

- Kranen die het onmogelijk maken dat onbedoeld warmtapwater afgenomen wordt.
- Luxe comfort-douches die voor de dagelijkse functionele douche de mogelijkheid bieden om met een gering watergebruik te douchen.
- Luxe comfort douches die gebruik maken van recirculatie.

Ten aanzien van de toekomst wordt er met name veel verwacht van de volgende technieken:

- Het scheidingscloset, dit zorgt voor een minimaal drinkwatergebruik bij de kleine boodschap en grote besparingen bij de rioolwaterzuivering.
- Efficiënte wasmachines. Wasmachines met hot-fill op basis van automatisch geregelde thermostaat. Eventueel gecombineerd met warmteterugwinning uit afvalwater en verbeterde wasmiddelen.



4. Distributie (warm)tapwater

Voor het transporteren van water is energie nodig. Een deel wordt geleverd door het waterleidingbedrijf in de vorm van de beschikbare druk in de toevoerleiding bij de watermeter. Indien de druk niet voldoende is worden drukverhogingsinstallaties gebruikt.

Er zijn twee gangbare principes om warmtapwater te distribueren vanaf de warmtapwaterbereider tot het tappunt:

- warmtapwateruittapleidingen
- circulatiesysteem voor warmtapwater (meestal gecombineerd met warmtapwateruittapleidingen).

Energieverliezen bij de distributie hebben vooral betrekking op het energieverlies door transmissie via de leidingwand (inclusief isolatie in het geval van leidingen die deel uitmaken van een circulatiesysteem) en op het energieverlies door wachttijden bij uittapleidingen. De besparingsmogelijkheden richten zich op goede isolatie van leidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem, verlagen van de temperatuur van het water, het beperken van de inhoud en lengte van uittapleidingen. In dit hoofdstuk worden diverse energiebesparingmogelijkheden beschreven die betrekking hebben op het warmtapwaterdistributiesysteem.

4.1. Warmtapwateruittapleidingen

4.1.1. Energieverspilling door wachttijden

De wachttijd is de tijd die verloopt tussen het opendraaien van het warmtapwater tappunt en het bereiken van een temperatuurverhoging van 70% van de maximum temperatuurverhoging. De wachttijd is opgebouwd uit de toestelwachttijd en de leidingwachttijd. De leidingwacht is opgebouwd uit:

- de tijd die nodig is voor de verdringing van het koude water in de leiding,
- de afkoeling van het water door opwarming van het leidingmateriaal (inclusief eventuele isolatie).

4.1.2. toestelwachttijd

De toestelwachttijd is een eigenschap van de warmtapwaterbereider. Voorraadtoestellen hebben geen toestelwachttijd. Doorstroomtoestellen zonder voorraad hebben een toestelwachttijd tussen de 2 en 15 seconden. Een doorstroomtoestel is vaak uitgerust met een kleine warmtapwatervoorraad of een comfortstand (waarbij de warmtewisselaar op temperatuur gehouden wordt) om de wachttijd te beperken. Hierdoor heeft een dergelijk toestel een hoger stand-by verbruik. Indien directe beschikbaarheid van warmtapwater geen prioriteit is kan in de comfort-stand ook uitgeschakeld worden.

Door het beperken van de toestelwachttijd wordt verspilling van drinkwater voorkomen. Het Gaskeur stelt voor toestellen met een CW- of HRww-keur (zie paragraaf 5.1) dat de maximum toestelwachttijd 15 seconden mag bedragen.

Aanbeveling:

Kies een toestel met een korte toestelwachttijd.



4.1.3. leidingdiameter en lengte

De leidingwachtijd, en het daarmee gepaard gaande water- en energieverlies, is afhankelijk van waterinhoud en de $DH_{w,70}$ -factor van de leiding.

De waterinhoud van de leiding heeft de grootste invloed op het energieverlies door de leidingwachtijd. De waterinhoud van de leiding kan beperkt worden door een korte leidinglengte en kleine leidingdiameter te gebruiken. In Tabel 22 is de relatie gegeven tussen de leidingdiameter en het energieverlies door de leidingwachtijd.

Tabel 22: Energie- en waterverlies en energiekosten per jaar tengevolge van leidingwachtijd bij verschillende leidingdiameters.

Inw. diam. [mm]	m ³ water	Stroomsnelheid bij 0,083 l/s [m/s]	Wachtijd bij 0,083 l/s [s]	aardgas [m ³]	Kosten [€]
8	3,0	1,7	6,5	31	€ 18,-
10	4,7	1,1	7,1	48	€ 27,-
13	7,9	0,6	17,3	81	€ 46,-
19,8	18,3	0,3	40,1	187	€ 107,-

Lengte van de uittapleiding is 7 meter, 15 tapmomenten per dag.

De leidingdiameter heeft een wezenlijke invloed op zowel de wachtijd als water en energieverlies.

Aandachtspunten:

- Hogere stroomsnelheden bij kleinere leidingdiameters vergroten de kans op waterslag en de daarmee gepaard gaande geluidsoverlast.
- Bij kleinere leidingdiameters is het drukverlies door wrijving groter. Er moet altijd gecontroleerd worden of er voldoende gebruiksdruk beschikbaar is voor het maatgevende tappunt.
- De leidingdiameter kan wellicht kleiner gekozen worden als voor een specifiek tappunt vanaf het toestel een aparte uittapleiding wordt gebruikt.
- De keuze van de opstelplaats van de warmtapwaterbereider bepaalt sterk de lengte van de uittapleiding.
- De keuze voor een kleine leidingdiameter beperkt de flexibiliteit van de tapwaterinstallatie. Het aansluiten van nieuwe of extra apparaten die de volumestroom vergroten is immers beperkt mogelijk.
- De maximale lengte van de uittapleiding wordt beperkt door de maximale leidingwachtijd. De maximale leidingwachtijd voor douche, keuken en wastafels is 20 seconden.

Aanbeveling:

Bij het ontwerp van een energie-efficiënte tapwaterinstallatie wordt gekozen voor een kort, efficiënt leidingverloop en een leiding met een geringe diameter.

4.1.4. De $DH_{w,70}$ -factor van de leiding

De $DH_{w,70}$ -factor is de factor waarmee de leidinginhoud wordt vermenigvuldigd om de hoeveelheid water te berekenen die nodig is voor het bereiken van een temperatuurverhoging van 70% van de maximale temperatuurverhoging. In Tabel 23 zijn de $DH_{w,70}$ -factoren van verschillende leidingmaterialen gegeven. Om een indicatie te geven van het energieverlies dat hiermee gepaard gaat, is in de tabel het totale energie- en watergebruik gegeven bij verschillende $DH_{w,70}$ -factoren.



Tabel 23: Jaarlijks water- en energieverlies ten gevolge van wachttijden

Leidingmateriaal	Opbouw			inbouw + mantelbuis		
	DH _{w;70} -factor	Water [m ³]	aardgas [m ³ /jr]	DH _{w;70} -factor	Water [m ³]	aardgas [m ³ /jr]
PVC-C	1,20	3,6	37	1,15	3,5	35
PB	1,25	3,8	38	1,25	3,8	38
PPR (zonder mantelbuis)	1,25	3,8	38	1,30	3,9	40
PE-X/EVOH	1,40	4,2	43	1,45	4,4	45
Koper	1,50	4,5	46	1,55	4,7	48
PR-RT/Al	1,55	4,7	48	1,50	4,5	46
PE-X/Al	1,55	4,7	48	1,50	4,5	46
PE-X	1,60	4,8	49	1,55	4,7	48

Leiding met een binnendiameter van 10 mm.

De invloed van de verschillende wachttijden ten gevolge van de verschillende leidingmaterialen of verschillende ligging op het energiegebruik is relatief gering.

4.1.5. Leidingisolatie

Over het algemeen is het niet zinvol om uittapleidingen te isoleren. Enkel indien er een vrij continue afname is van warmtapwater zal leidingisolatie zinvol zijn.

4.2. Circulatie van warmtapwater

Een circulatie-systeem wordt gebruikt indien niet binnen de gewenste wachttijd warmtapwater beschikbaar is aan het tappunt. Bij het circulatiesysteem wordt het energieverlies met name bepaald door de transmissie van warmte door de leiding en het isolatiemateriaal. Voor het beperken van de energieverliezen kunnen de volgende richtlijnen aangehouden worden:

- beperk lengte en diameters van de leidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem,
- pas goede leidingisolatie toe.

4.2.1. Beperk leidingdiameter en leidinglengte

De diameter van de leiding heeft een grote invloed op het energieverlies door transmissie. In paragraaf 4.2.2, Tabel 25 is het energieverlies per meter leiding gegeven.

Als ontwerpcriterium voor de warmtapwaterleidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem dient de reële maximum moment volumestroom gehanteerd te worden met een ontwerpstroomsnelheid van 2 meter per seconde in leidingschachten en 1,5 meter per seconde in verblijfsgebieden.

Circulatieleidingen worden ontworpen op basis van een afkoelcriterium en een maximale stroomsnelheid van 0,7 meter per seconde.

Het beperken van de leidinglengtes in een circulatiesysteem heeft een grote invloed op het energieverlies door transmissie. In de praktijk blijken veel grote warmtapwatercirculatiesysteem slecht te functioneren omdat er te veel warmteverlies plaats vindt in het leidingsysteem. Dit resulteert in een te lage retourtemperatuur. Om de retourtemperatuur te verhogen wordt in de praktijk de volumestroom vergroot of de toevoertemperatuur verhoogd. Beide ingrepen hebben grote nadelen. Aanbevolen wordt de omvang van circulatiesystemen zo beperkt mogelijk te houden. Door een slimme



combinatie van uittapleidingen en circulatieleidingen kan in veel gevallen de lengte van de leidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem beperkt blijven. Hier wordt verder op ingegaan in paragraaf 8.1.3.

Op basis van de dimensies van de circulatieleiding direct voor de warmtapwaterbereider kan (in bestaande situaties) vrij eenvoudig afgeleid worden wat het maximale warmteverlies is in het circulatiesysteem. Gegeven de maximale stroomsnelheid van 0,7 m/s en gegeven de maximale temperatuurval van 5°C over het circulatiesysteem kan het maximale energieverlies in het circulatiesysteem eenvoudig bepaald worden. Dit is gegeven in Tabel 24.

Tabel 24: Maximale jaarlijks energieverlies in het circulatiesysteem.

Circulatieleiding voor warmtapwaterbereider	Maximale warmte-verlies [W]	Indicatie lengte totale circulatiesysteem*	energieverlies [m ³ a.eq/jaar]	Kosten [€/jaar]
8/10	739	75	1135	€ 650,-
10/12	1155	115	1770	€ 1 010,-
13/15	1951	195	2990	€ 1 700,-
19,8/22	4509	460	6938	€ 3 950,-

*vanaf de warmtapwaterbereider (tapwaterleidingen met grotere diameter) naar de warmtapwaterbereider (met diameter volgens 1e kolom) [m]. Gebaseerd op gemiddelde warmteverliezen.

Aandachtspunten:

- Pas isolatie toe met een maximale warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,035 W/m.K en een minimale dikte van 30 mm..
- Isoleer de bevestiging van de beugels aan de leiding
- Isoleer appendages en pompen.
- Zorg voor een zorgvuldige uitvoering van de isolatiewerkzaamheden.
- Hanteer voor het ontwerp van een circulatiesysteem altijd het afkoelcriterium van 5°C over het traject 65°C-60°C. Gebruik geen temperaturen hoger dan 70°C.
- Hanteer de juiste ontwerpstroomsnelheden: maximaal 2 m/s in de leidingschacht, maximaal 1,5 m/s in of nabij verblijfsgebieden en maximaal 0,7 m/s voor de circulatieleidingen.
- Zorg voor goede instelling van strangregelventielen om voldoende hoge temperaturen (in het kader van Legionellapreventie) in het circulatiesysteem te borgen.
- Gebruik bij voorkeur thermostatische strangregelventielen, let er daarbij op dat bij de laatste strang een normaal strangregelventiel wordt gebruikt.

Aanbeveling:

Maak bij een warmtapwatercirculatiesysteem een weloverwogen lay-out, waarbij energie-efficiency mede bepalende is.

4.2.2. Isolatie van circulatieleidingen

De isolatiedikte en isolatiekwaliteit bepalen in sterke mate het warmteverlies van het circulatiesysteem. In Tabel 25 is het effect van de leidingisolatie op het totale energieverlies per jaar gegeven. In Tabel 26 zijn de kosten ten gevolge van het energieverlies door de leidingen gegeven.



Tabel 25: Energieverlies van leidingen in m³ a.eq. per jaar per m¹ bij verschillende isolatiedikten.

Isolatie [mm]	8/10	10/12	13/15	19,8/22	25,6/28	32/35	39/42	51/54
0	20,0	23,9	29,9	43,9	55,9	69,8	83,8	107,8
5	16,1	18,1	21,1	28,0	33,8	40,6	47,4	59,0
10	13,2	14,6	16,7	21,4	25,4	30,0	34,5	42,2
15	11,5	12,6	14,3	17,9	20,9	24,4	27,9	33,7
20	10,4	11,3	12,7	15,7	18,2	21,0	23,8	28,5
25	9,6	10,4	11,6	14,2	16,3	18,7	21,0	25,0
30	8,1	8,7	9,7	11,7	13,4	15,3	17,1	20,2
35	7,6	8,2	9,1	10,9	12,4	14,1	15,8	18,5
40	7,3	7,8	8,6	10,3	11,7	13,2	14,7	17,1

Tabel 26: Energiekosten door energieverlies in EUR/jaar per m¹ van leidingen bij verschillende isolatiedikten.

Isolatie [mm]	8/10	10/12	13/15	19,8/22	25,6/28	32/35	39/42	51/54
0	11,50	13,50	17,00	25,00	32,00	40,00	48,00	61,50
5	9,00	10,50	12,00	16,00	19,50	23,00	27,00	33,50
10	7,50	8,50	9,50	12,00	14,50	17,00	19,50	24,00
15	6,50	7,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	19,00
20	6,00	6,50	7,00	9,00	10,50	12,00	13,50	16,00
25	5,50	6,00	6,50	8,00	9,50	10,50	12,00	14,00
30	4,50	5,00	5,50	6,50	7,50	8,50	9,50	11,50
35	4,50	4,50	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,50
40	4,00	4,50	5,00	6,00	6,50	7,50	8,50	9,50

Ook de andere onderdelen die deel uitmaken van het warmtapwatercirculatiesysteem, zoals circulatiepomp, afsluiters en andere appendages dienen geïsoleerd te worden om energieverlies te voorkomen.

