

Warmteterugwinning uit douchewater

We nemen vaker een douche en gebruiken het bad steeds minder. Dat is overigens niet de reden waarom het watergebruik in huishoudens de laatste jaren afneemt. Dit komt niet zo zeer vanwege een bewuster gedrag van de consument, maar is veel eerder te danken aan technische innovaties. Textiel- en vaatwasmachines, maar ook waterzuinige closets, zorgen voor de trend van afnemend watergebruik. Het gemiddeld aardgasverbruik voor warmtapwaterbereiding in huishoudens is de laatste jaren nauwelijks gewijzigd. Het grootste deel van dat verbruik komt echter wel voor rekening van de douche. En daarbij verdwijnt relatief veel warmte in de riolering. Energiebesparing door warmteterugwinning uit douchewater is heel goed mogelijk. Maar voor de bepaling van aardgasgebruiken en -besparingen worden soms vreemde calculaties gemaakt.

Auteur: Will Scheffer

Nieuwbouwwoningen zijn beter geïsoleerd, waardoor het aandeel van de warmtevraag voor ruimteverwarming minder is geworden. Het totaal gemiddeld jaarverbruik van gas in woningen gebouwd in de periode van 1982-1985 bedraagt 1255 m³ terwijl dit verbruik in woningen gebouwd in 1996 en later 1.005 m³ bedraagt. Het gemiddeld jaarverbruik van gas voor warmtapwater in huishoudens is in de afgelopen twintig jaar echter gestegen tot 375 m³ (255 m³ voor de keukengeiser, 425 m³ voor het combi-vat en 545 m³ voor collectieve installaties). In 1993 en 1994 bedroeg het gemiddeld gebruik al 365 m³ en niet 250 m³ zoals in [7] wordt beweerd. Vanaf 1998 is het verbruik vrijwel stabiel. Verwacht wordt dat in de toekomst het gemiddeld gasverbruik per huishouden voor warmtapwater licht zal stijgen. Het gasverbruik voor warmtapwater is vooral afhankelijk van het opwekkingsrendement van het warmwatertoestel en het bewonersgedrag. Het aandeel ervan kan in nieuwbouwwoningen oplopen tot 60 à 70 procent van de totale warmtevraag

voor ruimteverwarming en warmtapwater [2]. Een belangrijk deel (circa 66 procent) van de warmtevraag voor warmtapwater komt voor rekening van de douche. Daarbij verdwijnt relatief gezien veel warmte in de riolering. Al enige jaren wordt geëxperimenteerd met warmteterugwinning uit afvalwater van douches en inmiddels vindt kleinschalige toepassing plaats. Novem heeft een onderzoek laten uitvoeren naar de mogelijkheden voor grootschalige toepassing [3] en een legionella risicoanalyse van dergelijke systemen laten maken [4]. Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) heeft onderzocht hoeveel energie een warmtewisselaar in de afvoer bij het douchen bespaart [2]. Gastec heeft eerder praktijkproeven uitgevoerd waarover in januari 2001 is gerapporteerd [5].

Het principe

Bij warmteterugwinning uit afvalwater van de douche vindt in een warmtewisselaar voorverwarming van koud water plaats alvorens dit water wordt toegevoerd naar het warmtapwatertoestel en de koude poort van de (thermostatische) douchemengkraan. Er bestaan diverse uitvoeringen van warmtewisselaars. Een eenvoudige uitvoe-

ring is de wisselaar die bestaat uit een verticale dubbele, concentrische buis. Het warme afvalwater stroomt door de binnenste buis omlaag en staat hierbij zijn warmte af aan het koude water dat tussen binnen- en buitenbuis omhoog stroomt. Afvalwater en drinkwater worden gescheiden door slechts een enkele wand. Deze wisselaars zijn er zowel in koper als (gedeeltelijk) in kunststof. De warmtewisselaar met een dubbele scheiding bestaat uit een koperen (verticale) buis waar omheen een koperen waterleidingbuis als een tapspiraal is gewonden. Het afvalwater stroomt door de binnenste buis omlaag en staat hierbij zijn warmte af aan het koude water dat door de tapspiraal omhoog stroomt [6]. Na het douchen staat de binnenste buis, de afvoerleiding dus, droog. De ruimte tussen de buizen van het systeem met enkele scheidingswand, en ook de tapspiraal bij de uitvoering met dubbele scheidingswand, is continu gevuld met leidingwater onder normale bedrijfsdruk.

