

Kwalitatief variabel debiet **bespaart** elektriciteit en brandstof

door ing. E. Janssen M.Sc. (E&DO) en ing. K. Vandepopuliere M.Sc., Pumps&Process Magazine

Bij de distributie van warmte of koude kan het vermogen worden gestuurd door regelen van temperatuur en/of debiet van de warmtetransportvloeistof. Lange tijd waren in de HVAC-systemen met geregelde watertemperatuur en constant debiet state-of-the-art. Door ongewenste fenomenen, echter, blijken de energetische prestaties ervan niet optimaal. Daardoor kwam een aantal jaren geleden 'variabel debiet' op de voorgrond. Maar omdat dit begrip niet goed was omschreven, heeft de onderzoeksgroep E&DO in het TETRA-project VALID simulatiemodellen en richtlijnen uitgewerkt, dit met de steun van het IWT.



ing. E. Janssen M.Sc. (E&DO): "Omdat het begrip 'variabel debiet' niet goed omschreven was, heeft de onderzoeksgroep E&DO, in samenwerking met het IWT, VALID simulatiemodellen en richtlijnen uitgewerkt."

De onderzoeksgroep E&DO (Energie & Duurzame Ontwikkeling) van de Karel de Grote-Hogeschool verricht onderzoek rond thermische netten (gebruikt bij centrale verwarming, indirecte koeling,...), met als doel zowel de regeltechnische als

energetische prestaties te verbeteren. In het kader daarvan werden bij onderzoeksproject 'VALID' de 'HYSOP' (HYdronic Simulation and Optimization)-simulatiemodellen ontwikkeld: daarmee kunnen hydraulische configuraties en regelstrategieën snel en op wetenschappelijk onderbouwde manier worden geëvalueerd. Meer bepaald worden de temperaturen, drukken, debieten en vermogens met deze software op alle mogelijke plaatsen in installaties gesimuleerd en onderzocht; zowel op het vlak van de overgangverschijnselen als inzake de regimeomstandigheden bij vollast en bij deellast. De HYSOP-modellen hebben dan ook belangrijke inzichten verschaft inzake zowel distributieconcepten als de selectie en dimensionering van onderdelen, en ze hebben in belangrijke mate bijgedragen tot doorgedreven kennis inzake de toepassing van variabel debiet.

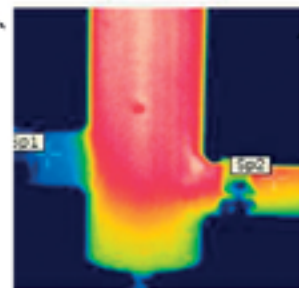
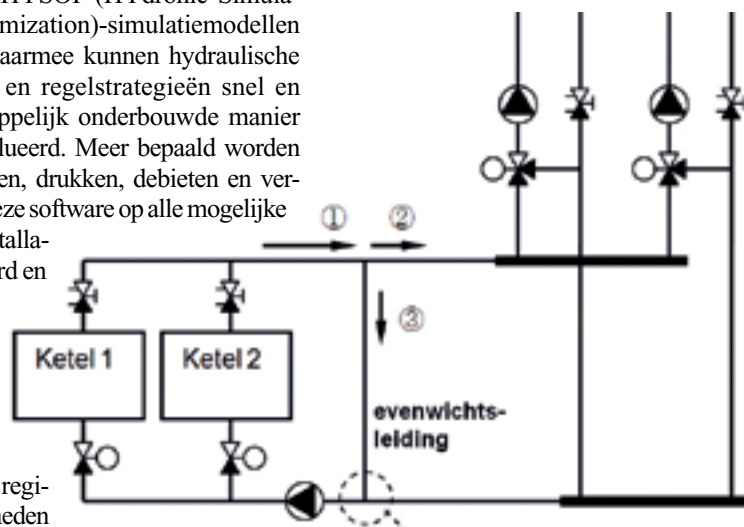
Uiteindelijk werden de resultaten van het onderzoeksproject VALID ('Variabel Debiet Valideren') op 9 september 2010 gepresenteerd aan studie bureaus en installatiebedrijven uit de HVAC-sector (meer info: www.en-do.be).

In dit artikel worden de verschillende fenomenen verklaard uitgaande van ver-

warming, hoewel de meeste aspecten ook van toepassing zijn voor indirecte koeling. Wanneer in dit artikel sprake is van een radiator, zijn de beschreven fenomenen meestal ook geldig voor andere soorten warmtewisselaars.

