

Beperken van wisselende douchewatertemperaturen

In veel verpleegzorginstellingen is sprake van onveilige situaties door onder meer een te hoge temperatuur van het warme kraanwater of douchewater, waardoor risico's op brandwonden ontstaan. Naast het ontbreken van de juiste veilige mengkranen op de juiste plaatsten of het niet in orde zijn van deze kranen zijn er ook problemen door wisselende douchewatertemperaturen. Die problemen worden ook gemeld vanuit ziekenhuizen, appartementencomplexen voor ouderen en hotels. Plotselinge temperatuurschommelingen van douchewater kunnen leiden tot een schrikreactie met alle gevolgen van dien. Hoe kunnen wisselende douchewatertemperaturen binnen aanvaardbare grenzen worden gehouden?

W.J.H. (Will) Scheffer, Rehva Fellow/TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken

De Inspectie van de Gezondheidszorg (IGZ) constateert dat in 25 procent van getoetste verpleegzorginstellingen onvoldoende veiligheid wordt gecreëerd in de leefomgeving van de cliënt. Uit eerdere rapporten van inspectiebezoeken in 2013 en 2014 bleek dat in veel verpleegzorginstellingen een te hoog risico aanwezig is op verbranding van cliënten door het ontbreken van de juiste veilige mengkranen op de juiste plaatsten (bad, douche, wastafel) of het niet goed functioneren van deze kranen [1], [2]. In 2016 publiceerde de Inspectie het eindrapport [3] over het toezicht op de 150 verpleegzorginstellingen waar de inspectie sinds 2014 extra aanleiding zag voor toezicht op de kwaliteit en veiligheid van de zorg. Evenzeer zijn er problemen door wisselende douchewatertemperaturen. Die problemen worden ook gemeld vanuit andere zorginstellingen, seniorenwooncomplexen en logiesverblijven met collectieve leidingwaterinstallaties. Een (plotselinge) daling van de douchewater-

temperatuur is niet comfortabel, maar een (plotselinge) stijging van de temperatuur kan bovendien leiden tot een schrikreactie met alle gevolgen van dien. TVVL en Uneto-VNI hebben met de voorstudie ST-35 onderzocht in hoeverre met het beperken van drukschommelingen aan de inlaten van douchemengkranen temperatuurschommelingen van douchewater kunnen worden tegen gegaan.

■ GEÏNVENTARISEERDE OORZAKEN

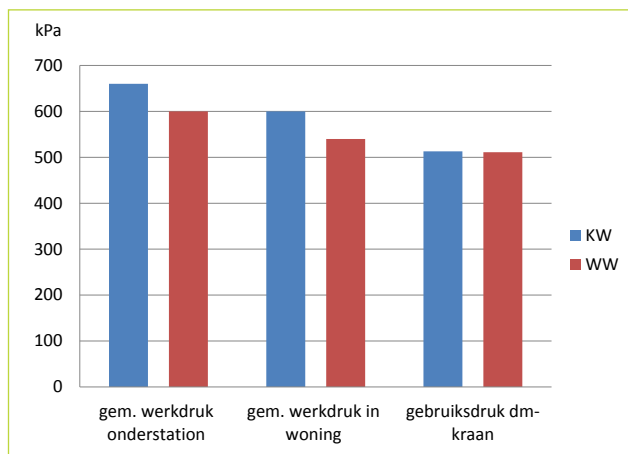
In het rapport ST-35 is een inventarisatie opgenomen van mogelijke oorzaken van klachten over temperatuurschommelingen of -variëaties van het mengwater uit douchemengkranen die direct of indirect zijn aangesloten op collectieve leidingwaterinstallaties. Het rapport noemt de volgende situaties:

a. Geen aparte voeding vanaf het leveringspunt of vanaf de drukverhogingsinstallatie naar de collectieve warmtapwaterbereider.

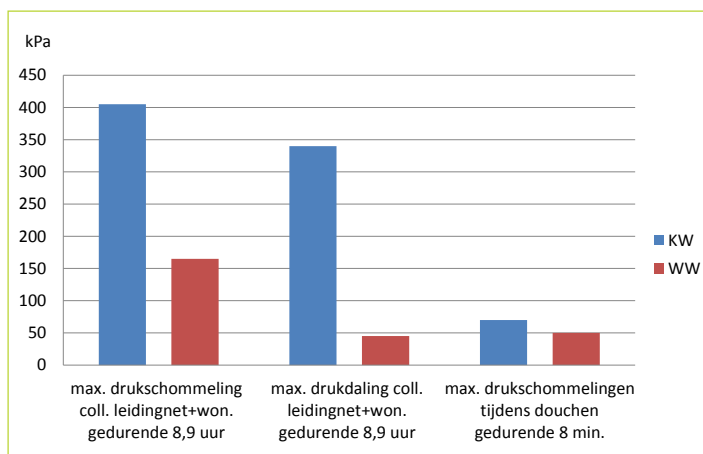
- b. 'Terug'-tappen uit een slecht functionerend circulatiesysteem (met deelringen) van een collectief warmtapwaterleidingnet met een groot drukverlies.
- c. Bij koppeling van de collectieve warmtapwaterbereiding aan stadsverwarming (sv); de limietregeling van de sv-retourwatertemperatuur.
- d. Niet goed hydraulisch werkende 'warmwater'-beveiligingskleppen in de aansluitingen van appartementen op collectieve warmtapwaterinstallaties.
- e. Falende keerkleppen.
- g. Te grote drukschommelingen in en drukverschillen tussen, de koud- en warmtapwaterleidingen.