Installatie

Om de installatie goed te laten werken is een thermostatische douchemengkraan vereist. Bij een douchegebruik treedt na het opwarmen van de warm-

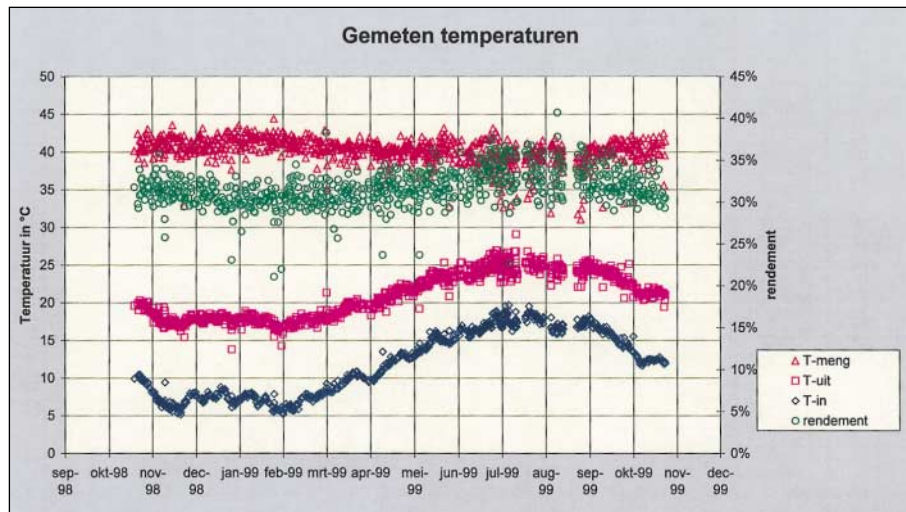
tewisselaar (de startfase) een balans op tussen de warme en koude waterstroom over de warmtewisselaar. In stationair bedrijf, wanneer het thermische evenwicht is bereikt, is de volumestroom van warmtapwater naar de douche kleiner en die van voorverwarmend koud water groter. Door deze spreiding in de vraag naar tapvermogen moet voor de warmtapwaterbereiding gebruik worden gemaakt van een voorraadtoestel of een doorstroomtoestel met een groot modulatiebereik. Bij gebruik van spaardouches bestaat bovendien een kans op problemen met de zogenaamde tapdrempel van sommige doorstroomtoestellen.

Rendement

De resultaten van de praktijkproef die Gastec heeft uitgevoerd met de verticale wisselaars, bestaande uit twee koperen concentrisch geplaatste buizen, ondersteunen wat eerder in het laboratorium is gevonden, namelijk een rendement van ongeveer 35 procent voor een wisselaar met een lengte van 2,5 m^[5]. De praktijkproeven zijn uitgevoerd met wisselaars van 1,7 m waarvan het rendement 25 à 30 procent bedraagt. Gastec verklaart deze verschillen ten opzichte van 35 procent geheel aan de hand van het verschil in lengte van de wisselaars. Het rendement wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de benodigde hoeveelheden energie voor douches met (respectievelijk zonder) warmtewisselaar. Swan Consult^[3] noemt in haar rapport een aardgasbesparing van 75 tot 125 m³ per woning per jaar. Itho heeft haar warmtewisselaar voor douchewater laten testen en geeft een besparing op van 120 m³ gas. Men moet zich wel bedenken dat een groot aantal factoren van invloed is op de gemeten en berekende besparingen. Maar die invloed kan nooit zo groot zijn als ECN doet vermoeden in haar nieuwsbrief van juni dit jaar. Daarin wordt een energiebesparing voor het douchen genoemd van 6 m³ aardgas per persoon per jaar. Bij een gemiddeld aantal bewoners van 2,3 komt dit neer op een jaarlijkse besparing van bijna 14 m³ per woning. Het rapport^[2] waarop het artikel in de nieuwsbrief is gebaseerd roept veel vragen op.