Aandachtspunten:

- Het geregeld (jaarlijks) controleren van de isolatie van warmtapwaterleidingen die deel uitmaken van een circulatiesysteem is van belang omdat gebreken daaraan kunnen leiden tot ontoelaatbare afkoeling van de temperatuur van warmtapwater of circulatiewater. Slecht geïsoleerde warmtapwaterleidingen (ook CV-leidingen!) nabij koudwaterleidingen kunnen de oorzaak zijn dat koudwaterleidingen worden opgewarmd, waardoor risico op uitgroei van Legionella kan ontstaan.

Aanbeveling:

Gebruik voor leidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem leidingisolatie met een warmtegeleidingscoëfficiënt van maximaal 0,035 W/m.K en een isolatiedikte van minimaal 30 mm.

4.2.3. Circulatietemperatuur

In verband met de preventie van Legionella-uitgroei wordt in NEN 1006 voorgeschreven dat de temperatuur in het circulatiesysteem niet lager mag zijn dan 60°C. Alleen bij aantoonbare gelijkwaardige preventie maatregelen tegen de groei van Legionella is een circulatiesysteem met lagere temperaturen, bij aanvullende beheersmaatregelen, toegestaan. In het



algemeen wordt het toepassen van een verlaagde circulatietemperatuur afgeraden.

Aanbeveling:

Hanteer bij voorkeur een voldoende hoge temperatuur zodat de groei van de Legionella geen kans heeft.

4.2.4. Onderbreek circulatie

Als er gedurende langere tijd (meer dan 1 dag) geen warmtapwaterbehoefte is, bijvoorbeeld in de weekeinden of vakanties bij scholen of sportfaciliteiten, kan het circulatiesysteem (en eventueel ook de boiler) uitgezet worden. Middels een risico-analyse legionella-preventie zal echter moeten blijken welke beheersmaatregelen nodig zijn om een risico-neutrale situatie te krijgen. In een situatie waarbij de boiler temperatuur 's nachts wordt verlaagd, dient de circulatiepomp ook uitgeschakeld te worden. Een situatie waarbij de pomp in bedrijf blijft is niet te adviseren, omdat eventuele legionellabesmettingen zo de kans krijgen zich over de hele installatie te verspreiden.

Energiebesparing wordt gerealiseerd door verminderde transmissieverliezen door leidingen, warmtewisselaar en boiler en door minder verbruik van elektrische energie door de circulatiepomp.

Aandachtspunten:

- Het voor korte tijd (minder dan twee dagen) onderbreken van de circulatie wordt afgeraden.
- Tapwatergebruik tijdens de uren dat de boilerinstallatie uit staat of het circulatiesysteem niet in bedrijf is moet uitgesloten zijn.
- De gehele installatie moet voldoende lang op temperatuur zijn (retourwatertemperatuur > 60°C) voordat warmtapwatergebruik plaats vindt.

Aanbeveling:

Schakel het circulatiesysteem en de boiler uit indien de voorziening langer dan twee dagen niet in gebruik is.

4.2.5. Buis-in-buis circulatie bij stijgleidingen

Bij het buis-in-buis circulatiesysteem bevindt de circulatieleiding zich in de warmtapwaterleiding. Hierdoor wordt de diameter van de warmtapwaterleiding één of twee maten groter gekozen. Ondanks de grotere diameter van de warmtapwaterleiding zijn er minder warmteverliezen. De energieverliezen zijn bij het buis-in-buis systeem 15% à 20%, lager dan bij een traditioneel systeem. De vermindering van energieverliezen zijn met name afhankelijk van de lay-out van het circulatiesysteem. In Figuur 15 is het principe van de werking van het buis-in-buis systeem gegeven.



Figuur 15: Werkingsprincipe van het buis-in-buis circulatiesysteem (Bron: Viega).

Een indicatie van de besparing is gegeven in Tabel 27.



Tabel 27: Indicatieve jaarlijkse besparing door verminderde transmissieverliezen bij het toepassen van het buis-in-buis systeem.

lengte leidingen van het circulatiesysteem [m]	Jaarlijkse energieverlies regulier systeem [m ³ a.eq.]	Besparing met buis-in-buis systeem [m ³ a.eq]	Kostenbesparing [€/jaar]
50	750	130	€ 74,-
100	1500	260	€ 148,-
150	2250	390	€ 222,-
200	3050	530	€ 302,-

Gemiddeld energieverlies: 15 m³ a.eq. per jaar strekkende meter.

Aandachtspunten:

- Bij compacte, hoge gebouwen is de besparing groter dan bij lage, uitgestrekte gebouwen.
- De mogelijkheden voor het maken van bochten is beperkt. Bij voorkeur worden rechte stijgleidingen toegepast. Bochten moeten altijd uitgevoerd worden in twee delen van 45°
- Er kunnen geen deelringen afgetakt worden van de stijgleiding.
- Het ontwerp van het buis-in-buis systeem verloopt anders dan bij een gangbaar systeem. De laagste temperatuur, de ontwerptemperatuur van 60°C, zit op het einde van de stijgleiding. Hierdoor is de retourtemperatuur nabij de boiler ook relatief hoog.
- De maximale stranglengte is circa 65 meter. Dit is de maximale lengte van de binnengelegen circulatie leiding.

Aanbeveling:

Gebruik een buis-in-buis circulatiesysteem in plaats van een regulier circulatiesysteem indien de situatie zich daar goed voor leent.

4.2.6. Circulatiepomp

Het doel van de circulatiepomp is het handhaven van een voldoende hoge temperatuur in het warmtapwatercirculatiesysteem zodat er snel warmtapwater beschikbaar is aan het tappunt. De pomp wordt gedimensioneerd op gewenste circulatievolumestroom en op het drukverlies door leidingen en appendages in het maatgevende tracé van het circulatiesysteem. De volumestroom wordt bepaald door de afkoeling in het leidingsysteem. De volumestroom is het debiet dat nodig is om een temperatuur van minimaal 60°C in de retourleiding te handhaven.

Aanbeveling:

- Kies een pomp met een hoog rendement (klasse A), voor circulatiepompen wordt een energielabelsysteem gehanteerd.
- Zorg voor zeer goede isolatie van alle leidingen en appendages die deel uitmaken van het circulatiesysteem.
- Kies voor een toerengeregelde pomp, waarbij de toerenregeling gebaseerd is op het handhaven van de retourtemperatuur.
- Kies voor een pomp met een gelijkstroommotor.
- Gebruik een tijdschakeling bij warmtapwatercirculatiesystemen (inclusief de boiler) die relatief weinig in gebruik zijn (zie paragraaf 4.2.4).

4.3. Drukverhoging

Een drukverhogingsinstallatie wordt toegepast indien voor het maatgevende tappunt niet voldoende gebruiksdruk aanwezig is. Er is een tendens om alternatieven, zoals het verminderen van het drukverlies in de installatie, niet

meer te onderzoeken. Zo worden er zelfs in min of meer normale woningen drukverhogingspompen gerealiseerd. Een deskundig ontwerp van de installatie kan plaatsing van een drukverhogingsinstallatie in die gevallen vaak voorkomen.

In deze paragraaf komen de verschillende aspecten van het energiegebruik van drukverhogingsinstallaties en circulatiepompen aan de orde.

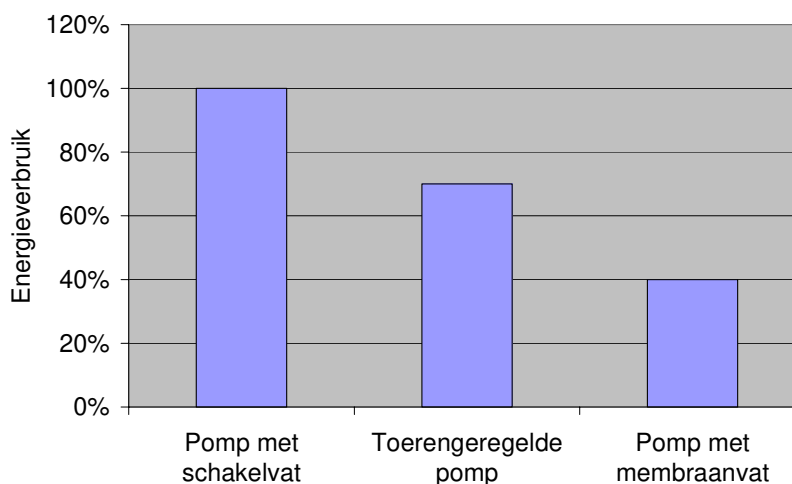
4.3.1. Typen drukverhoging

Er zijn op dit moment drie typen drukverhogingsinstallaties gangbaar:

- Pomp met schakelvat (8-50 liter) met gedwongen nalooptijd.
- Toerengeregelde pomp (met schakelvat)
- Pomp met membraanvat (>100 liter) zonder gedwongen nalooptijd.

Het energieverbruik van een drukverhogingsinstallatie bedraagt circa 0,25-1 kWh per m³ water⁹.

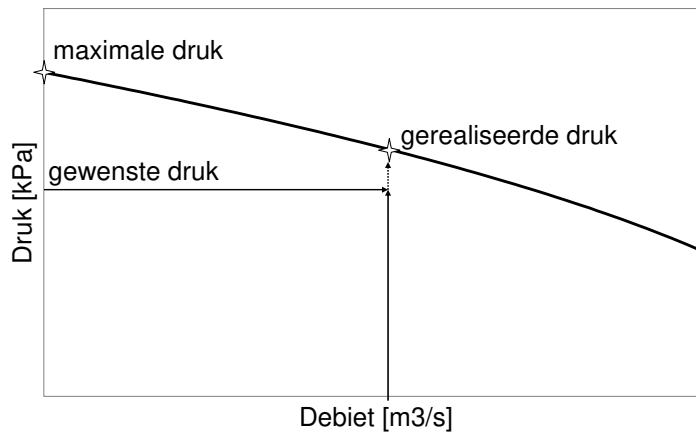
Een indicatie van het energieverbruik van de verschillende drukverhogingsystemen wordt gegeven in Figuur 16.



Figuur 16: Indicatie van energieverbruik voor de verschillen de typen drukverhogingsinstallaties.

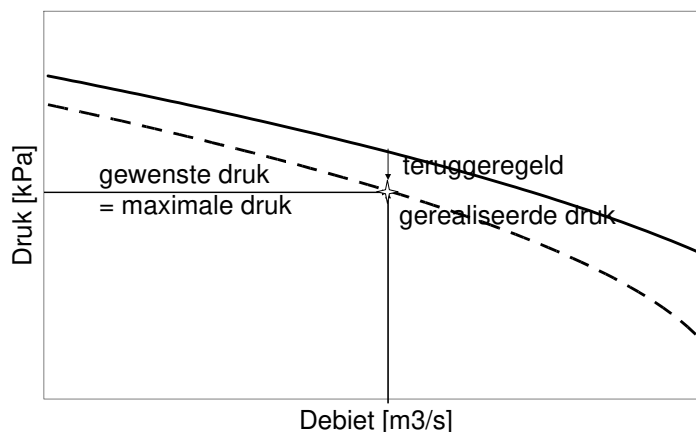
Bij de pomp met schakelvat met gedwongen nalooptijd zal bij waterafname de pomp in werking treden. Het schakelvat compenseert slechts hele kleine drukverschillen en zorgt er met name voor dat het leidingsysteem op druk blijft. Bij afnemend debiet zal de pomp een hogere (te hoge) druk leveren, (zie Figuur 17). Door de wisselende debieten draait de pomp een groot deel van de tijd niet met het optimale rendement. Door de gedwongen nalooptijd heeft de pomp relatief veel draaiuren. Er is een risico dat het water in het schakelvat langere tijd aanwezig blijft. In combinatie met een verhoogde omgevingstemperatuur kan dit risico's opleveren voor de groei van Legionella. Bij voldoende schakelingen zal de inhoud van het vat voldoende verversen. Dit kan geborgd worden door het toepassen van een doorstroomsysteem of doorstroomdetectie.

⁹ Voor gebouwen tot circa 15 verdiepingen.



Figuur 17: Pomp met schakelvat, de gerealiseerde druk is afhankelijk van het debiet en de pompkromme.

Bij de toerengeregelde pomp (met schakelvat) zal de toerenregeling er voor zorgen dat er een constante druk geleverd wordt, onafhankelijk van het debiet, zie Figuur 17. Dit zorgt voor een stabielere drukverloop in het leidingsysteem. Door het lagere toerental van de pomp is er aanzienlijk minder energie nodig. Bij de toerenregeling blijft de pomp ook met een relatief hoog rendement werken. Indien een toerengeregelde drukverhogingspomp niet uitgerust is met een schakelvat, zal ook bij nullast het leidingsysteem op druk gehouden moeten worden. In dat geval zal de pomp continu (op het laagste toerental) blijven draaien, wat vanzelfsprekend zorgt voor een hoger energiegebruik. Bij de toerenregeling kan verder nog onderscheid gemaakt worden tussen systemen met één frequentieomvormer ten behoeve van alle pompen en systemen met een frequentieomvormer per pomp. Als er één frequentieomvormer is wordt de benodigde capaciteit altijd geleverd door één toerengeregelde pomp en (indien nodig) één of meer pompen in vollast. Bij meerdere frequentieomvormers kunnen eventueel meerdere pompen teruggeregeld worden. Het voordeel van dat laatste is dat kleine drukschokken ten gevolge van de inschakeldruk van een pomp (al is het dan op de laagste frequentie) voorkomen kunnen worden.



Figuur 18: Toerengeregelde pomp, de druk blijft constant.

Bij de pomp met membraanvat wordt de benodigde druk in stand gehouden door het membraanvat. De pomp zorgt voor het op druk brengen van het membraanvat. Hierdoor kan de pomp altijd op vollast werken op het optimale



bedrijfspunt. Het systeem wordt gekenmerkt door een begrensd werkgebied (van maximaal 100 kPa), net zoals het systeem met een vast-toerental pomp. Hierdoor is het drukverloop in het leidingnet niet constant. Evenals bij een schakelvat is er een risico dat het water in het membraanvat langere tijd aanwezig blijft. In combinatie met een verhoogde omgevingstemperatuur kan dit risico's opleveren voor de groei van Legionella. Bij voldoende schakelingen zal de inhoud van het vat voldoende verversen. Dit kan geborgd worden door het toepassen van een doorstroomsysteem of doorstroomdetectie.



Figuur 19: Links, Wilo drukverhogingsinstallatie met toerengeregelde pompen. Rechts Duijvelaar DP +plus+ systeem met membraanvat.