■ LOCATIE

De voorstudie ST-35 richtte zich op situatie g.) en de werkwijze voorzorg onder meer in een meetplan en berekeningen aan een probleem-installatie. Uit de aangemelde



-Figuur 1- Gemeten drukken op onderzoeklocatie



-Figuur 2- Gemeten drukschommelingen en drukdalingen op onderzoeklocatie

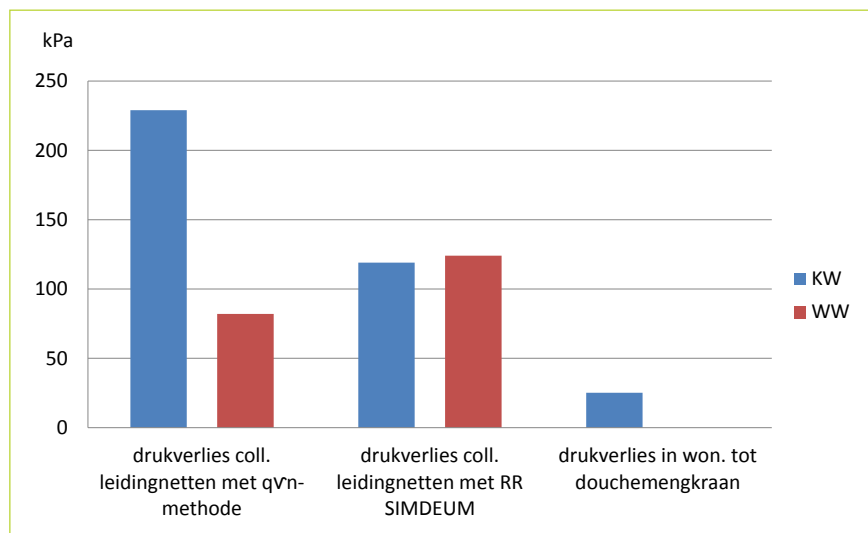
locaties werd gekozen voor een seniorencomplex in Zaandam. Het complex bestaat uit 68 tweekamer- en 8 driekamerseniorenwoningen en twee logeerruimtes. De woningen zijn gebouwd in 1972 en gerenoveerd in 2002. De woningen zijn verdeeld over twee gebouwdelen met elk meerdere vleugels van drie bouwlagen. De vleugels zijn voorzien van een zadeldak met daaronder een zolder. Elk gebouwdeel heeft een onderstation op zolder. Direct achter het centrale leveringspunt (watermeteropstelling) is een drukverhogingsinstallatie geïnstalleerd. Na de drukverhogingsinstallatie vindt een splitsing in twee groepen van koudwater plaats die voeren naar de onderstations. In de onderstations zijn warmtapwaterbereiders opgesteld. Vanuit het onderstation lopen in twee deelgroepen koperen verdeelleidingen van koudwater, warmtapwater en warmcirculatiewater over de zoldervloer. Op de verdeelleidingen staan zakstrangen van 1, 2 of 3 woningen aangesloten. In de circulatiedeelingen zijn thermostatische inregelventielen aangebracht.

FUNCTIONEREN DOUCHEMENGKRAAN

In de seniorenwoningen bevindt zich een thermostatische douchemengkraan. Over het praktijkonderzoek naar het functioneren van die thermostatische douchemengkraan is gepubliceerd in TVVL Magazine van november 2015 [5]. De thermostatische douchemengkraan reageert goed op veranderingen in temperatuur van koud- en warmtapwater. Minder goed tot onvoldoende reageert de thermostatische douchemengkraan op drukschommelingen. In de praktijk blijkt dat de reactie van de thermostatische douchemengkraan bij grotere en kleinere drukschommelingen niet (geheel) passen binnen de kaders van Bijlage C van concept Europese productnorm prEN 1111:2015.

DRUKMETINGEN

Het rapport ST-35 laat meetresultaten zien



-Figuur 3- Berekende drukverliezen in bestaande installatie

van hoge werkdrukken in het onderstation op de zolderverdieping; 660 kPa in de koudwaterleiding en 600 kPa in de warmtapwaterleiding. Dat komt door de toerengeregelde drukverhogingsinstallatie op de begane grond die een (te) grote opvoerhoogte heeft voor het niet hoge maar wel uitgestrekte seniorenwooncomplex. Deze installatie is destijds als vervangende installatie aangebracht omdat er al lange tijd klachten waren over temperatuurschommelingen van het mengwater aan douchemengkranen. Men hoopte daarmee de klachten te verhelpen. Maar dat bleek niet het geval. Als onderdeel van de voorstudie is in een 'meet'-woning met een 5 kanaalsmeetapparatuur gedurende een werkdag in de aansluitingen van de douchemengkraan de koud- en warmwaterdruk, de koud- en warmtapwatertemperatuur, en aan de uitlaat van de douchemengkraan de mengwatertemperatuur gemeten en geregistreerd. De meetresultaten van de watertemperaturen zijn eerder besproken in [5]. De meetresultaten van de werk- en gebruiksdrukken, die indicatief zijn, zijn samengevat in figuur 1. De gebruiksdrukken aan de douchemengkraan overschrijden de maximale toegelaten waarde