Testinstallatie niet representatief

ECN stelt dat Gastec slechts heeft gekeken naar de effectiviteit van de warmtewisselaar. Er is niet gekeken naar de energiebesparing op het warmwater-toestel. ECN heeft met een soortgelijke warmtewisselaar (lengte 1,87 m) als die van Gastec een experiment uitgevoerd in een Ecobuild testwoning. Het omvattende doel van het Ecobuild project is het ontwikkelen van betaalbare



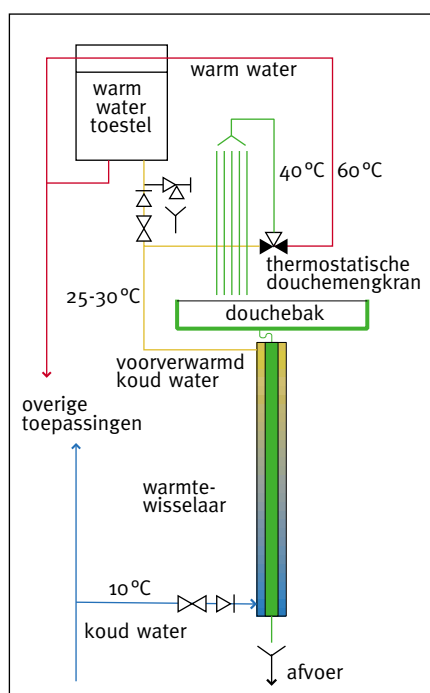
Afbeelding 1. Temperaturen gemeten in een woning in Baarle Nassau.

	Baarle-Nassau	Valkenburg (Z-H)	ECN
Koudwater aan inlaat warmtewisselaar	6 tot 18 °C	8 tot 19 C	16,5 °C
Opwarming	10 tot 7,5 °C	7,5 tot 5,5 °C	5,3 °C
Voorverwarmd water aan uitlaat warmtewisselaar	16 tot 25,5 °C	15,5 tot 24,5 °C	21,8 °C
Mengwater aan uitloop douchemengkraan	40 °C	37 C	
Afvalwater bij inloop doucheafvoer			34 °C

Tabel 1. Meetgegevens van Gastec van praktijkproeven in woningen (Baarle-Nassau en Valkenburg Z-H) en van ECN van experiment in een Ecobuild woning.

woningconcepten met een heel laag energiegebruik (EPC van 0,5) en een sterk gereduceerde milieulast. De meting aan de douchewarmtewisselaar is daarom niet uitgevoerd met een speciaal gebouwde meetopstelling, maar is bedoeld als een energiebesparend onderdeel binnen de gehele energie-

zuinige installatie van een woning. Zo is de warmtewisselaar opgenomen in een installatie met een zonneboiler (met uitgeschakelde pomp van het zonnecollectorcircuit tijdens het experiment) en een lucht/water warmtepompboiler. De volgende componenten van deze niet representatieve installatie voor een Nederlands huishouden zijn gemonitord met betrekking tot de energietoevoer respectievelijk onttrekking aan het tapwater: warmtewisselaar; leiding tussen warmtewisselaar en zonneboiler; zonneboiler; leiding tussen zonneboiler en warmtepompboiler en de warmtepompboiler. Tijdens de bouw en bij de plaatsing van de installaties in de Ecobuild woning is echter onvoldoende gekeken naar wat de consequenties waren voor het experiment van de warmtewisselaar. De waterleidingen na de wisselaar zijn ongeïsoleerd in het beton gestort, wat het leidingverlies vergroot. Een bypass voor de zonneboiler is niet mogelijk zodat al het opgewarmde water door de zonneboiler moet, waardoor het water verder wordt afgekoeld door het boilervat (1,4 °C). Er is een waterbesparende douchekop en mengkraan geplaatst zodat de volumestroom tijdens het experiment bijna niet was te variëren en tevens vrij laag was (5 l/min). In de testopstelling is het voorverwarmde water uitsluitend