Aandachtspunten

- Om te voorkomen dat de drukverhogingsinstallatie ongewenst water uit het waterleidingnet zuigt, moet er een onderdrukbeveiliging aanwezig zijn.
- Systemen met een schakelvat en systemen met een membraanvat dienen uitgerust te zijn met een doorstroomsysteem, waarbij verversing van het water gegarandeerd is, of met doorstroomdetectie, waarbij gesignaleerd wordt als de verblijftijd en temperatuur van het water niet voldoen aan de richtlijnen.
- In gebieden met zeer variabele leveringsdruk (bijvoorbeeld Zuid Limburg) wordt, bij toepassing van pompen met vast toerental aanbevolen om een drukreducertoestel te plaatsen vóór de drukverhogingsinstallatie, zodat te hoge drukken in het leidingsysteem voorkomen worden.

Aanbeveling:

Kies een drukverhogingssysteem op basis van een membraanvat. Bij extra eisen ten aanzien van de gelijkmatigheid van de druk in het leidingsysteem verdient het drukverhogingssysteem met toerenregeling de voorkeur.

4.3.2. Energie-efficiënt ontwerp van drukgroepen

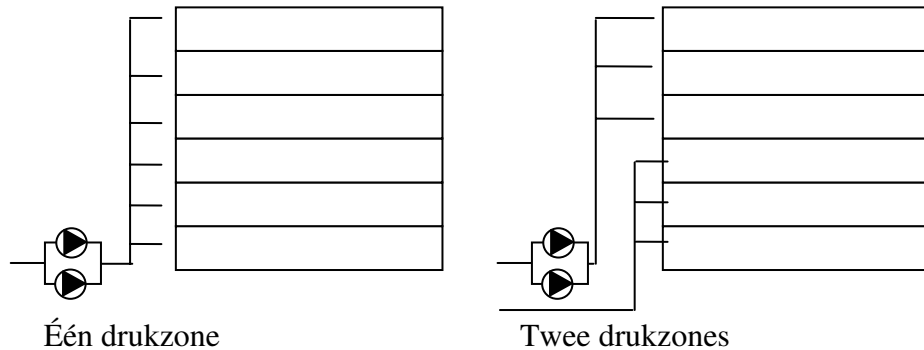
Een energie-efficiënt ontwerp van het drukverhogingssysteem in een sanitaire installatie zorgt er voor dat de druk aan de tappunten rond de gewenste gebruiksdruk zit terwijl er zo min mogelijk druk gereduceerd moet worden. Dit kan bewerkstelligd worden door het systeem onder te verdelen in drukzones. Richtlijnen hiervoor zijn:

- Maak een aparte groep zonder drukverhogingsinstallatie waar de druk van het waterleidingbedrijf voldoende is om de gewenste gebruiksdruk aan het tappunt te realiseren, zie Figuur 20. Theoretisch is de energiebesparing in deze situatie (gebouw van zes gelijke verdiepingen, waarbij de eerste drie



verdiepingen kunnen worden bediend met de leveringsdruk, vijftig procent.

- Maak drukgroepen niet te groot, zorg dat de maximale gebruiksdruk voor een tappunt niet hoger is dan 300 kPa en de maximale statische druk niet groter is dan 400 kPa. Overweeg een aparte drukgroep (in plaats van een drukreducertoestel) bij grotere drukken.



Figuur 20: Een aparte drukzone voor het deel dat met de leveringsdruk bediend kan worden.

Aandachtspunten.

- Door onderverdeling in drukzones is er minder gelijktijdigheid, de som van de maximale volumestroom per groep is groter dan de maximale volumestroom indien er één groep zou zijn. Theoretisch gaat dit niet ten koste van het energiegebruik, er hoeft immers in zijn totaliteit niet meer water verplaatst te worden. In de praktijk zal de pomp mogelijk met een lager rendement presteren.
- Plaats drukverhogingssystemen niet zonder meer in serie. De regeling van in serie geplaatste pompen zal altijd gekoppeld moeten worden.
- Plaats drukverhogingsinstallatie niet zodanig dat er zich tappunten bevinden voor de drukverhogingsinstallatie.
- De drukverhogingsinstallatie bevindt zich niet na de warmtapwaterbereider. Als de consequentie van het splitsen in drukgroepen is dat voor collectieve installaties er meerdere warmtapwaterbereiders nodig zijn, dan is het overwegend niet haalbaar de drukgroepen te splitsen. Er worden dan drukreducertoestellen gebruikt per woning respectievelijk natte groep, hotelkamer e.d. toegepast.
- De indeling in drukgroepen mag er niet toe leiden dat het drukverschil tussen koud- en warmtapwater op het tappunt te groot wordt.

Aanbeveling:

Creëer een aparte drukzone voor de tappunten waarvoor de gegarandeerde druk van het waterleidingbedrijf volstaat.

4.3.3. Leidingstelsel met gering drukverlies

Het ontwerp van een leidingstelsel met een gering drukverlies kan de toepassing van een drukverhogingsinstallatie voorkomen. Als een drukverhogingsinstallatie nodig is, dan is het overbruggen van een zekere hoogte over het algemeen het belangrijkste aandeel in het totale te overbruggen drukverlies. Een drukverliesarmleidingstelsel wordt gekenmerkt door leidingen met relatief grote diameters, een minimaal aantal bochten en appendages met een geringe drukverliezen. Het verminderen van het drukverlies mag er niet toe leiden dat water stagneert in de installatie. De



hygiënische betrouwbaarheid van de leidingwaterinstallatie dient gewaarborgd te zijn.

5. Warmtapwaterbereiding

De productie van warmtapwater bepaalt in belangrijke mate het uiteindelijke energiegebruik door het warmtapwatergebruik. De verschillende systemen voor de productie van warmtapwater worden gekenmerkt door verschillende rendementen. We onderscheiden in deze rapportage de volgende soorten systemen:

- Stadsverwarming
- Direct gestookte doorstroomtoestellen (gasgeisers)
- Combiketel
- Voorraadtoestel met inwendige warmtewisselaar
- Voorraadtoestel met uitwendige warmtewisselaar (oplaadsystemen)
- Warmtepompboiler
- WKK en HRE
- Bereiding aan het tappunt

Deze systemen worden kort toegelicht en er wordt ingegaan op de relevante aspecten ten aanzien van energiebesparing.

Naast de warmtapwaterbereider zijn er nog additionele systemen die zorgen voor een forse energiebesparing. Dit betreffen:

- Warmteterugwinning op douchewater (DWTW)
- Zonneboiler

Behalve het nominale rendement van een warmtapwaterbereider is het gebruiksrendement van belang. Bij het gebruiksrendement wordt het afnamepatroon betrokken. Een vlak afnamepatroon kan gekenmerkt worden door een geheel ander gebruiksrendement dan een afnamepatroon met pieken. Voor het ontwerp van warmtapwaterbereiders (al dan niet collectief) voor huishoudens zijn (verouderde) gestandaardiseerde afnamepatronen beschikbaar. Gezien de relevantie van het afnamepatroon op het gebruiksrendement is recent nieuw onderzoek verricht naar afnamepatronen (TVVL ST18). Hieruit blijkt dat met name bij collectieve voorzieningen de oude ontwerpregels ten aanzien van drinkwatergebruik niet voldoen. In een aparte paragraaf wordt aandacht besteed aan de relatie tussen afnamepatronen en het rendement van een installatie.

5.1. Energie Prestatie Keur.

Gastoestellen met een Gaskeur-label voldoen aan een aantal eisen. Deze labels geven informatie over het gebruiksrendement, het comfort voor tapwater, de uitstoot van schadelijke stoffen en de mogelijkheden voor toepassing in combinatie met zonneboilers. Een toestel kan voorzien zijn van één of meerdere Gaskeur-labels. Voor de warmtapwaterinstallaties zijn de volgende labels relevant:

- Gaskeur CW (Comfort warmtapwater), Toestel voldoet aan een aantal criteria met betrekking tot warmtapwaterbereiding.
- Gaskeur NZ, toestel geschikt als naverwarmer bij een zonneboilerinstallatie.
- Gaskeur HRww: Toestellen met een efficiënte warmtapwaterproductie.



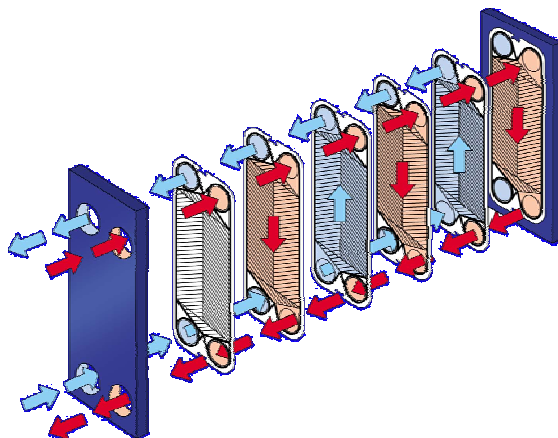


Figuur 21: Gaskeurlabels die betrekking hebben op de warmtapwaterbereider.

5.2. Warmtewisselaars en Stadsverwarming

Indien stadsverwarmingswater of c.v. water, beschikbaar is als bron voor warmtapwater wordt een warmtewisselaar, eventueel in combinatie met een voorraadvat, gebruikt ten behoeve van de productie van warmtapwater. Over het algemeen worden de warmtewisselaars gekenmerkt door geringe warmteverliezen. Ondanks de geringe warmteverliezen van de warmtewisselaar kan het gebruiksrendement van de totale installatie, afhankelijk van de primaire warmtebron, laag zijn.

Het verdient aanbeveling om een grillig tappatroon uit te vlakken met behulp van een buffervat. Hierdoor wordt de primaire energiebron langer en constant belast en verbetert het gebruiksrendement.



Figuur 22: Tegenstroom platenwisselaar (AlfaLaval)

Het drukverlies over de warmtewisselaar is van belang, een groot drukverlies betekent dat mogelijk niet voldoende gebruiksdruk beschikbaar is voor het maatgevende tappunt waardoor mogelijk een extra drukverhogingspomp nodig is. Bij afleversets voor stadsverwarming is meestal een volumestroombegrenzer ingebouwd. Deze zorgt voor extra drukverlies.

Aandachtspunten:

- Bij grotere installaties (> 45 kW) dient er een dubbele scheiding te zijn tussen de verwarmingsbron (c.v. water, stadsverwarming¹⁰) en het warmtapwater. Dit gaat over het algemeen enigszins ten koste van de warmteoverdracht en dus het nominale rendement.
- Verklein het benodigde vermogen van de warmtewisselaar (en daardoor ook het drukverlies) en verminder het aantal starts en stops door het toevoegen van een voorraadvat.

¹⁰ Indien het een openbaar stadsverwarmingsnet betreft, waarbij tussen het stadsverwarmingsbedrijf en het waterleidingbedrijf een 'beheersovereenkomst' is aangegaan, mag een warmtewisselaar met een enkele scheidingswand worden toegepast.



- Isoleer de warmtewisselaar.
- Voor een gangbare warmtewisselaar moet het verschil tussen de temperatuur van het warme tapwater en de centrale verwarming (of stadsverwarmings-) aanvoertemperatuur minimaal 10°C zijn. Aangezien de aanvoertemperatuur van het centrale verwarmingswater tegenwoordig vaak niet hoger is dan 70°C kan dit bij de intergratie van een tapwatersysteem in een centrale verwarmings installatie tot problemen leiden.
- Indien de primaire warmtebron voor een warmtewisselaar een verwarmingsinstallatie is, dan kan het, bij zeer wisselende tapwaterzijdige belasting, zinnig zijn om een cascade van hoog rendement verwarmingsketels te gebruiken.

Aanbeveling:

Een (platen)warmtewisselaar is een efficiënte warmtapwaterbereider. Kies een efficiënte primaire warmtebron voor een goed gebruiksrendement.

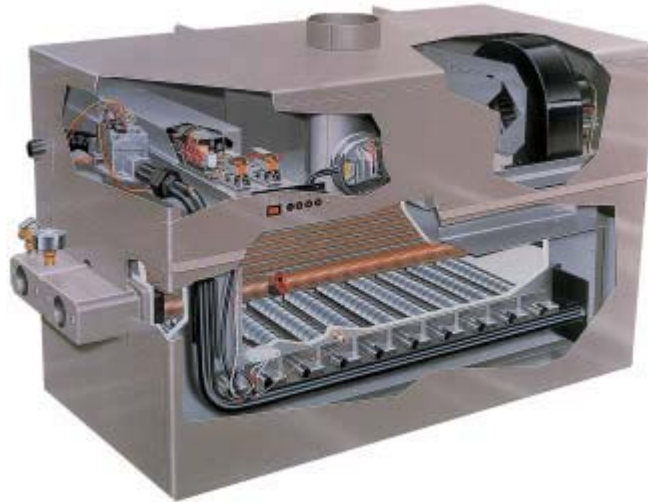
5.3. **gasgestookt doorstroomtoestel**

De gasgestookte doorstroomtoestellen (gasgeisers) worden toegepast als een combiketel niet mogelijk is, bijvoorbeeld omdat de afstand tussen het tappunt en de combiketel te groot, of omdat het vermogen van de verwarmingsketel te gering is. Ook het grote verschil tussen het vermogen dat nodig is voor ruimteverwarming en het vermogen dat nodig is voor warmtapwater kan in bepaalde gevallen een argument zijn om te kiezen voor een gasgestookt doorstroomtoestel.

Voor de woningbouw onderscheiden we kleine gasgestookte doorstroomtoestellen (tot 10 kW) , bijvoorbeeld de keukengeiser, en de grote (tot 20 kW) gasgestookte doorstroomtoestellen, bijvoorbeeld de badgeiser. De grotere systemen zijn vaak modulerend.

Door de wisselende afname waarbij de warmtewisselaar steeds weer opwarmt en vervolgens weer afkoelt waardoor een deel van de warmte niet ten goede van het opwarmen van het tapwater komt, heeft een gasgestookte doorstroomtoestel een relatief laag gebruiksrendement van circa 40%.

De grotere gasgestookte doorstroomsystemen voor de utiliteit zijn eventueel met rookgascondensatie uitgevoerd. Het nominale rendement kan dan vrijwel 100% zijn.



Figuur 23: Sentry SLN 125-185 kW, gasgestookt doorstroomtoestel voor de utiliteit met een nominaal rendement van 94%.

Bij zeer wisselend gebruik (veel pieken) daalt het gebruiksrendement van een gasgestookt doorstroomtoestel. In dat geval kan een voorraadvat toegevoegd worden voor een gelijkmatiger gebruik van de warmtapwaterbereider.