voor de statische druk op een tappunt volgens NEN1006:2015. De gebruiksdrukken voldoen ook niet aan het advies (< 300 kPa) in ISSO-publicatie 55:2013 (specificatieblad 1.3-2). De verschillen van en tussen de gemiddelde werkdrukken en gebruiksdrukken tonen weliswaar een evenwichtig beeld maar de gemeten drukschommelingen en drukdalingen laten een heel ander beeld zien. Uit figuur 2 blijkt dat binnen de meetperiode (8,9 h) in het koudwaterleidingnet drukdalingen optraden tot 340 kPa gecombineerd met, of gevolgd door, drukschommelingen tot 405 kPa. Deze deden zich voor rondom 9:00 h en 13:15 h. Tussen die tijden traden vaker drukdalingen op van ca. 160 kPa. Uit het rapport blijkt dat na 15.30 h niet meer is gemeten. In het warmtapwaternet waren de verschillen veel kleiner (druk dalingen tot 45 kPa en drukschommelingen tot 165 kPa) maar het drukverloop was veel grilliger.

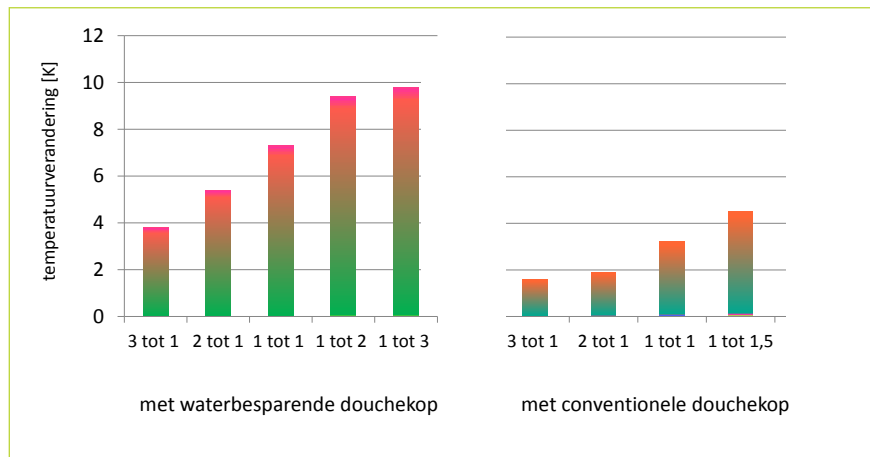
DRUKVERLIESBEREKENINGEN

Van de collectieve leidingnetten (koud- en warmwater) en de woninginstallatie (koudwater) zijn drukverliesberekeningen gemaakt. Voor de bepaling van de maximummomentvolumestroom (MMV) in de col-

lectieve leidingnetten is gebruik gemaakt van de conventionele $q\sqrt{n}$ -methode en van de rekenregels (RR) in ISSO-55 voor seniorenwoningen die zijn afgeleid van het simulatiemodel SIMDEUM. De resultaten zijn opgenomen in figuur 3. Het drukverlies in het collectieve koudwaterleidingnet bedraagt volgens de berekening met gebruik van de $q\sqrt{n}$ -methode 229 kPa tot aan de woningaansluiting. Met gebruik van de rekenregels (RR) voor seniorenwoningen bedraagt het drukverlies 119 kPa. Het berekende drukverlies in het collectieve warmwaterleidingnet bedraagt met gebruik van de $q\sqrt{n}$ -methode 82 kPa tot aan de woningaansluiting en met gebruik van de rekenregels 124 kPa. Het drukverlies in de koudwaterleiding tussen de woningaansluiting en de douchemengkraan bedraagt (met MVV bepaald op basis van de $q\sqrt{n}$ -methode) 25,2 kPa.

ANALYSE

De berekende drukverliezen in het collectieve koudwaterleidingnet (119 kPa en 229 kPa) zijn aanzienlijk kleiner dan de gemeten maximale drukdaling (340 kPa). Door de hoge gebruiks-drukken zijn de tappuntvolumestromen, en dus daarmee ook de MVV-en in de leidingnetten, mogelijk veel hoger dan waarop de berekeningsmethoden zijn gebaseerd. Maar een sluitende verklaring voor de (zeer) grote drukverschillen in het koudwaterleidingnet kon binnen het bestek van de voorstudie ST-35 niet worden achterhaald. Zowel de berekende als de gemeten drukverliezen/-dalingen zijn groot tot zeer groot. Daarentegen is het berekende drukverlies in de woninginstallatie tot aan de douchemengkraan gering. Opvallend is echter dat de berekende drukverliezen in het collectieve warmwaterleidingnet (82 kPa en 124 kPa) veel groter zijn dan de gemeten maximale drukdaling. De berekende drukverliezen zijn normaal tot groot terwijl de gemeten maximale drukdaling relatief klein is (45 kPa). De duur van de metingen was te beperkt om drukdalingen te kunnen registreren bij representatieve MMV-en, ondanks de grote drukdalingen die gemeten zijn in het koudwaterleidingnet. De verschillen tussen de berekeningsresultaten tonen aan dat de gekozen bepalingsmethode voor de MMV-en een grote invloed heeft. Daarbij moet ook worden aangetekend dat de berekeningen zijn uitgevoerd op reeds gedimensioneerde leidingnetten (lees: bestaande installatie). Hoe dan ook, de berekeningen - en toch ook de metingen - tonen aan dat het drukverlies in de collectieve leidingnetten (verdeelleidingen) overwegend (veel) te hoog is en dat daardoor de verhouding tussen dit drukverlies en het drukverlies in de woninginstallatie (tot op de aansluiting van de



-Figuur 4- Indicatie van de temperatuurverandering bij verhouding drukverlies aansluitleiding tot drukverlies verdeelleiding

douchemengkraan) aanleiding kan geven tot problemen met de mengwatertemperatuur van de douchemengkraan.