Principeschema inpassing douchewater warmteterugwinning.

op het warmwatertoestel aangesloten waardoor een onbalans kan optreden tussen de warme en koude waterstroom over de warmtewisselaar tijdens douchen. Dat kan een minder hoge opbrengst tot gevolg hebben dan bij aansluiting op zowel het warmwatertoestel als aan de koude poort van de douchemengkraan.

De meetinrichting was niet optimaal. Door de meetfrequentie van de warmtemeters waren er weinig meetdata beschikbaar. In de testopstelling is de warmtepompboiler het verwarmings-toestel. De besparing van de warmtevraag door gebruik van de warmtewisselaar in de testopstelling is dan ook laag: 176,2 MJ per persoon per jaar. De gas- of elektriciteitsbesparing is afhankelijk van het rendement van het warmwatertoestel. Tijdens de metingen was de COP (Coëfficiënt of Performance) van de warmtepompboiler niet bekend, waardoor geen uitspraak kan worden gedaan over de besparing op elektriciteit.

Fout

Omdat de toepassing van een warmtepompboiler in de Nederlandse huishoudens nog niet van betekenis is, heeft ECN een omrekening gemaakt naar een HR-combitoestel (opwekkingsrendement 0,6). Het resultaat van die berekening is een besparing van 126 MJ aan warmtevraag voor het douchen per persoon per jaar. Deze besparing is vervolgens doorberekend op een energiebesparing van 210 MJ ofwel 6 m³ gas per persoon per jaar (= 14m³ per woning). Daarbij is geen rekening gehouden met een correctiefactor voor de toepassingsklasse volgens NEN 5128 (EPN) en het systeemrendement (leidingverlies). Maar los van deze constatering blijkt bij bestudering van het ECN-rapport de omrekening niet te kloppen. Er is een fout gemaakt bij de verdeling van de volumestromen voorverwarmd koud water en warm water. En deze fout tikt behoorlijk aan! Het is jammer dit te moeten constateren. Het ECN scheidt met verkeerde cal-

culaties verwarring. Anderzijds moet ook worden gewaakt dat geen te optimistisch besparingsbeeld wordt neergezet. De bijgevoegde berekening-voorbeelden die wij hebben opgesteld aan de hand van de gemeten temperaturen in een woning in Baarle-Nassau^[5] (zie figuur 1 en tabel 1) wekken een vertrouwen in de besparingsgetallen die gegeven zijn in het rapport van Swan Consult^[3].

Invloed jaargetijden

De meetgegevens in figuur 1 laten zien welke invloed de jaargetijden hebben op de temperatuur van het koude water. De spreiding is vrij groot, namelijk van 5 tot 20 °C. Dat heeft samen met de opwarming door de warmtewisselaar van het koude water grote consequenties voor de spreiding in de vraag naar het tapvermogen van de warmtapwaterbereiding en de mogelijke problemen met de tapdrempel van sommige gasgestookte doorstroomtoestellen.