Smoren versus toerentalregeling

Toerentalregeling vergt minder pompenergie dan smoorregeling. In de HVAC is het verschil meestal niet relevant indien rekening wordt gehouden met de regels



Figuur 1: in evenwichtsleidingen is een verhoogde retourtemperatuur een veel voorkomend probleem.

van goed vakmanschap. Samengevat zijn dit: het beperken van het debiet (vereist een goede dimensionering en inregeling, en vermijden van kortsluitingen), beperken van de drukverliezen (door het debiet te beperken, maar ook door een goede selectie van componenten), maken van een goede pompselectie (met een werkpunt in de buurt van het 'best efficiency point'), kiezen van de meest geschikte pomplogica (bv. een toerentalregeling die de opvoerhoogte constant houdt), en het niet onnodig laten draaien van de pomp.

Bij deze smoorregeling is dus toch sprake van toerentalregeling. Met de combinatie wordt een groter regelbereik of een naregeling in parallelle takken beoogd, zoals thermostatische radiatorkranen in combinatie met een toerentalgeregelde pomp.

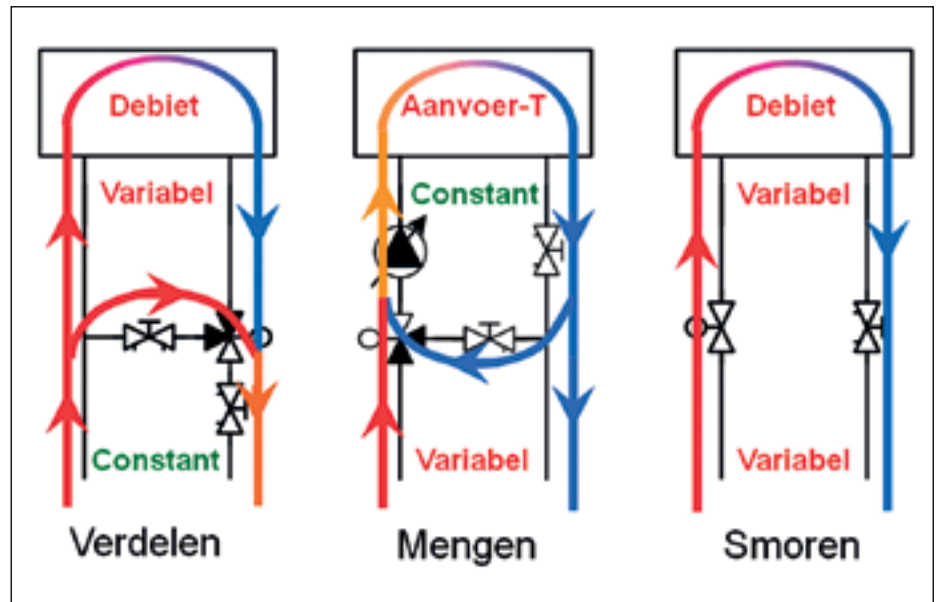
Het hydraulisch concept, de selectie van onderdelen, de regeling en de inbedrijfstelling hebben dus een grote invloed op de pompenergie. Zelfs met een 'suboptimale' smoorregeling kan men de pompenergie reduceren tot verwaarloosbare proporties; bovendien creëert het mogelijkheden tot verfijning.

Debietregeling en ketelrendement

Het verlagen van de gemiddelde watertemperatuur door de implementatie van een groter verwarmingsoppervlak vergt een belangrijke investering. Hierdoor wordt de installatie geschikt voor, onder meer, warmtepompen. Bij condensatieketels is vooral de retourtemperatuur bepalend voor het rendement; om deze te verlagen, kunnen andere middelen (die nauwelijks een investering vergen!) worden ingezet.

Een eerste, goedkope manier om de retourtemperatuur te verlagen, is te vermijden dat warm water terugstroomt naar de retourleiding zonder door een radiator te zijn gepasseerd. Zoals eerder gesteld, vergt het debiet door de kortsluitleiding pompenergie; nu is dus sprake van extra benodigde pompenergie door de verhoogde retourtemperatuur. In evenwichtsleidingen (figuur 1) is dit een veel voorkomend probleem.

Men kan dit verhelpen door het keteldebiet¹ te regelen zodat het gelijk wordt aan (of kleiner dan) het debiet² naar de gebruikers. Het verschildebiet³ is dan nul. Ook kan men werken zonder evenwichtsleiding. In beide gevallen is een



Figuur 2: 3 basisschakelingen: verdeelschakeling, mengschakeling en smoorschakeling.

beperkende factor het minimum debiet dat de ketel vereist; en dit wordt in grote mate bepaald door zijn waterinhoud.