INVLOED DOUCHEKOP

In het hoofdstuk 'Verkenning literatuur' van het ST-35 rapport wordt stil gestaan bij een onderzoek aan de Hogeschool Luzern dat in 2011 heeft plaatsgevonden. Dat onderzoek heeft aangetoond dat bij waterbesparende douchekoppen aanzienlijk grotere temperatuurschommelingen kunnen optreden dan bij conventionele douchekoppen. Bij eenzelfde drukdaling in de koudwaterleiding van de woning tijdens douchegebruik, die het gevolg was van het vullen van een closetreservoir, steeg de mengwatertemperatuur van de waterbesparende douchekop met 8 K en van de conventionele douchekop met slechts 2,5 K. Als doorslaggevend nadeel wordt de volumestroombegrenzer in de douchekop gezien. In Nederlands onderzoek (1999) werd al eerder aangetoond dat ook tussen conventionele douchekoppen grote verschillen in stijging van mengwatertemperatuur bij eenzelfde drukdaling in het koudwaterleidingnet kunnen optreden. Die verschillen werden inzichtelijk gemaakt door zogenaamde 'verdringingskarakteristieken' van de douchekoppen. In de mengkamer van de douchekraan worden koud- en warmwater samengebracht en bepalen de temperatuur van het mengwater. De Zwitserse onderzoekers constateerden dat drukschommelingen in het leidingsysteem onmiddellijk leidden tot aanzienlijke temperatuurschommelingen aan douchekoppen met volumestroombegrenzing. In een testopstelling zagen zij grote verbeteringen optreden door de volumestromen vóór de mengkamer van de douchekraan te verlagen in plaats van in of aan de douchekop. In de aansluitingen van de douchemengkraan creëerden zij de 'autoriteit'. In de praktijk kan dat bijvoorbeeld worden gerealiseerd met drukonafhankelijke volumes-

troombegrenzers in de aansluitpoorten van de douchemengkraan. Verder moet dan bij de selectie van de douchekop aan een niet-steile douchekopkarakteristiek de voorkeur worden gegeven. Het (ontwerp-)werkingspunt van de douchekop in de (ontwerp-)installatiekarakteristiek moet komen te liggen op een gebruiks-druk van 100 kPa of hoger, een en ander volgens opgave van de fabrikant/leverancier.

DIMENSIONERING VERDEELLEIDINGEN

Om de invloed van drukschommelingen verder in te dammen moet volgens de onderzoekers van de Hogeschool Luzern ook de dimensionering van het leidingsysteem worden aangepast. Te kleine diameters van verdeelleidingen leiden bij gelijktijdig gebruik van de op die leidingen aangesloten tappunten tot een te grote drukval. Hoe sterker een drukval in de koudwaterverdeelleidingen tijdens douchen, des te sterker treedt een temperatuurverhoging op van het douchewater. Drukschommelingen kunnen worden beperkt door verdeelleidingen, binnen bepaalde randvoorwaarden, zodanig ruim te dimensioneren dat het drukverlies daarin gering is, en de aansluitleidingen van de douchemengkraan, binnen bepaalde randvoorwaarden (voorkomen van waterslag en geluidhinder), zo klein mogelijk te dimensioneren, zodat het drukverlies daarin relatief groot is. Ook daaruit volgt dat de 'autoriteit' komt te liggen bij de aansluiting op de douchemengkraan.

Hoe groter de verhouding van het drukverlies tussen de aansluitleiding en het verdeelleidingsysteem des te geringer is de temperatuurverandering van het mengwater, ofwel: hoe groter de drukverliezen (drukval) in de verdeelleidingsystemen, des te groter zijn de temperatuurschommelingen aan de douche. Figuur 4 geeft een indicatie van de temperatuurverandering bij verhouding drukverlies aansluitleiding tot drukverlies verdeelleiding.