Legionella

TNO-MEP heeft een risicoanalyse uitgevoerd voor de groeikansen van Legionella in het gedeelte van de leidingwaterinstallatie met warmteterugwinning uit afvalwater van de douche. Beide hierboven genoemde uitvoeringen -met een dubbele concentrische buis en met een tapspiraal om de afvoerbuis- zijn aan een analyse onderworpen. Zowel de uitvoering van Gastec als die van Germontis met tapspiraal krijgen de risicokwalificatie neutraal, dat wil zeggen: Legionella-veilig. Daarbij is uitgegaan van een temperatuur van de opstellingsruimte van maximaal 20 °C en incidenteel 25 °C. Eisen worden gesteld

Bepaling besparing op aardgasgebruik door een gemiddeld huishouden

Vermindering warmtevraag douchegebruik met warmtewisselaar:

$$7,5 \times 8 \times (40 - (6+18)/2) \times 4180 \times 10^6 \times 0,275 = 1,93 \text{ MJ}$$

Jaarlijkse vermindering van de warmtevraag per woning bij douchefrequentie 0,69 per dag (Nipo-onderzoek) en 2,3 bewoners:

$$1,93 \times 0,69 \times 365 \times 2,3 = 1118 \text{ MJ}$$

Bepaling besparing op jaarlijks aardgasverbruik door gemiddeld huishouden bij

- opwekkingsrendement HR-combitoestel 0,60
- correctiefactor van 0,925 voor toepassingsklasse volgens NEN 5128 (EPN)
- systeemrendement (leidingverlies) 0,86 volgens NEN 5128 (EPN)
- 1000 MJ = 31 m³ aardgas:

$$1118 / (0,60 \times 0,925 \times 0,86) \times 31 / 1000 = 73 \text{ m}^3$$

Wanneer een warmtewisselaar met een grotere lengte wordt toegepast (bijvoorbeeld 2,5 m in plaats van 1,7 m) kan de besparing oplopen tot circa 93 m³.

Reactie ECN op 'Warmteterugwinning uit douchewater'

Intech-auteur Will Scheffer suggereert in zijn artikel 'Warmteterugwinning uit douchewater' dat het ECN-rapport 'Ecobuild meetverslag warmteterugwinning douchewater' onjuiste calculaties bevat. Volgens hem is een fout gemaakt bij de verdeling van de volumestromen, waardoor de besparing op het aardgasverbruik hoger uitvalt dan bij andere experimenten met een douchewarmtewisselaar. Scheffer gaat echter bij de berekening ten onrechte uit van een installatie die representatief is voor een gemiddeld Nederlands huishouden. ECN heeft de douchewarmtewisselaar getest binnen een toekomstige installatie, die momenteel nog niet representatief is.

Samen met bedrijven uit de bouw en installatietechniek heeft ECN het Ecobuild-project opgezet. Voor toekomstige woningbouwprojecten worden hier innovatieve en betaalbare woonconcepten ontwikkeld met een minimaal energiegebruik en een gereduceerde milieulast. Bij de bouw van de vier testwoningen op het ECN-terrein is bewust gekozen voor een specifiek tapwatersysteem. De gekozen combinatie van de installaties, zoals de zonneboiler, de warmtepomp en de douchewarmtewisselaar, zijn echter niet representatief voor de huidige woningbouw. Dit komt omdat het project zich richt op innovatieve, op de toekomst

gerichte energieconcepten. Binnen dit project heeft ECN verschillende metingen uitgevoerd aan het energiegebruik en de besparing van de installaties.

De globaal berekende besparing van 6 m³ aardgas per jaar is gebaseerd op de metingen met een hydraulisch systeem uit de Ecobuild-woning. Dit is een geheel andere installatie dan waarover de meeste Nederlandse huishoudens op dit moment beschikken. Tijdens de bouw van de testwoningen is de verdeling van de volumestromen vastgelegd, waardoor het een uitgangspunt vormt voor de meting. Door dit verschil in installatie wijken de berekening en de uitkomst van dit experiment af van de overige onderzoeken. Het is daarom moeilijk om het resultaat te vergelijken met andere experimenten, waarin een veelgebruikte installatie werd onderzocht. Een belangrijke conclusie, die ik graag aan het artikel zou willen toevoegen, is dat de besparing van een douchewarmtewisselaar sterk afhangt van de gekozen installatie. Het is echter onjuist om te spreken van een foute calculatie, wanneer de berekening is gebaseerd op een niet-representatieve installatie.