Aandachtspunten

- De tapdrempel van de keuken- en badgeisers bedraagt tussen de 2 en 4 l/min.
- Bij meerdere doorstroomtoestellen parallel aangesloten wordt de tapdrempel voor de totale installatie evenredig met het aantal toestellen verhoogd.
- Een keukengeiser levert onvoldoende douchecomfort.
- Bij niet modulerende toestellen varieert de temperatuur van het warmtapwater met het afnamedebiet.
- Het toevoegen van een voorraadvat biedt de mogelijkheid om een kleiner vermogen te gebruiken en de bedrijfstijd van het doorstroomtoestel (en daarmee ook het gebruiksrendement) te vergroten.

Aanbeveling:

Kies een HR-gasgestookt doorstroomtoestel.

5.4. (HR)-Combiketel

Combiketels verzorgen zowel de warmtapwaterbereiding als de ruimteverwarming. Combiketels worden alom toegepast in huishoudens. Combiketels zijn meestal gasgestookte doorstroomtoestellen, eventueel uitgerust met een tapboiler of een comfortstand (de warmtewisselaar wordt dan op temperatuur gehouden)

Toestellen die een HRww label hebben maken gebruik van rookgascondensatie ten behoeve van een hoger rendement. Het gebruiksrendement een HRww warmtapwaterbereider (circa 67,5%) is circa 17% hoger dan de toestellen met enkel het HR-CW label (circa 50%) die geen gebruik maken van rookgascondensatie.

Een nadeel van het doorstroomprincipe is dat de warmtewisselaar afkoelt als er geen warmtapwaterafname is. Hierdoor kan er enige tijd verstrijken voordat er warmtapwater van voldoende hoge temperatuur beschikbaar is. Dit wordt



de toestelwachtijd genoemd. Om de toestelwachtijd te beperken is er in doorstroomtoestellen vaak een kleine warmtapwatervoorraad ('tappot') ingebouwd of is er een instelling (de comfortstand) waarbij de warmte wisselaar warm gehouden wordt. Vanzelfsprekend gaat dit gepaard met extra warmteverliezen.

Aanbeveling:

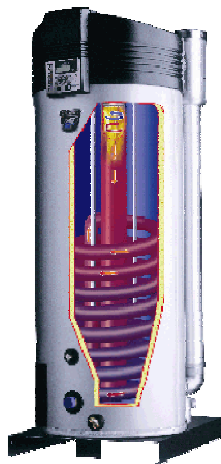
Kies voor toepassingen waar de wachtijd minder relevant is voor toestellen zonder tappot of zet het toestel niet in de comfortstand.

5.5. Voorraadsysteem met interne warmtewisselaar

Bij een voorraadsysteem met interne warmtewisselaar is de warmtewisselaar in het voorraadvat geplaatst. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen gasgestookte voorraadsystemen met interne warmtewisselaar (gasboiler) en indirect gestookte systemen.

Een nadeel van de indirect gestookte boiler met interne warmtewisselaar is dat de warmteoverdracht afneemt naarmate de temperatuur van het water in het voorraadvat toeneemt. Dit resulteert in langere opwarmtijden en, met name relevant voor het gebruiksrendement, hogere retourtemperaturen in het centrale verwarmingswatercircuit.

Vanwege de hoge temperaturen van de rookgassen bij gasgestookte boilers hebben deze systemen daar minder last van. Het gebruiksrendement wordt door het regelmatig aan- en uitschakelen van de brander negatief beïnvloed.



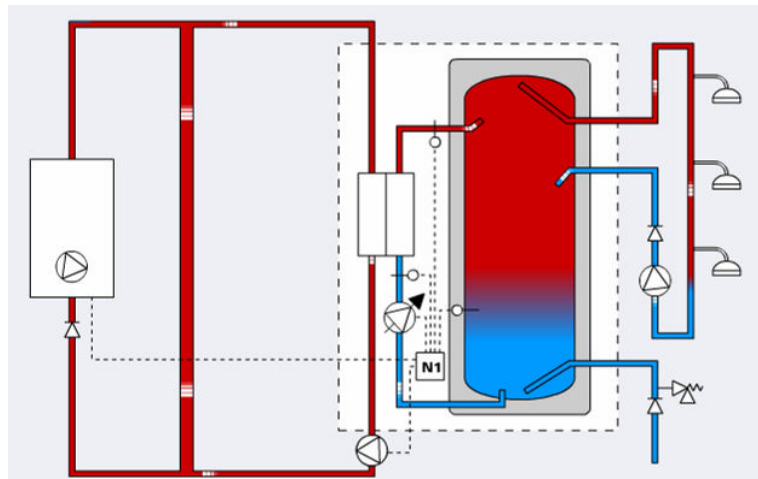
Figuur 24: Direct gestookte gasboiler (Cyclone van AOSmith) met hoog nominaal rendement van circa 100%.

Aanbeveling:

- Een systeem met een uitwendige warmtewisselaar heeft bij indirect gestookte warmtapwaterbereiders de voorkeur
- Kies bij een direct gestookte gasboiler een type met een hoog gebruiksrendement.

5.6. Voorraadsysteem met externe warmtewisselaar

Bij een voorraadsysteem met externe warmtewisselaar, het oplaadprincipe, wordt heet water uit de warmtewisselaar boven in het voorraadvat geladen. De warmtewisselaar wordt gevoed met koud water onder uit het voorraadvat, zie Figuur 25.



Figuur 25: Principewerking van oplaadboiler (bron: Ihto).

Bij het oplaadsysteem is het van wezenlijk belang dat:

- De gelaagdheid van het voorraadvat in stand blijft zodat de warmtewisselaar gevoed wordt met zo koud mogelijk water.
- Het boilervat uitgerust is met zowel een start-sensor, meestal op ongeveer de helft van het vat geplaatst en een stop-sensor, meestal onder in het vat geplaatst.
- De temperatuursensor die het oplaadsysteem in werking stelt niet te laag zit (niet lager dan op 50% van de inhoud van de boiler). Hoe lager deze temperatuursensor zit, hoe meer starts/stops er gemaakt worden.



Figuur 26: Twee oplaadsystemen met hoog nominaal rendement (circa 100%) (GBB500, Ihto en Sentry CWH)

De belangrijkste voordelen van het oplaadsysteem zijn:

- de hersteltijd is beperkt omdat de warmtewisselaar continu het volle vermogen kan leveren,
- de warmtewisselaar en het voorraadvat kunnen gelijktijdig bijdragen aan de warmtapwaterlevering,
- er is een relatief kleine warmtewisselaar nodig omdat deze wordt gevoed met koud water,



- de c.v. zijde retourtemperatuur is gedurende het gehele oplaadproces lager, hetgeen het gebruiksrendement van de warmte-opwekker ten goede komt.

Door het combineren van het oplaadsysteem met een hoog rendement warmte-opwekker is een zeer efficiënt systeem te verkrijgen, zie Figuur 26.

Ten aanzien van het ontwerp van het oplaadsysteem kan de combinatie tussen vermogen van de warmtewisselaar en de inhoud van het voorraadvat zo gekozen worden dat de warmtewisselaar vrijwel continu in bedrijf is. Dit vereist een goede bekendheid met de afnamepatronen en een zeer zorgvuldig ontwerp van het systeem.

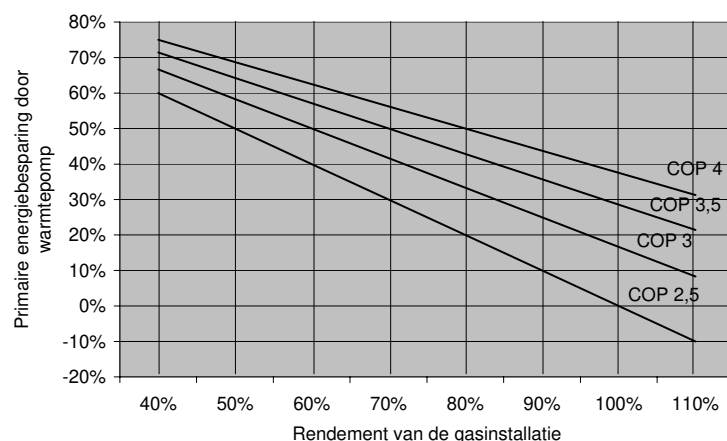
Als de warmtewisselaar gevoed wordt door een verwarmingsinstallatie, kan het, gezien de wisselende belasting van de warmtewisselaar, zinvol zijn een cascade van hoog rendement verwarmingsketels te gebruiken.

Aanbeveling:

Bij gebruik van een efficiënte primaire warmtebron is het oplaadsysteem een efficiënte warmtapwaterbereider.

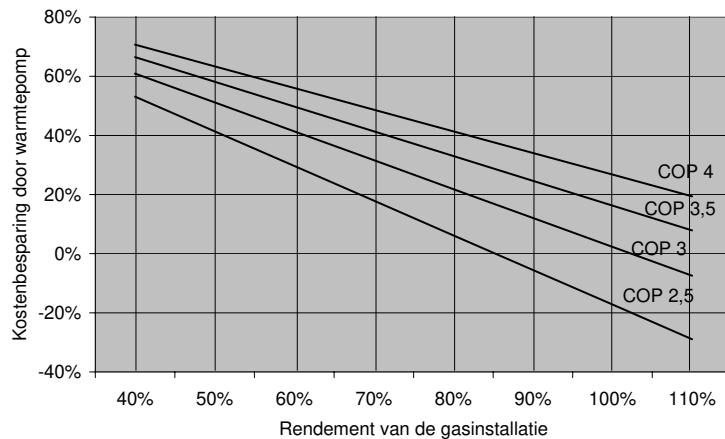
5.7. (combi)warmtepompboiler

Via een warmtewisselaar onttrekt een warmtepompboiler warmte uit de afgevoerde ventilatielucht om hiermee het tapwater te verwarmen. Bij de combiwarmtepompboiler, die zowel ruimteverwarming als tapwater verzorgt wordt meestal gebruik gemaakt van het grondwater als warmtebron. De warmtepompboiler heeft een COP van ongeveer 3,5. Ten opzichte van een combiketel met een gebruiksrendement van 65% is dit een besparing op primaire energie van circa 50%. Door efficiëntie van de huidige HRww combiketels is het besparende effect minder. Een belangrijk voordeel van de warmtepomp is dat er geen gasinfrastructuur nodig is. In Figuur 27 is de besparing door toepassing van een warmtepompboiler gegeven, afhankelijk van het rendement van de gasinstallatie en de COP van de warmtepomp.



Figuur 27: Energiebesparing door het toepassen van een warmtepomp.

Aangezien elektriciteit relatief kostbaarder is dan aardgas is de kostenbesparing door het toepassen van de warmtepomp minder gunstig dan de energiebesparing. De kostenbesparing is gegeven in Figuur 28.



Figuur 28: Kostenbesparing door het toepassen van een warmtepomp.

Aandachtspunten.

- Om voldoende energie te kunnen onttrekken aan de ventilatielucht moet het ventilatiedebiet groot genoeg zijn. Bij systemen met een geregelde natuurlijke toevoer van ventilatielucht kan dit een probleem zijn.
- De warmtepompboiler is niet te combineren met warmteterugwinning op ventilatielucht.
- Het buffervolume van de warmtepompboiler moet zijn afgestemd op de dagelijkse warmtapwaterbehoefte en is daardoor relatief groot.

Aanbeveling:

De warmtepompboiler biedt in de nieuwbouw niet veel toegevoegde waarde meer. In de bestaande bouw is er nog een aanzienlijk toepassingspotentieel. De combi-warmtepomp is een zeer efficiënte warmtapwaterbereider.

5.8. Close-in boiler (cold-fill, hot-fill)

Als de wachttijd te lang is (leidingwachttijd langer dan 20 s) kan een close-in boiler geplaatst worden bij het tappunt. Hierbij kan een hot-fill boiler of een cold-fill boiler gekozen worden.

Cold-fill

In paragraaf 8.1.1 is aan de orde geweest dat het zinnig kan zijn om een kleine elektrische boiler nabij het tappunt te plaatsten. De energieverliezen ten gevolge van uittappen worden zo voorkomen. Daar staat tegenover dat het primaire energiegebruik van de elektrische boiler hoog is. Vooral voor tappunten waar regelmatig kleine hoeveelheden warmtapwater getapt worden en die ver van de warmtapwaterbereider gelegen zijn kan het zinnig zijn om een elektrische close-in boiler toe te passen. Door de vele kleine tapmomenten zijn er veel leidingverliezen en kan het gebruiksrendement bij een doorstroomtoestel fors dalen.

Aandachtspunten

- Door de betere beschikbaarheid van warmtapwater bij het tappunt kan verwacht worden dat de warmtapwaterafname toe zal nemen.
- Het GIW stelt dat warmtapwater van voldoende hoge temperatuur minimaal 10 minuten beschikbaar moet zijn. In Tabel 28 zijn de benodigde watertemperaturen gegeven voor close-in boilers bij een taptemperatuur van 55°C en een volumestroom van 2,5 l/min.



Tabel 28: Watertemperatuur in close-in boilers op basis van GIW-eisen.

	Minimale boiler temperatuur
15	85°C (ernstige risico's voor verbranding en verkalking)
20	67 °C
25	55°C

- In het geval van een keuken kan in plaats van onder de aanrecht (close-in) de boiler eventueel ook in een bovenkastje geplaatst worden (close-up boiler).

Hot-fill

Met name indien er gebruik wordt gemaakt van een zeer efficiënte warmtapwaterbereider of een zonneboiler, zal een hot-fill close-in boiler de voorkeur hebben boven een cold-fill close-in boiler.

De hot-fill boiler wordt aangesloten op de warmtapwaterleiding. Het voorraadvat wordt gevuld met warmtapwater van bijvoorbeeld een combiketel. Het water wordt naverwarmd met een elektrisch element. Dit kan een energiebesparing opleveren aangezien het nominale rendement van de warmtapwaterbereider over het algemeen beter is dan het opwekkingsrendement van elektriciteit. Als er echter steeds zeer kleine hoeveelheden getapt worden, zal de boiler toch steeds gevoed worden met grotendeels koud water. In dit geval komt steeds het warmtapwatertoestel in werking, met de daarmee gepaard gaande energieverliezen 'en het water moet alsnog elektrisch opgewarmd worden in de boiler. Bij minder energie-efficiënte warmtapwaterbereiders (traditionele combiketel) is het voordeel dan ook discutabel.