Stap	Installatieonderdeel	Selectie- of ontwerprichtlijn van installatieonderdeel
1	douchekop	Selecteer een douchekop met een karakteristiek waaruit blijkt dat de gewenste volumestroom geleverd kan worden bij een gebruiksdruk van 100 kPa, tenzij de fabrikant/leverancier een hogere gebruiksdruk voorschrijft.
2	collectieve leidingssystemen / verdeelleidingen	Beperk het drukverlies in de collectieve leidingnetten (tot aan de aansluitleidingen van de woningen/hotelkamers). Richtlijn: $\Delta p_{vl} < 80$ kPa. Dit drukverlies moet ook nog eens keer in de aansluitleidingen worden gerealiseerd i.v.m. de autoriteit van deze leidingen. Zorg dat het verschil in dynamische ontwerpdrukken (Δp_{dyn}) tussen de koud- en warmwateraansluitingen van de woningen/hotelkamers op de collectieve leidingnetten beperkt is. Richtlijn: tot 10%* van de grootste van die twee dynamische ontwerpdrukken. * Bij toepassing van een hydraulisch werkende warmwater-beveiliging in de woningaansluitingen, zoals beschreven in Waterwerkblad WB 4.4B, moet de dynamisch druk van koudwater 50-80 kPa hoger zijn dan van warmwater.
3	aansluitleidingen	Kies voor een leidingconfiguratie waarbij in de woning/badkamer de invloed van het vullen van bijvoorbeeld een closetreservoir tijdens douchegebruik tot een minimum beperkt blijft. Voorkom te hoge stroomsnelheden ($< 1,5$ m/s) en let daarbij ook op de doorlaten in hulpstukken. Dimensioneer de aansluitleidingen (woninginstallatie/badkamergroep) vanaf het collectief leidingnet met een MMV volgens een gebruikelijke methode. Bereken daarna het drukverlies vanaf het collectief leidingnet tot aan de douchemengkraan op basis van alleen het gebruik van de douche met de deelstromen koud- en warmwater (bij de gekozen rekenwaarden van temperatuur). Deze zijn te herleiden uit de gewenste mengwatervolumestroom en mengwatertemperatuur aan de douchekop.
4	douchemengkraan	Selecteer een douchemengkraan waarvan bij volledige opening de karakteristiek ruim boven het (ontwerp) werkingpunt van de douchekop ligt. De grootte van het regelgebied van handgeregelde mengkranen verschilt per type en uitvoering. Voor een veilige en comfortabele temperatuurcorrectie tijdens douchen is een groot regelgebied aan te bevelen. Afhankelijk van type en uitvoering kan de mengwatertemperatuur van thermostatisch geregelde mengkranen bij kleinere volumestromen of bij kleine - of grote drukschommelingen in combinatie met kleinere volumestromen afwijken van de normwaarden vastgelegd in de betreffende Europese productnorm. Informeer bij de fabrikant/leverancier bij welke volumestromen en drukschommelingen de mengwatertemperatuur binnen de normen valt van de meest recente EN 1111.
5.	Volumestroom-begrenzers	Het drukverlies in de aansluitleidingen is (bij alleen douchegebruik) veelal te gering waardoor de aansluitleidingen niet de gewenste autoriteit hebben. Door plaatsing van hydraulische weerstanden in de aansluitpoorten van de douchemengkraan kan extra drukverlies worden gecreëerd zodat de autoriteit komt te liggen bij de aansluitleidingen (vanaf de verdeelleidingen tot op de douchemengkraan) inclusief de daaraan gekoppelde extra weerstand (Δp_{Al}). Voldaan moet worden aan: $\Delta p_{Al} > \Delta p_{vl}$ Drukafhankelijke volumestroombegrenzers werken vanaf de aanspreekdruk (ca. 150 à 200 kPa) dynamisch en passen zich automatisch en zeer nauwkeurig aan op drukveranderingen in de installatie, zowel bij toenemende als afnemende druk. Bij kleinere volumestromen dan de nominale waarde treedt wel een relatief grote hydraulische (plaatselijke) weerstand op waardoor ook dan de aansluit(leid)ing van de douchemengkraan de gewenste autoriteit krijgt. Toepassing van drukafhankelijke volumestroombegrenzers moet plaatsvinden in overleg met de fabrikant/leverancier en in afstemming met de karakteristieken van de geselecteerde douchekop en mengkraan. In Kiwa BRL-K635 zijn de eisen vastgelegd waar een goed functionerende drukafhankelijke volumestroombegrenzer aan moet voldoen.

-Tabel 1- Stappenplan voor ontwerp collectieve leidingwaterinstallatie en daarop aangesloten woninginstallaties of installaties van natte ruimten, waarin drukschommelingen aan de inlaten van de douchemengkraan kunnen worden beheerst en waarmee temperatuurschommelingen van het mengwater van de douche beperkt kunnen worden

AUTORITEIT DOUCHE-AANSLUITLEIDING

Als ontwerpuitgangspunt voor de autoriteit van de douche-aansluitleiding wordt aangehouden dat het ontwerpdrukverlies in de (douche-)aansluitleiding (Δp_{Al}) groter is dan het ontwerpdrukverlies in het verdeel-leidingsysteem tot aan het punt waarop de aansluitleiding op het verdeel-leidingsysteem wordt aangesloten (Δp_{vl}). In figuur 5 is dat voor verschillende situaties schematisch weergegeven. Wordt ervan uitgegaan dat de tappenden binnen de natte ruimte niet gelijktijdig gebruikt worden, dan spreken we van een meervoudige aansluitleiding. In het voorbeeld rechts bovenaan van figuur 5 komt de autoriteit te liggen bij de koudwater (meervoudige) aansluitleiding k4-k4d. Links is eenzelfde leidingconfiguratie, maar dan wordt ervan uitgegaan dat tappenden wel gelijktijdig gebruikt