Karin Strootman, ECN, Petten

Bepaling rendement warmtewisselaar

De warmtevraag voor een douchegebruik van 7,5 minuten onder een volumestroom van 8 l/min van 40 °C met een koudwatertoevoer van 6 °C in de winter en een soortelijke warmte van water van 4180 J/kg.K bedraagt:

$$7,5 \times 8 \times (40-6) \times 4180 \times 10^6 = 8,53 \text{ MJ}$$

De warmtevraag voor een douchegebruik met toepassing van een warmtewisselaar met een opwarmtijd van 2 minuten en een opwarming van 10 °C bedraagt:

$$(7,5-2) \times 8 \times (40 - (6+10)) \times 4180 \times 10^6 = 4,41 \text{ MJ}$$
$$2 \times 8 \times (40 - (16+6)/2) \times 4180 \times 10^6 = 1,94 \text{ MJ}$$
$$6,35 \text{ MJ} - 2,18 \text{ MJ}$$

$$\text{Rendement } (2,18/8,53) \times 100 = 25,6 \%$$

De warmtevraag voor een douchegebruik van 7,5 minuten onder een volumestroom van 8 l/min van 40 °C met een koudwatertoevoer van 18 °C in de zomer bedraagt:

$$7,5 \times 8 \times (40-18) \times 4180 \times 10^6 = 5,52 \text{ MJ}$$

De warmtevraag voor een douchegebruik met toepassing van een warmtewisselaar met een opwarmtijd van 2 minuten en een opwarming van 7,5 °C bedraagt:

$$(7,5-2) \times 8 \times (40 - (18+7,5)) \times 4180 \times 10^6 = 2,67 \text{ MJ}$$
$$2 \times 8 \times (40 - (25,5+18)/2) \times 4180 \times 10^6 = 1,22 \text{ MJ}$$
$$3,89 \text{ MJ} - 1,63 \text{ MJ}$$

$$\text{Rendement } (1,63/5,52) \times 100 = 29,5 \%$$

$$\text{Gemiddeld rendement: } (25,6+29,5)/2 = 27,5\%$$

geïsoleerd. Het leidingwater in de wisselaar moet bij stilstand zo snel mogelijk afkoelen naar de omgevingstemperatuur.

Concurrerende techniek

De milieudoelstellingen van de overheid en de daarvan afgeleide energieprestatie-eisen voor woningen leiden tot ontwikkelingen zoals die van warmteterugwinning uit afvalwater [3]. Warmteterugwinning uit afvalwater is in vergelijking met andere technieken eenvoudige techniek met een relatief korte terugverdiendtijd. Toepassing van warmteterugwinning uit afvalwater van de douche levert weinig risico's op en heeft nagenoeg geen nadelige consequenties voor bewoners. Warmteterugwinning uit afvalwater van de douche heeft de potentie, een concurrerende techniek te worden. □

Literatuur:

- [1] '22ste BAK onderzoek geeft inzicht in het huishoudelijk gasverbruik in Nederland', Jos Bijman, V&V juni 2002.
- [2] 'Ecobuild meetverslag Warmteterugwinning douchewater', maart 2002, Karin Strootman, ECN -onderzoeker.
- [3] 'Warmteterugwinning uit afvalwater van douches', Swan Consult, mei 2002.
- [4] 'Legionella risicoanalyse van douchewater warmteterugwinning', TNO-MEP, Hans van Wolferen, rapport R 2002/241, mei 2002.
- [5] 'Het terugwinnen van douchewaterwarmte - Een praktijkproef in nieuwbouwwoningen', Gastec, Paul Peereboom, januari 2001.
- [6] 'De opkomst van warmteterugwinning uit douchewater' Rob van Mil, Intech 12-2001, bladzijde 6 e.v.
- [7] 'Warmteterugwinning uit douchewater dichterbij marktintroductie', Jac van Tuijn, V&V oktober 2001.