Een belangrijk voordeel van de Hot-fill boiler is dat de voorraad warmtapwater in principe niet op raakt. Bij het tappen zal de voorraad immers aangevuld worden met warmtapwater. Hierdoor voldoet de hot-fill boiler aan de GIW-eisen met betrekking tot de beschikbaarheid van warmtapwater.

Aanbeveling:

Gebruik een hot-fill (close-in) boilers als wachttijd-verkorter in plaats van cold-fill (close-in) boiler met name bij energie-efficiënte warmtapwatertoestellen (stadsverwarming, condenserende warmtapwaterapparaten, HR-E ketel). Het gebruik van een hot-fill boiler verhoogt de opbrengst van een zonneboiler.

5.9. WKK

Met behulp van de warmte-kracht installatie (WKK) wordt zowel elektriciteit als warmte geproduceerd. Gemiddeld is het rendement van de elektriciteitsproductie circa 35% en van de warmteproductie circa 60%. De warmte van de WKK kan gebruikt worden voor ruimteverwarming en warmtapwater. Voor huishoudens komt de micro-wkk, ook wel HRE ketel genoemd vanaf 2010 de markt. Door de gelijktijdige productie van elektriciteit en warmte is er een aanzienlijke besparing te realiseren. De tapwater opwekking van de HRE-ketel gebeurt echter nog op de conventionele wijze. Het rendement op de warmtapwaterproductie is dan ook vergelijkbaar met het rendement van een 'conventionele' HR-ketel.

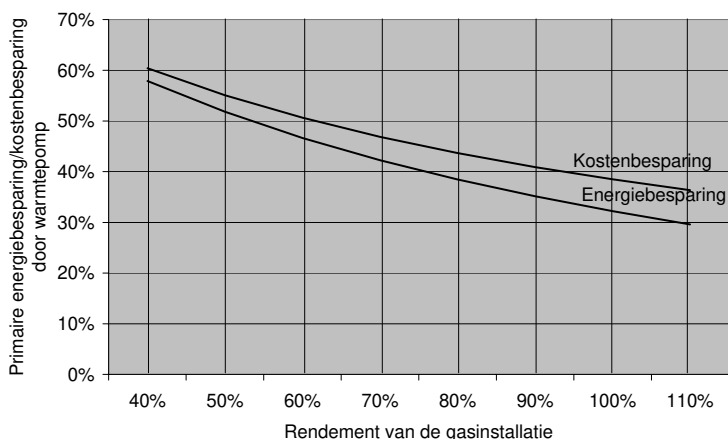
Uitgaande van een aardgasverbruik van 390 m³ voor een woning met een warmtapwaterbereider met een gemiddelde gebruiksrendement van 65%, zou met een HRE ketel 422 m³ gas nodig zijn. De ketel produceert daarbij echter



ook nog eens 1300 kWh elektriciteit. In Tabel 29 is de vergelijking tussen de traditionele oplossing en de HRE-ketel gemaakt.

Tabel 29: Vergelijking traditionele warmtapwaterbereider en de warmtekrachtkoppeling als warmtapwaterbereider.

	Traditioneel		WKK	
	Traditioneel	Primair [a.eq.]	WKK	Primair [a.eq.]
Verbruik	390 m ³ aardgas	390 m ³	422 m ³ aardgas	422 m ³
Additioneel	1300 kWh	370 m ³	1300 kWh	0 m ³
Totaal		760 m ³ a.eq.		422 m ³ a.eq.



Figuur 29: Energiebesparing en kostenbesparing¹¹ tengevolge van de WKK.

WKK is 45% efficiënter (betrokken op primaire energie) dan de reguliere combiketel (met een gebruiksrendement van 65%). Het gebruik van de warmte van een WKK is qua energie-efficiëntie vergelijkbaar met stadsverwarming.

5.10. Douchewater warmtewisselaar

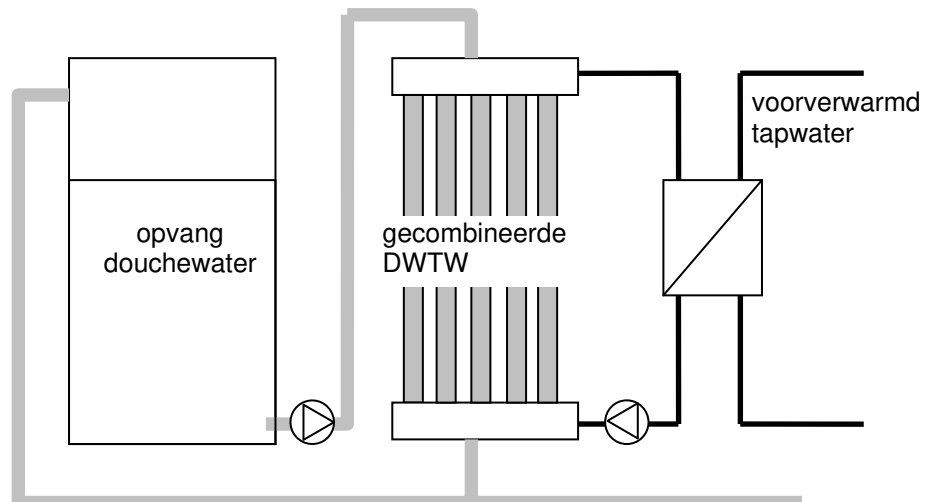
Met een douchewater warmtewisselaar wordt het drinkwater dat naar de douche gaat voorverwarmd door het afvoerwater van de douche. Het opgewarmde drinkwater kan direct naar de douchemengkraan en/of de warmtapwaterbereider gevoerd worden. De thermostatische douchemengkraan zorgt voor een constante temperatuur van de douche. De warmtapwaterbereider hoeft minder warmte toe te voegen aan het reeds opgewarmde water.

De afvoercapaciteit van een huishoudelijke DWTW is gebaseerd op de richtlijnen in NTR 3216 en bedraagt ongeveer 1 liter per seconde. Het rendement van de warmtewisselaar bedraagt 40% à 60%. Voor een huishouden met vier personen is de energiebesparing circa 168 m³ aardgas of € 96,00 per jaar, vergelijkbaar met de besparing door een zonneboiler.

In de utiliteit is de DWTW toepasbaar in gebouwen met veel warmtapwatergebruik ten behoeve van douches zoals zwembaden,

¹¹ Er wordt van uitgegaan dat een eventuele terugleververgoeding gelijk is aan de kostprijs van elektriciteit.

sportfaciliteiten, recreatiefaciliteiten en verblijfsgebouwen. Voor toepassingen van de DWTW in de utiliteit kunnen systemen op maat gemaakt worden door bijvoorbeeld meerdere huishoudelijke DWTW systemen te combineren, zie figuur 30. Bij toepassingen in de utiliteit dient er extra aandacht besteed te worden aan het voorkomen van besmetting met Legionella. Het met de DWTW opgewarmde water wordt dan altijd eerst naar de warmtapwaterbereider geleid.



figuur 30: Toepassing van douchewater warmteterugwinning in de utiliteit (Bron: Hei-tech).

De capaciteit van een DWTW in de utiliteit is gebaseerd op een berekening van de gelijktijdigheid van de er op aangesloten douches. In NTR 3216 worden hier richtlijnen voor gegeven. Vanwege de ongelijkmatigheid van het aanbod van warm afvalwater wordt kan er een buffervat toegepast worden.

Aandachtspunten

- Het drinkwaterzijdige drukverlies in de DWTW is van invloed op de gebruiksdruk bij het tappunt en dient betrokken te worden bij de bepaling van de beschikbare gebruiksdruk voor de maatgevende tappunten.

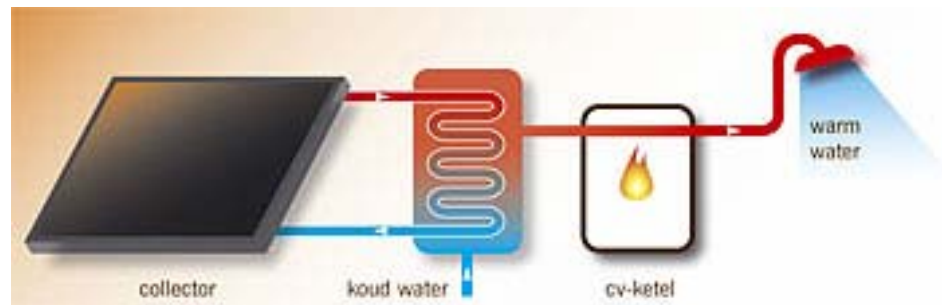
Aanbeveling:

Overweeg het toepassen van een douche water warmteterugwinning.

Literatuur: ISSO/Uneto-VNI Richtlijn 30.4 Warmteterugwinning uit douchewater.

5.11. Huishoudelijke zonneboiler

Een zonneboiler is een toevoeging aan een op zichzelf volledig functionerende warmtapwatervoorziening. De standaard zonneboiler voor huishoudens wordt gekenmerkt door een 100 liter boiler vat, 3 m² collectoroppervlak met een combiketel als naverwarmer. Bij een gemiddeld huishouden is de energiebesparing ongeveer 175 m³ aardgas of € 100 per jaar.



Figuur 31: Werking van de huishoudelijke zonneboiler (bron: Beldezon.nl)

Aandachtspunten

- De collector moet een goede oriëntatie en hellingshoek hebben (Zuid/oost-Zuid/west)
- De afstand tussen opslagvat en collector mag niet te groot zijn.
- Gebruik een naverwarmer met het NZ-label (naverwarming zonneboiler)..
- Daar de maximum temperatuur van het warmtapwater in het boilervat seizoen afhankelijk is (kan in de winter onder 60 °C liggen), is een risicoanalyse op legionella gewenst. Bij het voorstellen van maatregelen voor preventieve thermische desinfectie moet rekening worden gehouden dat een doorstroom naverwarmer (combi-ketel) niet beschouwd mag worden als een desinfectieapparaat.

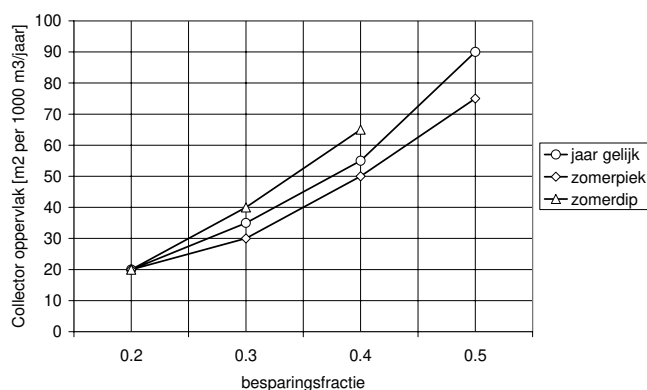
Aanbeveling:

De zonneboiler heeft een groot energiebesparingspotentieel. De toepassing verdient zich echter nog niet binnen een redelijke termijn terug. Aanbevolen wordt dan ook de zonneboiler voor huishoudelijk gebruik door subsidies te stimuleren.

5.12. Grote zonneboiler

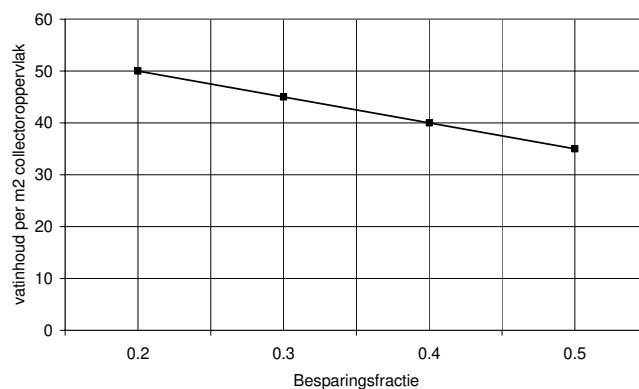
Grotere zonneboilersystemen zijn zonneboilersystemen met een collectoroppervlak tot circa 500 m². Deze zijn toepasbaar voor gebouwen met een warmtapwatergebruik tot 15.000 m³ per jaar. Met name gebouwen met een grote warmtapwaterbehoefte in de zomerperiode zijn interessant voor grote zonneboilers. Het gaat dan bijvoorbeeld om collectieve installaties voor verzorgingstehuizen, campings, zwem-, sport-, horecagelegenheden en industriële installaties.

De energiebesparing bij grote zonneboilersystemen is afhankelijk van het systeemontwerp. In veel gevallen wordt uitgegaan van een besparingsfractie. Hoe groter de besparingsfractie, hoe groter het collectoroppervlak, zie Figuur 32. Een besparingsfractie van meer dan 0,5 is niet gebruikelijk. Een richtlijn voor de besparing per m² collectoroppervlak is 50 m³ aardgas.



Figuur 32: Globale bepaling van collectoroppervlakt in relatie tot de besparingsfractie.

De inhoud van het voorraadvat is in sterke mate afhankelijk van het dagpatroon van de warmtapwaterafname. Bij een gelijkmatige afname over de dag is de inhoud van het voorraadvat het kleinst. Bij veelvuldig optredende afnamepieken is de optimale vatinhoud groter. De vatinhoud zal nooit groter zijn dan de dagelijkse warmtapwatervraag. Bij een niet gelijkmatig afnamepatroon wordt aanbevolen een computerprogramma te gebruiken, zoals Vabi 115, voor het bepalen van de optimale vatinhoud. Bij gelijkmatige afnamepatronen kan Figuur 33 gebruikt worden.



Figuur 33: Vatinhoud op basis van besparingsfractie bij gelijkmatige afname van warmtapwater.

Aanbeveling:

In specifieke sectoren, met name zwembaden, sportgelegenheden en recreatie hebben de grote zonneboilersystemen een groot energiebesparingspotentieel. De toepassing verdient zich echter nog niet binnen een redelijke termijn terug. Aanbevolen wordt dan ook de zonneboiler voor huishoudelijk gebruik door subsidies te stimuleren.

Aandachtspunten:

- Daar de maximum temperatuur van het warmtapwater in het boilervat seizoen afhankelijk is (kan in de winter onder 60 °C liggen), is een risicoanalyse op legionella gewenst en voor collectieve installaties die vallen onder hoofdstuk IIIC van het Waterleidingbesluit verplicht.