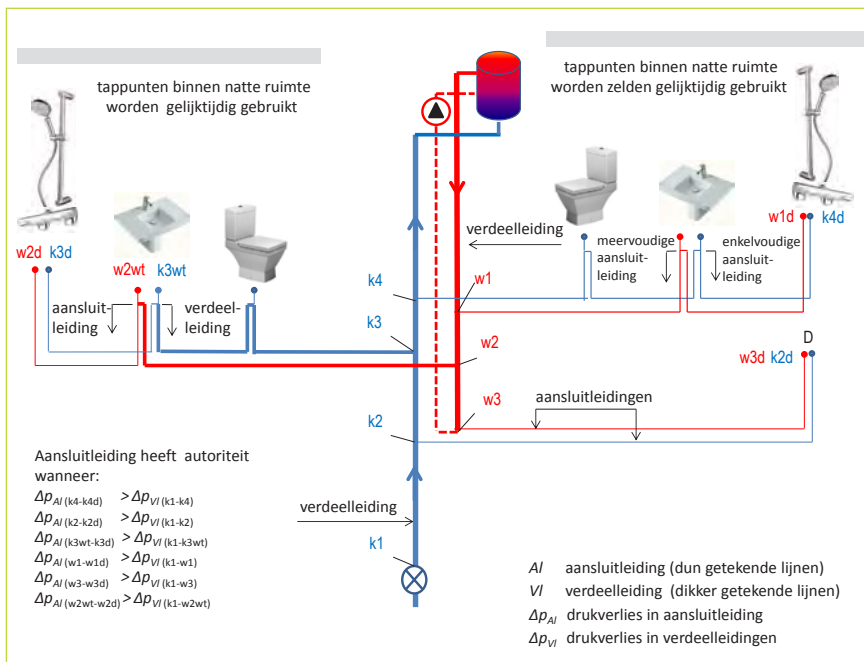
worden. De autoriteit komt dan te liggen bij de koudwateraansluitleiding k3wt-k3d. Het overgangspunt is dan niet de aansluiting op de verdeelleiding van het collectief leidingnet (k3) maar de aansluiting op de verdeelleiding in de natte ruimte (k3wt).

SELECTIE- EN ONTWERPRICHTLIJNEN

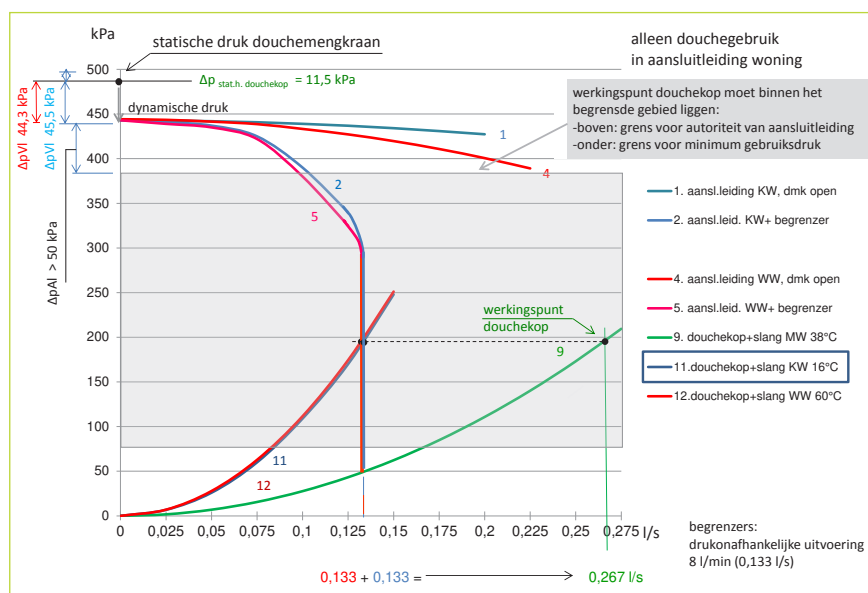
Met de resultaten en inzichten uit de voorstudie ST-35 zijn richtlijnen te herleiden voor het ontwerpen van collectieve leidingwaterinstallaties, en van daarop aangesloten woninginstallaties of natte groepen van andere gebouwfuncties, waarin drukschommelingen aan de inlaten van douchemengkranen kunnen worden beheerst en temperatuurschommelingen van het mengwater uit de douchekop binnen aanvaardbare grenzen kunnen worden gehouden, zie stappenplan.

TOETSING

Het verdient aanbeveling om het werkingpunt van de geselecteerde douchekop te toetsen in een installatiekarakteristiek. De drukonafhankelijke volumestroombegrenzers leveren bij een dynamische druk vanaf 150 à 200 kPa geen grotere volumestroom dan zijn nominale waarde. Zonder benedenstroomse regeling blijft de volumestroom bij grotere dynamische drukken (stromingsdrukken) constant. Bij kleinere volumestromen dan de nominale waarde treedt wel een relatief grote hydraulische (plaatselijke) weerstand op waardoor ook dan de aansluit(leid)ing van de douchemengkraan de gewenste autoriteit krijgt. Of de drukonafhankelijke volumestroombegrenzer in de praktijk zijn nominale waarde haalt, is van meerdere factoren afhankelijk. Die factoren komen te samen in de installatiekarakteristiek. Naast de karakteristieken van de douchekop,



-Figuur 5- Voorbeelden van leidingconfiguraties met verdeelleidingen VI (dikke(re) lijnen) en aansluitleidingen AI (dunne lijnen), met daarbij de wijze waarop de autoriteit van de douche-aansluitleidingen gekozen wordt



-Figuur 6- Grafische weergave installatiekarakteristiek met KW van 16 °C en drukonafhankelijke volumestroombegrenzers. Het werkpunt van de douchekop ligt binnen het begrensde gebied. Er wordt voldaan aan de gekozen autoriteit van de douche-aansluitleidingen.