aan de lengte van de dode einden tussen de wateraansluiting en het einde van de warmtewisselaar. Deze mag niet meer bedragen dan éénmaal de middellijn van de aangesloten leiding. Wanneer de inhoud van het leidingwatergedeelte van de warmtewisselaar groter is dan 1 liter zijn geen dode einden toegestaan en moet een goede doorstroming

verzekerd zijn, zoals in een tapspiraal. Het volume van het leidingwatergedeelte moet kleiner zijn dan 4 liter bij een opwarming tot maximaal 30 °C, zoals dat in de zomersituatie kan optreden. Hierbij kan aan de watermeter de koudwatertemperatuur gedurende langere tijd 21 à 22 °C bedragen. De warmtewisselaar mag niet worden

Naschrift auteur

De fout die ik meen te bespeuren bij de verdeling van de volumestromen leidt niet tot een besparing op het aardgasverbruik dat hoger, maar juist lager uitvalt dan bij praktijkproeven (in plaats van andere experimenten) met een douchewarmtewisselaar.

In het ECN-rapport staat: 'Voor de omrekening van de warmtepomp naar een doorstroomtoestel zal de volumestroom door de warmwaterleiding geschat moeten worden in een gemiddelde Nederlandse situatie. Door uit te gaan van een gemiddelde volumestroom van 7,76 l/min en douchewatertemperatuur van 40 °C, is de volumestroom door warmwaterleiding 4,2 l/min. Hierbij wordt een warmwatertemperatuur van 60 °C en een koudwatertemperatuur van 16,5 °C aangenomen.

$$60 \text{ °C} \cdot x \text{ l/min} + 16,5 \text{ °C} \cdot (7,76 - x \text{ l/min}) \text{ l/min} = 40 \text{ °C} \cdot 7,67 \text{ l/min} \rightarrow x = 4,2 \text{ l/min}$$

Ondanks de iets gewijzigde volumestroom door de warmwaterleiding ten opzichte van de meestsituatie, wordt ervan uitgegaan dat het water door de douchewater warmtewisselaar evenveel opwarmt (5,3 °C). In evenwichtsituatie van de warmtewisselaar moet het water nog 38,2 °C (60-(16,5+5,3)) extra worden opgewarmd door het doorstroomtoestel.'

Voor de berekening van de warmtehoeveelheid die in het water wordt

gestopt door het doorstroomtoestel bij gebruik van de warmtewisselaar hanteert ECN dan nog steeds een volumestroom van 4,2 l/min. Maar die volumestroom moet worden gecorrigeerd omdat het water naar het doorstroomtoestel in evenwichtsituatie van de warmtewisselaar inmiddels is opgewarmd tot 16,5 °C + 5,3 °C = 21,8 °C.

De volumestroom wordt dan: $7,76 \cdot (40-21,8) / (60-21,8) = 3,7 \text{ l/min}$. Daar verandert mijns inziens een hydraulisch systeem niets aan. De besparing per douchebeurt wordt dan 1,1 MJ in plaats van 0,5 MJ. Dat tikt behoorlijk aan!

Interessant is de vraag waarom ECN de publiciteit zoekt met een experiment dat niet representatief is voor de praktijk. Want in tal van vakbladen is het bericht van ECN zonder enige toelichting of commentaar overgenomen. Zowel in de ECN-nieuwsbrief als in de overgenomen berichten wordt niet gesproken over het achterliggende doel van het douchewarmtewisselaar experiment. En daarmee suggereert ECN zonder meer een tegenvallende besparing op aardgas door gebruik van douchewater warmtewisselaars, en als dat niet bedoeld is, schept het Energieonderzoek Centrum Nederland daarmee op z'n minst verwarring.

Will Scheffer