5.13. Afnamepatronen en gebruiksrendement

Eerder is al aangegeven dat kennis van van het te verwachten afnamepatroon een randvoorwaarde is voor het ontwerpen van een efficiënte installatie. TVVL en Uneto VNI hebben onderzoek laten uitvoeren naar tappatronen en maximale volumestromen van drinkwater. Uit dit onderzoek blijkt dat de huidige rekenregels vaak tot overdimensionering van collectieve tapwaterinstallaties bij woningen leiden. Het onderzoek is niet gevalideerd voor het collectieve warmtapwatergebruik. De verwachting is dat de huidige rekenregels voor het ontwerp van collectieve warmtapwatervoorzieningen ook tot overdimensionering leiden. Aanbevolen wordt dan ook tevens onderzoek te doen naar afnamepatronen van warmtapwater bij collectieve installaties en specifieke utiliteitsgebouwen.

Als het afnamepatroon warmtapwater goed bekend is, en er wordt gebruik gemaakt van een warmtapwaterbereider met een voorraadvat, is een juiste keuze van voorraadvat en vermogen van de warmte-opwekker essentieel. Bij voorkeur wordt deze combinatie zo gekozen dat de warmte-opwekker een zo hoog mogelijke bedrijfstijd heeft.

Aanbeveling

Maak ten behoeve van het ontwerp van een warmtapwatersysteem een nauwkeurige inschatting van het afnamepatroon. Doe onderzoek naar afnamepatronen warmtapwater om het ontwerpproces te faciliteren.

Literatuur:

TVVL ST-18: Rekenregels dimensionering leidingwaterinstallaties.

EPK: Criteria voor gaskeur cw- en hrww-label

5.14. Samenvatting warmtapwaterbereiders

In voorgaande paragrafen zijn de verschillende typen warmtapwaterbereiders beschreven en de aspecten die relevant zijn ten aanzien van energie-efficiëntie. We kunnen concluderen dat met name de douchewater warmteterugwinning en de zonneboiler de middelen zijn om de energiebehoefte verder te reduceren. Zowel de combi-warmtepomp als de HRE-ketel bieden zeer goede mogelijkheden voor een verdergaande energiebesparing.

Voor systemen in de utiliteit hebben vrijwel alle leveranciers hoog rendement oplossingen voor de warmtapwaterbereider. Het finale gebruiksrendement hangt echter sterk af van de relatie tussen de gerealiseerde warmtapwaterbereider en het daadwerkelijke afnamepatroon. Met TVVL rapport ST-18 is enig inzicht verkregen in deze relatie voor het warmtapwater van woningen en in mindere mate van woongebouwen. De in TVVL rapport 18 gesimuleerde maximum momentgebruik koudwater wordt ondersteund door metingen, maar het maximum momentgebruik warmtapwater en de warmtapwatergebruiken in tijdsblokken van woongebouwen moeten nog gevalideerd worden. Aanbevolen wordt verder onderzoek te doen naar het warmtapwaterpatroon voor diverse utilitaire functies.

In Tabel 30 en zijn de verschillende genoemde warmtapwaterbereiders vergeleken op het gebruiksrendement.



Tabel 30: indicatieve gebruiksrendementen van de verschillende typen warmtapwaterbereiders voor huishoudens.

type	Primair gebruiksrendement	Bron
Huishoudelijke gasgeisers	40%	NEN 5128
Gasboiler	40%	NEN 5128
HR- combiketel	65-85 %	
Elektrische boiler (close-in)	40%	NEN 5128
Warmtepompboiler	85%	NEN 5128
Combi-warmtepompboiler	85%	NEN 5128
Micro wkk/HRE	90%	Website SenterNovem

Van warmtapwaterbereiders voor de utiliteit zijn gegevens over het gebruiksrendement niet beschikbaar. De nieuwste warmtapwaterbereiders volgens de verschillende opwekkingsprincipes (doorstroomapparaat, gasboiler, oplaadboiler) worden gekenmerkt door hoge nominale rendementen. Het gebruiksrendement zal echter sterk afhangen van de wijze waarop het toestel wordt ingezet. Zo zal een direct gestookt doorstroomapparaat een lager gebruiksrendement hebben bij een grillig afnamepatroon dan een warmtapwaterbereider met een voorraadvat.



6. Huishoudwater

Slechts een klein deel van het drinkwater dat in huishoudens gebruikt wordt is bedoeld voor consumptie. Een aantal functies zou eenvoudig gebruik kunnen maken van een andere kwaliteit water. We spreken dan van huishoudwater, water dat bestemd is voor specifieke huishoudelijke toepassingen, waarbij de kwaliteit van het water niet persé hoeft te voldoen aan de kwaliteitseisen die in het waterleidingbesluit zijn gesteld. Volgens in 2008 te publiceren voorschriften blijft de toepassing van collectieve huishoudwaterinstallaties beperkt tot closetspoeling. Als bron voor huishoudwater onderscheiden we van daken afstromend hemelwater en grondwater. Collectieve distributie huishoudwater door waterleidingbedrijven is niet toegestaan. Binnen de woning is de bewoner verantwoordelijk voor de binneninstallatie en heeft deze slechts te maken met met de aansluitvoorwaarden van het drinkwaterbedrijf.

6.1. Hemelwater

Hemelwater is regenwater en smeltwater dat van daken van gebouwen tot afstroming is gekomen. Het voordeel van het gebruik van regenwater is tweeledig:

- Het gebruikte regenwater komt niet direct in het rioolstelsel terecht.
- Het drinkwatergebruik neemt af.

Hemelwater kan gebruikt worden voor closetspoeling. In het geval van een hemelwatergebruik voor een buitenkraan kan volstaan worden met een eenvoudige regenton. De belangrijkste onderdelen van het hemelwatersysteem zijn:

- (Dak)oppervlak voor de opvang van hemelwater. Voor woningen kan uitgegaan worden van 25 m² per persoon. Voor kantoren kan uitgegaan worden van 4 m² per persoon.
- Een opslagvat. De benodigde inhoud is afhankelijk van dakoppervlak, dakmateriaal en de behoefte aan hemelwater. Een ondergronds opslagvat heeft de voorkeur boven een opslagvat op het dak vanwege de opwarming.
- Distributiesysteem. Leidingen en pomp. Het gebruikte leidingsysteem moet duidelijk herkenbaar zijn als huishoudwaterdistributie om vergissingen te voorkomen.

De potentiële besparing door gebruik van hemelwater ten behoeve van de closetspoeling is 8 m³ of € 11,20 per persoon per jaar.

Aandachtspunten:

- Hemelwater kan verontreinigd zijn door vervuilde oppervlakten of uitlogende materialen (teerhoudend bitumen, zink, koper).
- Een belangrijke maatregel, die geen drinkwaterbesparing oplevert maar wel het rioleringsstelsel ontlast is het afkoppelen van de hemelwaterafvoer. Hemelwater wordt dan niet meer op het riool geloosd, maar via infiltratie het water teruggevoerd in de bodem.
- Door afspoeling van vogelfeces van daken kunnen hoge aantallen Campylobacter in de opslagreservoirs terechtkomen. Blootstelling kan plaatshebben door druppels via aërosolen in te slikken of door besmette oppervlakken aan te raken. Bij closetspoeling ontstaan tevens aërosolen.

Aanbeveling

Het milieu-effect van een hemelwatersysteem met een eigen pomp is discutabel. Het energieverbruik door de pomp en de extra benodigde voorzieningen wegen mogelijk niet op tegen de efficiënte productie van



drinkwater in Nederland. Het afkoppelen van de hemelwaterafvoer is zonder meer een eenvoudige, zinnige maatregel.

Een mogelijke infectiekans bij gebruik van hemelwater door closetspoeling moet worden onderzocht.

Literatuur:

ISSO publicatie 70-1, Hemelwater binnen de perceelgrens, Rotterdam, 2007.

7. Grijswater in woninginstallaties

Grijswater is afvalwater afkomstig van douche, bad en/of wastafel. Grijswater kan in woninginstallaties gebruikt worden voor closetspoeling en wasmachine. Gebruik voor een buitenkraan wordt afgeraden. Gebruik van afvalwater van douches of bad is niet zonder meer mogelijk voor bewatering van de tuin. Hoge concentraties van fosfaten, nitraten en zeepresten kunnen schadelijk zijn voor kwetsbare planten. Voor gebruik dient grijswater gezuiverd te worden. Als grijswater alleen voor closetspoeling gebruikt wordt zijn er kant-en-klare systemen beschikbaar, waarin lichte zuivering, opslag, regeling en suppletie verenigd zijn, zie Figuur 34.



Figuur 34: Toepassing van grijswater voor de closetspoeling. De eco-play, een kant en klare oplossing (bron: Ecoplay).

Als bron voor suppletie van de grijswateropslag wordt drinkwater of hemelwater gebruikt. Gezien de extra voorzieningen die nodig zijn om een grijswatersysteem te realiseren en gezien het extra energieverbruik voor pompen of zuiveringsvoorzieningen is de milieuwinst door toepassing van grijswatersystemen discutabel. Gezien de verontreinigingen in het grijswatersysteem heeft een hemelwatersysteem de voorkeur boven een grijswatersysteem.



Aandachtspunten:

- Gebruik van huishoudwater, Gebruik van afvalwater van douches of bad is niet zonder meer mogelijk voor bewatering van de tuin. Hoge concentraties van fosfaten, nitraten en zeepresten kunnen schadelijk zijn voor kwetsbare planten.

Aanbeveling:

Een hemelwatersysteem heeft de voorkeur boven een grijswatersysteem.

Literatuur:

ISSO rapport 70-3, 'Grijswater binnen de perceelgrens', Rotterdam, 2002.

ISSO publicatie 70-2, 'Individuele behandeling van afvalwater', Rotterdam, 2000.



8. Warmtapwaterconcepten

In voorgaande hoofdstukken zijn de diverse componenten van de tapwaterinstallatie apart beschreven. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de samenhang tussen deze componenten.

8.1. Distributieconcepten (circuleren, uittappen of lokaal opwekken)

De keuze van een distributiesysteem voor het verkrijgen van warmtapwater aan het tappunt zal gebaseerd zijn op praktische overwegingen, comfort-overwegingen en kostenoverwegingen. Energiegebruik kan daar een wezenlijke rol in spelen. De verschillende mogelijke oplossingen worden gekenmerkt door aanzienlijke verschillen ten aanzien van het energiegebruik.

Tabel 31: Indicatie van het energieverlies van verschillende distributiemethoden van warmtapwater.

	Energie per meter leiding	Basisverbruik	Opmerking
Uittapleiding	6,6 m ³ a.eq. per jaar	0	Tevens waterverlies van circa 400 liter per jaar bij 15 tapmomenten per dag
Circulatiesysteem	15 m ³ a.eq. per jaar*	85 a.eq. per jaar (300 kWh)**	Verbruik van de circulatiepomp ten behoeve van alle tappunten
Close-in Boiler	0	43 a.eq. per jaar (150 kWh)	Stand-by verbruik alleen ten behoeve van het specifieke tappunt

*De warmtapwaterleidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem hebben een groter warmteverlies dan de circulatieleidingen. 15 m³ is een indicatie van het gemiddelde warmteverlies per strekkende meter over het hele circulerende systeem.
**Indicatie van het verbruik door de circulatiepomp bij een klein circulatiesysteem.

In principe heeft het de voorkeur om een warmtapwaterbereider met een zo hoog mogelijk gebruiksrendement zo dicht mogelijk bij het tappunt te plaatsen. In de praktijk is dat vaak lastig en is de keuze tussen een elektrisch toestel (close-in boiler) dicht bij het tappunt of een gasgestookt toestel op enige afstand. In dit hoofdstuk komen de energetische aspecten van deze keuzes aan bod.

8.1.1. Close-in boiler versus uittappen

Ten aanzien van het energiegebruik verdienen over het algemeen warmtapwater uittapleidingen de voorkeur. Of een keukenboiler efficiënter is hangt af van:

- Het aantal tapmomenten per dag. Hoe meer tapmomenten, hoe meer energieverliezen er zijn bij het uittappen.
- De leidingdiameter en de leidinglengte. Hoe groter diameter of lengte van de leiding, hoe meer energieverliezen er zijn bij uittapleidingen.
- De warmtapwaterbehoefte aan het tappunt. Hoe groter de warmtapwaterbehoefte, hoe hoger het (inefficiënte)elektriciteitsverbruik van de close-in boiler.



Daarnaast zijn er nog een aantal ander relevante uitgangspunten:

- Het energieverlies (stand-by verlies) van de close-in boiler (hier ingeschat op 150 kWh per jaar) of de kokend waterkraan (hier ingeschat op 85 kWh per jaar).
- De $DH_{w,70}$ -factor, hier is aangenomen een $DH_{w,70}$ -factor van 1,55 (koperen leiding, weggewerkt).
- Het gebruiksrendement van de warmtapwateropwekking in het geval van uittapleidingen is 0,65.

Op basis van deze uitgangspunten is in Figuur 35 aangegeven wanneer een keukenboiler energie-efficiënter is dan het gebruik van uittapleidingen. In Figuur 36 is hetzelfde aangegeven, maar dan voor een kokend water tappunt. Bij combinaties van aantal tapmomenten en leidinglengte die boven de gegeven lijnen vallen is een de close-in boiler of het kokend water apparaat energie-efficiënter. In de legenda is leidingafmeting en de jaarlijkse warmtapwaterbehoefte gegeven.

Toelichting bij deze grafieken:

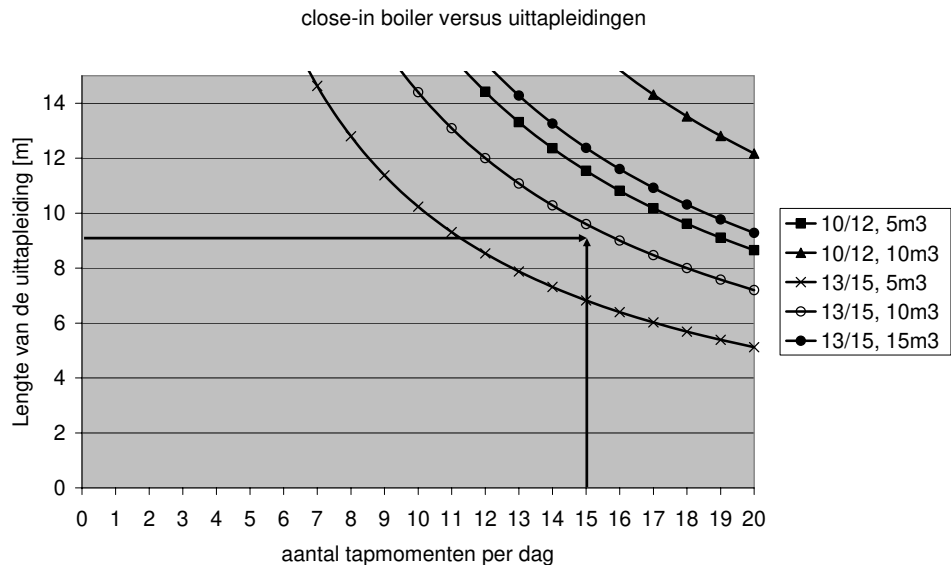
Stel situatie 1:

Uittapleiding lengte: 9 meter.