Thermostatische douchemengkraan, $p_{stat} = 3 \text{ bar}$, uitlaatweerstand klasse A			
	keerkleppen, zonder begrenzers	keerkleppen, begrenzers inlaten 5 l/min	keerkleppen, begrenzers inlaten 7,8 l/min
startsituatie:	l/min		
KW 8,6 °C	4,6	3,5	4,2
WW 60,6 °C	5,9	4,6	5,2
MW 38,1 °C	10,5	8,1	9,4
	ΔT		
bij openen/sluiten 2e afnamepunt KW	+ 1,52	+ 0,43	+ 1,29
bij openen/sluiten 2e afnamepunt WW	- 0,84	- 1,93	- 0,76

de (aansluit)leidingen en de douchemengkraan zijn de temperaturen van koud-, warm-, en mengwater van invloed op het bereiken van die nominale waarde. In figuur 6 is een voorbeeld opgenomen van een installatiekarakteristiek met statische drukken van 500 kPa op de koud- en warmwateraansluitingen van de douchemengkraan. Voor de douchekop is die (theoretische) druk lager omdat rekening moet worden gehouden met het statische drukhoogteverschil tussen de mengkraan en douchekop (als voorbeeld: 1,15 m x 10 kPa = 11,5 kPa lager). In de installatiekarakteristiek is de douchekopkarakteristiek (verband tussen gebruiksdruk en volumestroom) als een kromme opgaande lijn (9) geplaatst. Wanneer de douchekop meerdere straalvormen levert moeten de minst en de meest vlakke karakteristiek getoetst worden. Op de verticale as van de installatiekarakteristiek zijn vanaf de punten van de statische drukken (minus drukhoogteverschil douchekop) de resultaten van de drukverliesberekeningen van de verdeelleidingen, inclusief van de collectieve leidingssystemen, weergegeven. In dit voorbeeld is hiervoor een drukverlies aangenomen van 45,5 kPa voor koudwater (KW) en 44,3 kPa voor warmwater (WW). Voor de autoriteit van de aansluitleidingen (AI) moeten de drukverliezen daarin dan afgerond > 50 kPa zijn. De drukverliezen in de KW- en WW-aansluitleidingen zijn echter veel kleiner en, met daarbij opgeteld het drukverlies in de volledig geopende douchemengkraan, in de installatiekarakteristiek uitgezet met de lijnen 1 en 4. Vanwege de hoge gebruiksdruk op de douchemengkraan en de gewenste beperking van de gebruiksdruk op de douchekop, en daardoor van de volumestroom mengwater (MW), moet een veel groter drukverlies in de aansluitingen van douchemengkraan worden gerealiseerd.

ILLUSTRATIES

De figuren 6 t/m 8 illustreren de invloed van de KW- en WW-temperaturen op het wel of niet bereiken van de nominale waarde van de drukonafhankelijke volumestroombegrenzer. In figuur 6 zijn de KW- en WW-volumestromen begrensd op 0,133 l/s (8 l/min). Lijn 2 is de optelsom van drukverliezen in de aansluitleiding, volledig geopende mengkraan en volumestroombegrenzer van KW, en lijn 5 van WW. De lijnen 11 en 12 zijn de deel-karakteristieken KW en WW van de douchekop. Bij KW van 16 °C en WW van 60 °C bedraagt de MW-volumestroom van 38 °C maximaal

-Tabel 3- Testen met drukonafhankelijke volumestroombegrenzers en thermostatische douchemengkraan

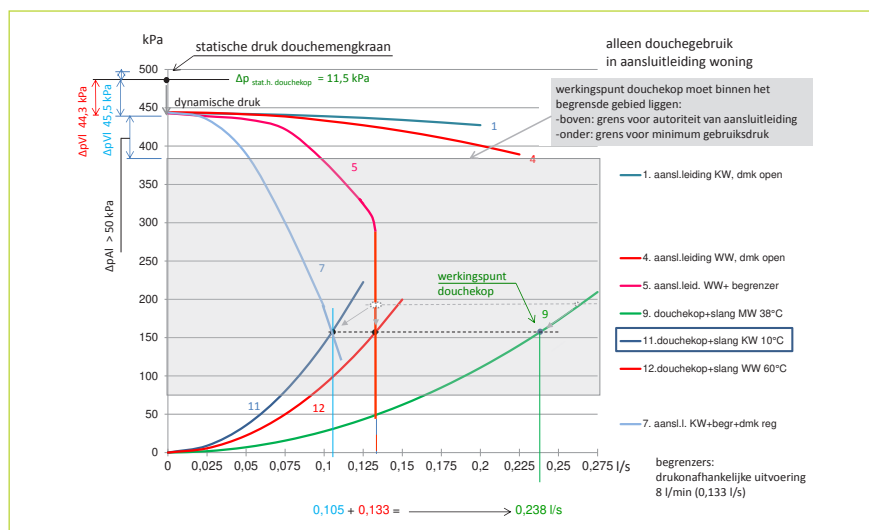
0,267 l/s bij een ontwerpgebruiksdruk aan de douchekop van iets onder 200 kPa. Beide volumestroombegrenzers (KW en WW) bereiken de nominale waarde.

In figuur 7 is de KW-temperatuur 10 °C. Begrenzing van WW (60 °C) op 0,133 l/s vraagt dan bij MW van 38 °C een kleinere KW-volumestroom. De nominale waarde van de KW-volumestroombegrenzer wordt dan niet bereikt. Lijn 7 laat zien dat met het KW-regeldeel van de douchemengkraan die kleinere volumestroom (0,105 l/s) wordt gerealiseerd. De MW-volumestroom van 38 °C wordt dan begrensd op $(0,105 + 0,133 =) 0,238$ l/s. De ontwerp-gebruiksdruk aan de douchekop is dan ca. 160 kPa.