Voorts is het mogelijk de keteltemperatuur vraaggestuurd te regelen, zodat die slechts enkele graden hoger is dan de hoogste vraag in de verwarmingskringen. Op die manier zullen de mengkranen bijna volledig open staan, en is het debiet², onttrokken aan de evenwichtsleiding, vrijwel constant. In dat geval kan men werken met een constant keteldebiet¹ zonder dat in de evenwichtsleiding het verschil³ wordt overgestort. Merkwaardige vaststelling in dat verband: het constanter maken van het debiet in een deel van de installatie, verbetert het rendement van een condensatieketel. Variabel debiet is dus niet altijd beter; wanneer het in de installatie wordt toegepast, moet het worden doorgetrokken tot in de ketel, anders heeft het een negatief effect op het rendement van een condensatieketel.

Een tweede goedkope manier om de retourtemperatuur te verlagen, is het debiet te verminderen zodat het verschil tussen aanvoer- en retourtemperatuur toeneemt. Dit vergt een hogere aanvoertemperatuur, maar deze heeft geen invloed op het rendement van een condensatieketel. Een voorbeeld? Stel dat een gemiddelde radiatortemperatuur van 50°C nodig is om een ruimte te verwarmen. Dit kan worden bekomen door een regime van, bijvoorbeeld, 55/45 of 60/40 °C. Het regime 60/40 met

een grotere ΔT vraagt een kleiner debiet, en tegelijk is de retourtemperatuur lager (40 °C < 45 °C). Dat is gunstig voor het pompvermogen én voor het ketelrendement. Een win-win situatie dus.

Het is dus aan te raden deze beide manieren om de retourtemperatuur te verlagen, in acht te nemen bij ontwerpcondities (dimensioneren, inregelen) en bij deellast (regelen).

Verdelen, mengen en smoren: eigenschappen

Om het vermogen van een radiator te sturen, kan men de aanvoertemperatuur regelen, waarbij het debiet constant is. Of men kan het debiet regelen, waarbij de aanvoertemperatuur constant is. Het regelen van de temperatuur én het debiet is ook mogelijk, maar laten we hier buiten beschouwing.

Om met één warmtebron meerdere verwarmingskringen onafhankelijk van elkaar te kunnen regelen (bv. Z-gevel, N-gevel...), zijn er drie basisschakelingen (zie ook figuur 2): verdeelschakeling, mengschakeling en smoorschakeling. Op het ogenblik dat de regelkraan volledig open staat, gedragen ze zich identiek. Dit is het geval bij vollast, maar ook bij deellast wanneer de keteltemperatuur vraaggestuurd is. Laten we nu even de eigenschappen en de retourtemperatuur bij deellast bekijken. Het jaarrendement werd bere-

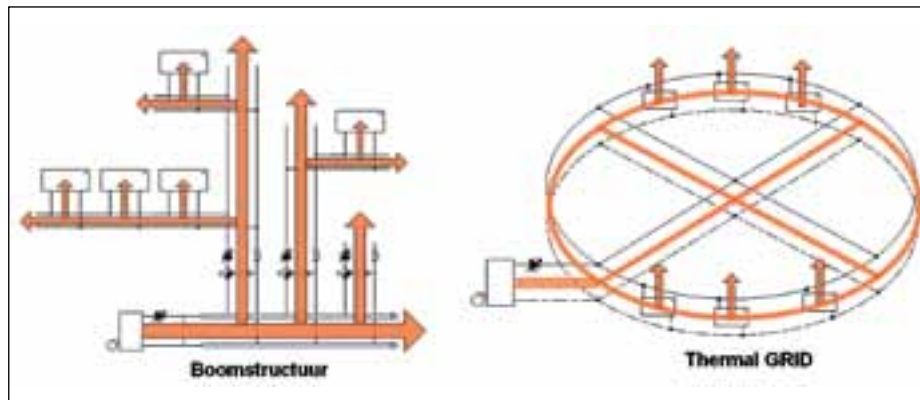
kend met de onderste verbrandingswaarde als referentie en voor radiatoren geselecteerd voor een regime 75/65/20 °C.