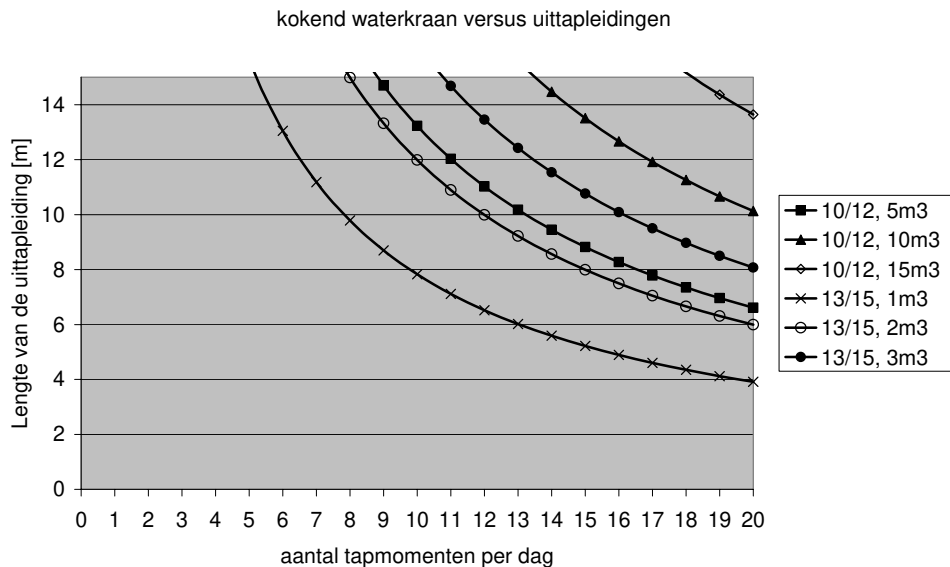
Leiding: 13/15

Warmtapwaterafname aan tappunt: 10m^3 per jaar.

Kijk in de Figuur 35 bij 15 tapmomenten en 9 meter leidinglengte. Dit punt zit onder de lijn van de leiding 13/15 met een warmtapwaterafname van 10m^3 per jaar. Warmtapwater uittapleidingen zijn efficiënter in deze situatie.



Figuur 35: Close-in boiler versus uittapleidingen.



Figuur 36: Kokend-waterkraan versus uittapleidingen.

Op basis van Figuur 35 en Figuur 36 kunnen we concluderen dat een close-in boiler slechts in weinig gevallen efficiënter zal zijn dan een uittapleiding.

Aandachtspunten:

- Bij een efficiëntere warmtapwatervoorziening zal de warmtapwateruittapleiding tot minder energieverliezen leiden. De grafieken zijn gebaseerd op een gebruiksrendement van 65%.
- Bij directe beschikbaarheid van warmtapwater, zoals bij een close-in boiler is er een kans dat de consumptie van warmtapwater groter wordt.
- Het GIW stelt dat warmtapwater van voldoende hoge temperatuur minimaal 10 minuten beschikbaar moet zijn. Zie paragraaf 5.8. Een hot-fill close-in boiler kan voldoen aan de GIW-eis bij een beperkte inhoud.

Aanbeveling:

Maak een onderbouwde afweging tussen lokale warmtapwaterbereiding met een close-in boiler (eventueel hot-fill) en een centrale warmtapwaterbereider.

8.1.2. Close-in boiler versus circulatie

In de vorige paragraaf hebben we kunnen zien dat uittapleidingen in de meeste gevallen tot minder energieverlies leiden dan het toepassen van een close-in boiler. Ook hebben we al gezien dat de uittapleiding tot minder energieverlies leidt dan een circulatiesysteem. De afweging tussen de close-in boiler en een circulatiesysteem is lastiger omdat een circulatiesysteem over het algemeen niet voor slechts één tappunt gerealiseerd wordt en de close-in boiler wel. Over het algemeen kunnen we echter stellen dat in het geval van tappen met een gering watergebruik, lokale elektrische warmtapwaterbereiders efficiënter zijn dan het toepassen van een circulatiesysteem.

Aandachtspunten:

Zie paragraaf 8.1.2.

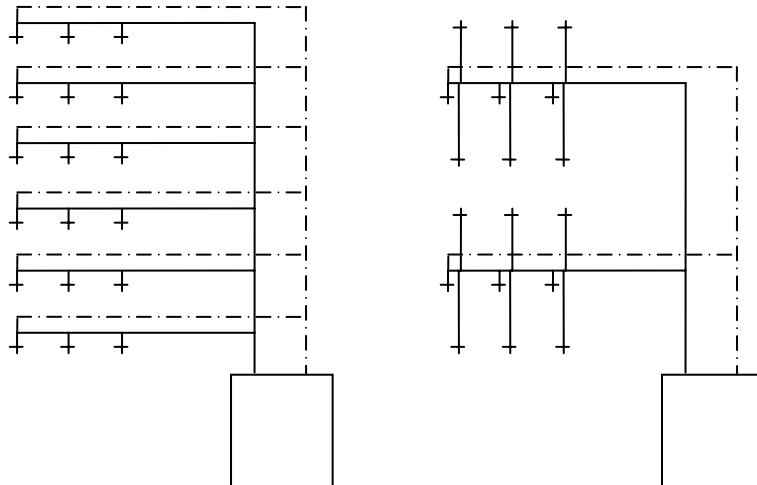
Aanbeveling:

Maak voor alle tappen de overweging of een circulatiesysteem de meest efficiënte oplossing is. Voor tappen die relatief weinig gebruikt worden is vaak een lokale close-in boiler efficiënter.



8.1.3. Combinatie van uittap- en circulatieleidingen

In een circulatiesysteem kan warmtapwater tot aan het tappunt gebracht worden of met een uittapleiding vanaf het circulatiesysteem afgetakt worden met een uittapleiding tot het tappunt. Door het gebruik van uittapleidingen (met een beperkte lengte) is het wellicht mogelijk om de lengte van het circulatiesysteem flink te reduceren. In principe geldt: hoe minder leidingen in het circulatiecircuit, hoe minder het energieverlies. In Figuur 37 is hiervan een voorbeeld gegeven.



Figuur 37: Schematische weergave van twee mogelijkheden voor de leidinglay-out in eenzelfde gebouw.

Aandachtspunten ten aanzien van legionellapreventie:

- Alle uittapleidingen dienen minimaal wekelijks doorspoeld te zijn.
- Aanbevolen wordt de uittapleidingen, met name de uittapleidingen die aangesloten zijn op een mengwatersysteem, maximaal 5 meter te maken.

Aanbeveling:

Houdt rekening met energie-efficiency bij het ontwerpen van de lay-out van een warmtapwaterdistributiesysteem.

8.1.4. Tracing versus circuleren

Bij tracing wordt een elektrische weerstandsverwarming om de warmtapwaterleiding gebruikt om het water in de leiding op temperatuur te houden. Enerzijds wordt er gebruik gemaakt van elektriciteit om afkoeling tegen te gaan, wat gekenmerkt wordt door een laag primair rendement, anderzijds kan de circulatieleiding achterwege blijven, waardoor er minder warmteverliezen zijn. In Tabel 32 is deze vergelijking op basis van een theoretische berekening gemaakt. Vanwege de goede beschikbaarheid van aardgas en de hogere kosten van elektriciteit wordt tracing in Nederland niet of nauwelijks toegepast.

**Tabel 32: Indicatieve vergelijking tussen tracing en circulatie.**

Isolatiedikte (mm)	Aardgas		Elektriciteit	
	[m ³ aardgas/jr]	[EUR/jr]	[kWh/jr (m ³ a.eq/jr)]	[EUR/jr]
0	68	€ 39	383(109)	€ 73
5	46	€ 26	243(69)	€ 46
10	36	€ 21	186(53)	€ 35
15	31	€ 18	158(45)	€ 30
20	27	€ 15	137(39)	€ 26
25	25	€ 14	123(35)	€ 23
30	23	€ 13	113(32)	€ 21
35	21	€ 12	106(30)	€ 20
40	20	€ 11	98(28)	€ 19

Uitgegaan is van een warmtapwaterleiding van 19,8/22 en een circulatieleiding van 10/12.

Aanbeveling:

Tracing wordt over het algemeen gekenmerkt door een hoger primair energiegebruik en hogere kosten dan circulatie. Mogelijk dat bij het gebruik van zeer goede leidingisolatiematerialen tracing een zinvol alternatief wordt.

8.2. Centraal versus lokaal warmtapwaterbereiding (utiliteit)

Bij het ontwerp van een warmtapwatersysteem bij grotere utilitaire projecten moet de overweging gemaakt worden of vanuit een centraal punt, meestal vanuit de installatieruimte, warmtapwater gedistribueerd wordt of dat er meerdere kleinere warmtapwaterbereiders gebruikt worden. In het algemeen is opwekking zo dicht mogelijk bij het afnamepunt het meest efficiënt, er zijn immers de minste distributieverliezen. Er zijn kleine gasgestookte warmtapwaterbereiders beschikbaar met een zeer hoog rendement, zie bijvoorbeeld paragrafen 5.3 en 5.6. De afweging wordt lastig als de centrale warmteopwekker efficiënter is (bijvoorbeeld een warmtekrachtinstallatie) dan eventuele lokale warmtapwaterbereiders. Ook blijkt het in de praktijk (bijvoorbeeld in de gezondheidszorg) moeilijk te zijn om grote distributienetten op minimaal 60°C te houden. Decentrale opwekking met kleinere distributienetten voorkomen dit probleem.

Hanteer de volgende richtlijnen voor een energie-efficiënte keuze.

- Gebruik voor tappunten met veel (>15) kleine tapmomenten per dag geen uittapleidingen langer dan 7 meter. Een lokaal (eventueel elektrisch) apparaat is in de meeste gevallen energie-efficiënter (zie ook paragraaf 8.1.1).
- Elke meter extra leiding in een circulatiesysteem kost circa 20 m³ aardgas per jaar.

8.3. Combineren met verwarmingsinstallatie

Van oudsher wordt warmtapwateropwekking gecombineerd met de centrale verwarmingsinstallatie. Door de toename van de energie-efficiëntie van de ruimteverwarming is dit tegenwoordig geen voor de hand liggende keuze:

- Bij ruimteverwarming worden steeds lagere aanvoer- en retourtemperaturen gebruikt. Een aanvoertemperatuur van 70°C is gangbaar, maar er is een tendens naar lagere temperaturen. De lage temperaturen zijn niet geschikt voor de bereiding van warmtapwater.



- Energie-efficiënte gebouwen kenmerken zich door een kort stookseizoen. De verwarmingsketels en distributieleidingen naar de boiler moeten echter continu in bedrijf zijn op een hoge temperatuur. Hierdoor zijn de stilstandsverliezen aanzienlijk.
- Als er geen afname van warmtapwater is, komt de relatief grote centrale verwarmingsketel regelmatig in bedrijf om een beetje warmte aan de boiler te leveren. Dit is vanzelfsprekend niet efficiënt en beperkt de levensduur van de ketel.

Voor bestaande gebouwen is het loskoppelen van de warmtapwaterbereiding van de verwarmingsinstallatie vaak een zinvolle maatregel.

Voor nieuwe installaties kunnen de volgende richtlijnen aangehouden worden:

- Als de distributietemperatuur van de verwarmingsinstallatie lager is dan 70°C dient een aparte warmtapwaterbereider gebruikt te worden.
- Indien de distributietemperatuur hoger is dan 70°C:
 - Als het vermogen voor verwarmen veel groter is dan het vermogen voor warmtapwater kan een cascade van ketels gebruikt worden.
 - Als het vermogen voor verwarmen kleiner is dan het vermogen voor warmtapwater, kan een voorraadsysteem overwogen worden. Het voorraadvat moet altijd op een aparte groep van de verwarmingsinstallatie installatie zijn. Gecontroleerd moet worden of het warmtapwatergebruik niet te veel ten koste gaat van de beschikbaarheid van de verwarmingsinstallatie ten behoeve van ruimteverwarming.
 - Als het vermogen voor verwarmen veel kleiner is dan het vermogen voor warmtapwater, wordt een aparte warmtapwaterbereider aanbevolen.

8.4. Woontorens

In Nederland zijn de afgelopen 15 jaar steeds vaker woontorens gebouwd en deze trend zet zich door. Tot op heden reiken de woontorens tot een hoogte van 150 meter. In de nieuwste plannen van torenbouw met al dan niet gecombineerde gebouwfuncties bevinden zich woningen in de top van torens die hoger zijn dan 250 meter. De kennis van leidingwatersystemen is in principe aanwezig maar niet vertaald in specifieke voorschriften of richtlijnen voor torenbouw. De behoefte daaraan neemt, door het steeds vaker (hoger) bouwen van woontorens, toe.

Aandachtspunten zijn ondermeer de systeemkeuze van drukverhoging en -zoning, de warmtapwatervoorziening (collectief of op woningniveau) het energiegebruik (en CO₂ uitstoot) en de toepassing van duurzame systemen.

Aanbevolen wordt in een voorstudie (ST-23) richtlijnen op te stellen voor het ontwerp en de uitvoering van leidingwaterinstallaties in woontorens waarmee invulling kan worden gegeven aan de hiervoor genoemde aandachtspunten.



9. Uitvoering en beheer

Een goed ontworpen tapwaterinstallatie is nog geen efficiënte installatie. Voorwaarde voor een efficiënte installatie is een goede realisatie en een energie-efficiënt beheer. In dit hoofdstuk komen de diverse aspecten aan de orde die van belang zijn bij het realiseren en beheren van een energie-efficiënte tapwaterinstallatie.

9.1. Isolatie

Het effect van isoleren is al eerder aan de orde geweest, zie paragraaf 4.2.2. Voor leidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem wordt een isolatiedikte van 30 mm. met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,035 W/m.K aangeraden. Isolatie zorgt vanzelfsprekend voor een minimaal energieverlies, maar voorkomt ook te sterke afkoeling van het water. Dit is essentieel bij de preventie van Legionella. Ten aanzien van isolatie van het leidingsysteem gelden voor de uitvoering de volgende aandachtspunten:

- Voer isolatiewerkzaamheden nauwkeurig uit, zorg dat de mantels goed op elkaar aansluiten en dat ze niet kieren.
- Soleer ook de muur-en vloerdoorvoeren.
- Zorg voor isolerende beugeling.
- Soleer ook de appendages.
- Gebruik een circulatiepomp met een isolatiemantel
- Soleer alle aansluitingen op de warmtapwaterbereider.