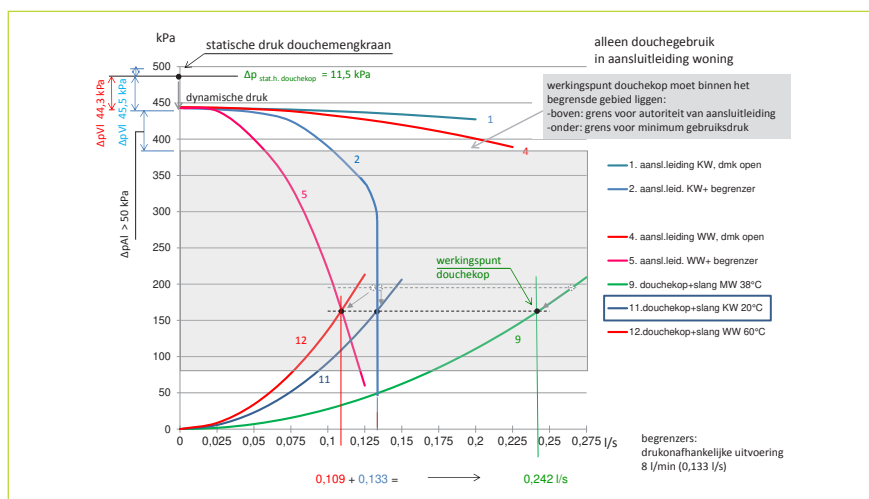
In figuur 8 is de KW-temperatuur 20 °C. Dan is minder WW-volumestroom (60 °C) nodig en wordt de KW-volumestroom begrensd op 0,133 l/s. Nu wordt de nominale waarde van de WW-volumestroombegrenzer niet aangesproken. Lijn 5 laat zien dat met het WW-regeldeel van de douchemengkraan die kleinere volumestroom (0,109 l/s) wordt gerealiseerd. De MW-volumestroom van 38 °C wordt dan begrensd op $(0,109 + 0,133 =) 0,242$ l/s. De ontwerp-gebruiksdruk aan de douchekop is iets meer dan 160 kPa.

AANVULLENDE TESTEN

Uit testen met een laboratoriumopstelling, uitgevoerd met statische drukken van 300 kPa en 500 kPa, is gebleken dat de nominale waarde van de toegepaste drukonafhankelijke volumestroombegrenzers lang niet altijd wordt bereikt. Toch hebben de in die testen toegepaste drukonafhankelijke volumestroombegrenzers door hun hydraulische restrictie een zeer gunstige invloed op het beperken van temperatuurveranderingen van het mengwater (douchewater) tijdens drukverlagingen in de aansluitleidingen van bij die test gebruikte tweeknops douchemengkraan. Ook bij de geteste thermostatische douchemengkraan blijkt een gunstige invloed, die logischerwijs



-Figuur 7- Grafische weergave installatiekarakteristiek met KW van 10 °C en drukonafhankelijke volumestroombegrenzers. De nominale waarde van de KW-volumestroombegrenzer wordt niet bereikt. Het werkingssnelheid van de douchekop ligt binnen het begrenste gebied. Er wordt voldaan aan de gekozen autoriteit van de douche- aansluitleidingen.



-Figuur 8- Grafische weergave installatiekarakteristiek met KW van 20 °C en drukonafhankelijke volumestroombegrenzers. De nominale waarde van de WW-volumestroombegrenzer wordt niet bereikt. Het werkingssnelheid van de douchekop ligt binnen het begrenste gebied. Er wordt voldaan aan de gekozen autoriteit van de douche-aansluitleidingen.

kleiner is dan bij de tweeknops handregelbare kraan (zie tabellen 2 en 3).

BRONNEN

1. Will Scheffer, 'Zorginstellingen: nog te vaak

een risico op verbranding', K&S december 2014

2. Will Scheffer, 'Thermostatische mengkranen in de praktijk', K&S januari 2015
3. Inspectie van de Gezondheidszorg (IGZ) van het ministerie van VWS, 'Eindrapportage toezicht IGZ op 150 verpleegzorginstellingen - Bij een derde blijft de inspectie intensief toezicht houden', juli 2016
4. Will Scheffer, 'Wel pulserende douches, maar geen comfort', K&S oktober 2015
5. Will Scheffer, 'Klachten over temperatuurschommelingen douchewater - Stappen gezet in voorstudie ST-35', TVVL Magazine 2015-11

-Tabel 2- Testen met drukonafhankelijke volumestroombegrenzers en tweeknops douchemengkraan

Tweeknops douchemengkraan, $p_{stat} = 3$ bar, uitlaatweerstand klasse A				
	zonder begrenzers	begrenzers inlaten 5 l/min	keerkleppen, zonder begrenzers	keerkleppen, begrenzers inlaten 5 l/min
startsituatie:	l/min			
KW 8,7 °C	5,1	3,4	4,3	3,4
WW 60,4 °C	6,5	4,8	5,5	4,5
MW 38,2 °C	11,6	8,2	9,8	7,9
	ΔT			
bij openen/sluiten 2e afnamepunt KW	+ 6,1	+ 2,1	+ 2,7	+ 2,1
bij openen/sluiten 2e afnamepunt WW	- 3,3	- 1,8	- 1,8	- 1,5