Bij een verdeelschakeling is het primair debiet nagenoeg constant. Bij deellast stroomt een deel van het debiet terug naar de ketel, zonder door de radiatoren te zijn gepasseerd. Het debiet en dus ook het vermogen van de radiatoren vermindert hierdoor, wat de bedoeling is, maar door het overstorten van warm water stijgt de retourtemperatuur van de ketel. Dit is ongunstig voor het ketelrendement en levert een jaarrendement op van slechts 97 %. Weliswaar is er door het constante primair debiet geen probleem met bevriezing of dode tijd in de primaire leiding, oververhitting in ketels of pompen, maar om hieraan tegemoet te

tuur verhoogt. De verlaging van de watertemperatuur bij deellast in het geval van de mengschakeling, treedt niet op bij de smoorschakeling. De hogere watertemperatuur moet worden gecompenseerd door een lager debiet om eenzelfde vermogen te bekomen. Voor eenzelfde gemiddelde radiatortemperatuur is de retourtemperatuur dus lager, wat een jaarrendement oplevert van 106 %. Ook is door het kleinere debiet het pompvermogen lager. Bovendien is bij een smoorschakeling de investering nog lager dan bij een verdeelschakeling (één tweeweg regelkraan per verwarmingskring). Door het variabel primair debiet moet wel rekening worden gehouden met dezelfde beperkingen als bij de mengschakeling.

lokalen in een groep. Hiervoor is de mengschakeling geschikt. Deze wordt meestal toegepast als voorregeling, gevolgd door een naregeling onder vorm van thermostatische radiatorcransen, om zo in te spelen op de individuele verschillen in warmtevraag door toevallige warmtewinsten en verschillen in bezettingstijd.

In het TETRA-project 'Thermal Grid', dat voortbouwt op het project 'VALID', wordt nu onderzocht of de voorregeling (doorgaans mengschakelingen) kan worden geëlimineerd indien men gebruik maakt van de toch sterk geëvolueerde componenten en regeltechniek. De traditionele vertakte boomstructuur zou daarbij worden vervangen door een thermisch net dat is opgebouwd uit twee matrixstructuren op quasi uniforme potentialen: één op hoge druk en temperatuur voor de aanvoer-, en één op lage druk en temperatuur voor de retourzijde (figuur 3). Daartussen komt, voor elke verwarmde ruimte, één regelkraan met PID-regeling en tijdsturing. Het onderzoek moet nu uitwijzen in welke mate het drukverschil over de aanvoer- en retourleiding kan worden beheerst door een goed ontwerp; dit zou namelijk een impact hebben op het regelgedrag en de kostprijs van de smoorventielen.



Figuur 3: de traditionele boomstructuur vergeleken met 'Thermal Grid'.

komen zijn er andere manieren die met minder energieverlies gepaard gaan.

Bij een mengschakeling, vervolgens, is het secundair debiet nagenoeg constant. Water uit de ketel wordt in een regelbare verhouding gemengd met water uit de retourleiding zodat de watertemperatuur regelbaar is tussen de keteltemperatuur en de omgevingstemperatuur. Bij deellast daalt de retourtemperatuur, wat een jaarrendement oplevert van 102 %. Een mengschakeling vereist wel een hogere investering (regelkraan, bypass én een pomp per verwarmingskring). En door het variabele primair debiet moet men beperkingen in acht nemen inzake bevriezing en dode tijd in de primaire leiding, en om oververhitting in ketels en pompen te vermijden.

Bij een smoorschakeling, tenslotte, is het debiet door de radiatoren variabel, net zoals bij de verdeelschakeling. Maar er is dan geen overstort die de retourtempera-

tuur verhoogt. Merk op: het variabele secundaire debiet heeft een belangrijke beperking. Veronderstel dat het debiet in een verwarmingskring wordt gehalveerd, als reactie op een dalende warmtevraag. Bij een radiator met te groot ingesteld nominaal debiet zal het vermogen slechts lichtjes dalen, in tegenstelling tot een radiator met een te klein nominaal debiet. Een (veel voorkomende!) gebrekkige inregeling veroorzaakt dus onevenwichtige warmteverdeling, met temperatuurverschillen in de verschillende lokalen, comfortklachten en energieverlies.

Innovatieve warmtedistributieschakeling: 'Thermal Grid'

Een smoorschakeling is duidelijk de interessantste schakeling wat betreft investering en retourtemperatuur. Maar door de onevenwichtige warmteverdeling is het onmogelijk ze toe te passen voor meerdere

In het onderzoek Thermal Grid richt de onderzoeksgroep E&DO zich vooral op de installatietechnische aspecten, waarbij dimensionering en regelgedrag worden onderzocht door middel van de HYSOP-simulatiemodellen. Het dynamische gedrag van het gebouw inzake warmtelast wordt onderzocht door het Kenniscentrum Energie van de Katholieke Hogeschool Kempen. Beide simulatiemodellen worden aan elkaar gekoppeld om het Thermal Grid-concept te evalueren, te optimaliseren en te ontwerpen. De eerste resultaten worden verwacht in het najaar.

Bron: Resultaten van het onderzoeksproject VALID, Karel de Grote-Hogeschool.