9.2. Monitoring

Het monitoren van het watergebruik, eventueel per groep gebruikers, geeft inzicht in het daadwerkelijke gebruik. Dit biedt de mogelijkheid om het gebruik te vergelijken met kengetallen. Hiermee wordt een indruk verkregen van de efficiëntie van het watergebruik. Het monitoren helpt ook om onverwacht hoog gebruik door bijvoorbeeld lekkages tijdig te signaleren. In het kader van de preventie van Legionella is het in sommige gevallen noodzakelijk de watertemperatuur te monitoren. Behalve het signaleren van mogelijke risico's op uitgroei van de legionellabacterie, geeft ook de warmtapwatertemperatuur een indicatie van het efficiënte functioneren van het warmtapwatersysteem.

Om niet alleen het drinkwatergebruik, maar ook de efficiëntie van de warmtapwaterbereiding te kunnen monitoren, dient het energiegebruik van de warmtapwaterbereider en het warmtapwatergebruik gemeten te worden.

Bij het monitoren van energiegebruiken is in de praktijk bewezen dat het monitoren tot besparing leidt.

Bij consumenten is er op het gebied van bewustwording nog veel te bereiken. Alhoewel daar nu verandering in komt zijn nog steeds vele aansluitingen onbemeterd. Om bewustwording bij consumenten te bewerkstelligen wordt aanbevolen om af te rekenen op het daadwerkelijk gemeten watergebruik. Daarnaast zouden gebruikers goed geïnformeerd moeten worden over hun watergebruik, bijvoorbeeld in relatie tot voorgaande jaren of in relatie tot vergelijkbare watergebruikers.

9.3. Watermanagementsysteem

Een watermanagementsysteem biedt naast monitoring de mogelijkheden om de sanitaire installatie optimaal te laten functioneren. Door een efficiënte regeling van hoeveelheid, looptijd en temperatuur per toestel is het water- en



energiegebruik gering. Ook de regelingen met betrekking tot de desinfectie in het kader van legionella-preventie zijn meestal vanuit watermanagement-systemen te regelen.

Ook voor huishoudens zijn er hulpmiddelen om het (warm)tapwatergebruik te beperken. Zo zijn er apparaten die bij het constateren van abnormale waterafname, bijvoorbeeld veroorzaakt door lekkages, de watertoevoer afsluiten. In Figuur 38 is een andere huishoudelijke 'watermanagement-toepassing' gegeven. De 'shower monitor' beperkt de doucheduur tot een vooringestelde tijd.



Figuur 38: 'Shower monitor' beperkt de doucheduur tot een vooringestelde tijd.

9.4. Geïntegreerd waterketentarief of het waterspoor

Als de kosten voor het rioolrecht (mede) afhankelijk zijn van de hoeveelheid water dat een huishouden gebruikt spreken we van het 'smalle waterspoor'. Het effect van het smalle waterspoor kan zijn dat de consument, gestimuleerd door het financiële voordeel, water gaat besparen. In combinatie met voorlichting is naar verwachting een besparing van 5% op het watergebruik te halen. Als naast de kosten voor de riolering ook de zuiveringslasten aan de rekening worden gekoppeld kan de besparing naar verwachting nog verder toenemen (tot 20%). Dit wordt het 'brede waterspoor' genoemd. Het smalle waterspoor wordt in een groot aantal gemeenten in Nederland al toegepast. Het brede waterspoor stuit nog op juridische bezwaren.

9.5. Thermisch beheer met het oog op legionellapreventie

Een legionellaveilige installatie vraagt om een goed ontwerp en beheersmaatregelen. Hierbij kan uitgegaan worden van een thermisch beheersconcept of een alternatief beheersconcept. Gezien de relatie tussen energiegebruik en thermisch beheer in het kader van Legionella-preventie wordt hier nader ingegaan op de consequenties van thermisch beheer.

Thermisch beheer houdt in dat de temperatuur van koud water onder de 25 °C moet blijven en dat warm water meer dan 60 °C moet zijn.

Mengwateruittapleidingen die langer dan 5 meter zijn dienen, afhankelijk van de risicoclassificatie, wekelijks preventief thermisch gedesinfecteerd te worden danwel dagelijks gebruikt te worden. De te hanteren standtijd en afhankelijk van de temperatuur voor het thermisch desinfecteren zijn gegeven in Tabel 33. In deze tabel is ook een indicatie gegeven van het energiegebruik per tappunt indien handmatig gespouled wordt.



Tabel 33: Spoeltijd in relatie tot spoeltemperatuur en het (indicatieve) energiegebruik per jaar per tappunt bij handmatig thermisch desinfecteren.

Spoeltemperatuur	Standtijd [min]	Water [m ³ water]	Energie [m ³ aardgas]	Kosten [EUR]
60 °C	20	6,2	64	€ 45
65 °C	10	3,1	35	€ 24
70 °C	5	1,6	19	€ 13

Door het preventief thermisch desinfecteren te automatiseren en door slim gebruik te maken van de gegeven standtijden, kan het energiegebruik door het thermisch desinfecteren geminimaliseerd worden. Een slim spoelsysteem doorloopt de volgende cyclus:

1. Het water wordt opgewarmd tot 70°C (zeker niet hoger omdat leidingmateriaal en appendages daartegen vaak niet bestand zijn, bovendien is er dan een verhoogde kans op kalkafzetting). Vanaf het moment dat 60°C bereikt is wordt de standtijd geregistreerd.
2. Indien de temperatuur van het water 70°C is wordt de doorstroming gestopt. Het water koelt langzaam af tot 60°C. Deze afkoelperiode telt mee als standtijd.
3. Indien nodig wordt deze cyclus nogmaals doorlopen.

De water- en energiebesparing door de slimme geautomatiseerde desinfectie bedraagt circa 80% ten opzichte van de handmatige desinfectie.

9.6. Onderhoud

Door structureel onderhoud wordt een blijvende efficiënte werking van de leidingwaterinstallatie bewerkstelligd. Belangrijke zaken met betrekking tot de energie-efficiency zijn:

- Controle van efficiënte werking van warmtapwaterbereiding.
- Controle van efficiënte werking van drukverhogingsinstallatie.
- Controle van isolatie van leidingen en appendages.
- Controle van de juiste instellingen en werking van thermostatische regelventielen.
- Controle op juiste werking en instelling van kranen en spoelsystemen

9.7. Gedrag

Een belangrijke schakel in het beperken van het drinkwatergebruik en energiegebruik ten behoeve van warmtapwater is de wijze waarop de mens de installatie gebruikt. Met name in huishoudens speelt het gedrag een grote rol. De volgende richtlijnen zijn het meest essentieel voor een efficiënt gebruik van de huishoudelijke leidingwaterinstallatie:

- Een luxe comfortdouche is heerlijk op zijn tijd, maar gebruik voor de dagelijkse douche niet meer water dan nodig is.
- Gebruik alleen warm water als dat nodig is. Bij eenhendelmengkranen wordt meestal in de neutrale (midden)stand mengwater geleverd. Zo worden er toch onbedoeld vaak kleine hoeveelheden warmtapwater gebruikt. Dit gaat vaak ten koste van het gebruiksrendement van de warmtapwaterbereider.
- Was alleen met een volle wasmachine. De wasmachine is één van de grootste watergebruikers in het huishouden.
- Was niet op een te hoge temperatuur.
- Zet de vaatwasmachine alleen aan als deze vol is. Gebruik de juiste programma's (met niet te hoge temperaturen) voor de specifieke situatie. Sluit de vaatwasmachine aan op een warmtapwaterleiding indien er een



warmtapwaterbereider met een hoog rendement of een zonneboiler aanwezig is.



10. Conclusies en aanbevelingen

De aanbevelingen ten aanzien van het ontwerp, de realisatie en het beheer van de leidingwaterinstallatie zijn gegeven in de samenvattingen per hoofdstuk en in de samenvatting voor in dit rapport. Naast deze technische aanbevelingen zijn er in het rapport ook aanbevelingen gegeven die gericht zijn op de overheid of branche-organisaties. Deze aanbevelingen worden hier gegeven.

- Onderzoek, als vervolg op Technische Raad rapport ST18, warmtapwater afnamepatronen in woongebouwen met verschillende typen woningen en de utiliteitsbouw ten behoeve van richtlijnen voor het ontwerp van warmtapwaterinstallaties.
- Actualiseer het Kiwa keur laagverbruik. Dit kan bijvoorbeeld betrekking hebben op specifieke ergonomische aspecten van kranen:
 - Het regelbereik van een kraan, Als een kraan een relatief groot regelbereik heeft is een lagere volumestroom makkelijker te kiezen.
 - Een fysieke barrière bij eenhendelmengkranen voor het afnemen van warmtapwater en voor het verkrijgen van een grotere volumestroom.
 - Overige ergonomische aspecten.
- Promoot het Kiwa-keur laagverbruik (na actualisatie) actief.
- In de VEWIN werkbladen¹² wordt voor circulatiesystemen een leidingisolatiedikte van maximaal 25 mm aanbevolen. Daarbij wordt specifiek vermeld dat een grotere isolatiedikte nagenoeg geen verlaging van het warmteverlies geeft. Tabel 25 laat echter zien dat een isolatie dikte van 30 mm al een verlaging van het warmteverlies van 15% à 20% van het warmteverlies geeft. Aanbevolen wordt in de VEWIN werkbladen een isolatiedikte van 30 mm te adviseren met een warmtegeleidingcoëfficiënt van maximaal 0,035 W/m.K
- Waterleidingbedrijven dienen huishoudens beter te informeren over de hoogte van het watergebruik.
- Stel in een voorstudie (ST23) richtlijnen op voor het ontwerp en de uitvoering van leidingwaterinstallaties in woontorens met aandacht voor ondermeer de systeemkjuze, drukverhoging en –zoning, de warmtapwatervoorziening (collectief of op woningniveau), het energiegebruik (en CO2 uitstoot) en de toepassing van duurzame systemen.

¹² WB 4.4 A pagina 18





Bijlage 1: Uitgangspunten bij berekeningen

In deze rapportage zijn de resultaten van berekeningen gegeven. Bij deze berekeningen zijn steeds de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Verbrandingswaarde aardgas op onderwaarde	31,65	MJ/m ³
Rendement van de elektriciteitsopwekking	40%	
Omrekening van kWh naar aardgas equivalenten	1 kWh=0,28 a.eq.	
Rekenwaarde soortelijke warmte van warm water:	4.200	J/(l.K)
Temperatuur van warmtapwater in een circulatiesysteem	62,5	°C
Omgevingstemperatuur:	20	°C
Factor voor appendages, beugeling en onnauwkeurigheden	1,3.	[-]
Gebbruiksrendement van een referentie warmtapwaterbereider	65%	
Aantal tapmomenten warmtapwater bij een referentie warmtapwaterkraan	15	
Referentie lengte van een warmtapwateruittapleiding	7	meter.
Referentie volumestroom van een mengwaterkraan	6	l/min
Stroomsnelheid in circulatieleidingen	0,7	m/s
Temperatuurverschil over het circulatiesysteem	5	°C
Kostprijs elektriciteit	0,19	EUR/kWh
Kostprijs aardgas	0,57	EUR/m ³
Kostprijs water	1,40	EUR/m ³



Bijlage 2: Literatuur

In deze literatuurlijst zijn de bronnen gegeven die gebruikt zijn in deze rapportage en die relevant zijn voor de lezer die meer achtergrondinformatie wil met betrekking tot een bepaald onderwerp.

Tijdschriftartikelen

TVVL magazine:

September 2006, themanummer innovaties sanitaire technieken

Juli/augustus 2006, regenwatersystemen

September 2005, circulatieleiding in de retourleiding

September 2005, het isoleren van tapwaterinstallaties

September 2005, Modern toilet houdt rekening met het milieu

september 2005, Legionellapreventie in collectieve leidingwaterinstallaties.

juni, 2004 Thema nummer waterinstallaties

mei 2001, Hygiëne, ecologie en efficiëntie van waterloze urinoirs

VV+

Januari 2005, Energielabel voor warmtapwatertoestellen,

Juli/augustus 2005, Drie EPBD normen voor warmtapwater.

November 2005, Principes van de pomptechniek

Intech K+S

2006, special warmtapwatertoestellen (geheel).

Maart 2007, Simulatie volumestromen in collectieve leidingwaterinstallaties.

Juli/augustus 2006, Gezondheidsrisico bij gebruik van hemelwater nog niet in te schatten.

September 2005, marktkansen voor grootschalige wtw uit douchewater

December 2006, Roep om keurmerk voor drukverhogingsinstallatie krijgt steun.

Juli/Augustus 2006, Toetsing hydraulisch functioneren van regenwatervoorzieningen

Juli/Augustus 2005, Eerste projecten met 'buis-in-buis' succesvol.

Juni 2005, regendouches winnen aan populariteit.

ISSO publicaties en rapporten

ISSO publicatie 30, Leidingwaterinstallaties in woningen, 2004

ISSO publicatie 55, Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen.

ISSO publicatie 70.1, Hemelwater binnen de perceelgrens, 2000

ISSO rapport 70.3, Grijswater binnen de perceelgrens, 2002

Overige

Vewin werkbladen, 2005

Vewin, Waterleidingstatistiek 2005, 2006

Vewin, Water in zicht, 2003

TVVL rapport ST-18 (Concept), Rekenregels dimensionering van leidingwaterinstallaties, 2007

Novem/SEV/Nationaal dubocentrum, Vademecum water, 1999

TVVL voorstudie ST-12, Studie naar de effecten van waterbesparende wc's met een spoelvolume kleiner dan 6 liter op het ontwerp van de binnenriolering, 2005

TVVL voorstudie ST-14, Studie naar de effecten van waterbesparende wc's met een spoelvolume kleiner dan 4 liter op het ontwerp van de grondleiding.

Milieucentraal, Brondocument warmwater (concept), 2007

TNS-NIPO watergebruik thuis, 2004

STOWA rapport 2005-12 'Afvalwater ontketend'



Infomil, rioolwaterzuiveringsinrichtingen, 2006

Infomil, informatiebladen, 1998

Uneto-VNI, infobladen huishoudelijk watergebruik www.infobladen-water.nl ,
2007



Korenmolenlaan 4
3447 GG Woerden
Telefoon: 088 401 06 20

info@tvvl.nl | www.tvvl.nl

