

iStockphoto

AUTEURS



Peter van Thienen en Mirjam Blokker
(KWR Watercycle Research Institute)

NAAR INTRINSIEK SLIMME DRINKWATERNETWERKEN

Het concept van slimme drinkwaternetwerken heeft de afgelopen tien jaar terrein gewonnen. Daarbij gaat het niet alleen om het inbouwen van slimme sensoren en algoritmen, maar ook om een slim ontwerp van het leidingnet en meetnetwerken.

Slimme netwerken zijn drinkwaternetwerken die zijn uitgerust met sensoren, waarmee een waterleidingbedrijf het netwerk beter kan controleren wat betreft hoeveelheden (debiet, druk), de toestand van de leidingen (rekstroomjes), of bijvoorbeeld op afstand bediende afsluiters. De term kan ook verwijzen naar het gebruik van algoritmen voor het vinden van defecten (zoals leidingbreuken) of voor geavanceerde procesbeheersing.

Dit alles kan worden beschouwd als het toevoegen van een zenuwstelsel aan het lichaam van de infrastructuur. Het stelt drinkwaterbedrijven in staat om 'slimmer' gebruik te maken van de netwerken, maar het maakt de netwerken zelf niet echt slimmer. In dit artikel presenteren we het concept 'intrinsiek slimme netwerken': een ontwerp gebaseerd op slimme ontwerpfilosofieën en een slim gebruik van materialen.

Slimme ontwerpfilosofieën

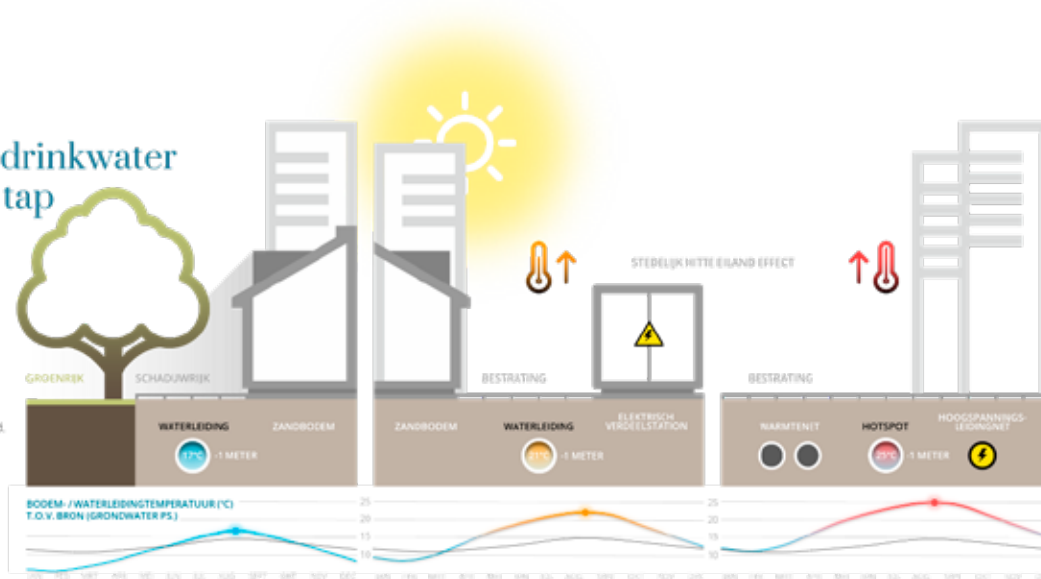
Zelfreinigende netwerken

Het leidingnet is opgedeeld in functionele groepen: het primaire deel (transportnet), het secundaire deel (distributie tot op wijkniveau) en het tertiaire netwerk (distributie naar de

Opwarming drinkwater van bron tot tap

UITDAGING
Klimaatverandering
Stedelijk hitte eiland
Energietransitie

OPLOSSING
Meer groen en meer water in de stad.
Bodembeheer om ongewenste opwarming van drinkwaterleidingen te voorkomen.



Afbeelding 1: Opwarming van drinkwater van bron tot kraan: invloed van het weer en verstedelijking, inclusief antropogene warmtebronnen in de ondergrond (bron: Agudelo-Vera (2018))

klanten). Sinds het begin van de jaren 2000 wordt het tertiaire netwerk in Nederland zo aangelegd dat het risico op bruin water minimaal is en er geen reiniging nodig is. Bruin water ontstaat als in het leidingnet opgehoopte deeltjes opwervelen bij een plotseling hogere stroomsnelheid. Bruin water is ongevaarlijk maar leidt tot ontevreden klanten. Zo'n ophoping van deeltjes is te voorkomen door één keer per dag een hoge stroomsnelheid te genereren. Hiervoor is een tertiair net nodig met buizen van niet-corrosief materiaal en met een kleine diameter; bovendien is eenrichtingsstroom vereist én er mogen geen dode uiteinden voorkomen in de laatste tientallen meters. Zo'n vertakt netwerk ontwerp, te realiseren met een hulpmiddel als DiVerDi, is ongeveer 20 procent korter en daardoor goedkoper.

Klimaatbestendige netwerken

De drinkwatertemperatuur wordt grotendeels bepaald door de bodemtemperatuur rond de leidingen van het secundaire en tertiaire netwerk. Door klimaatverandering en de toenemende verstedelijking zal de temperatuur van het leidingwater vaker boven de 25 °C uitkomen, met negatieve gevolgen voor de biologische kwaliteit van het drinkwater (afbeelding 1). Dit is te voorkomen met een klimaatbestendig ontwerp: leidingen uit de buurt houden van stadsverwarmingsleidingen en elektriciteitskabels, 20 centimeter dieper installeren, en/of leidingen zoveel mogelijk aanleggen aan de schaduwrijke kant van de straat

of onder gras (koeling doordat het gras bodemvocht verdampt).

Numerieke technieken voor ontwerp van slimme netwerken

Leidingdiameters

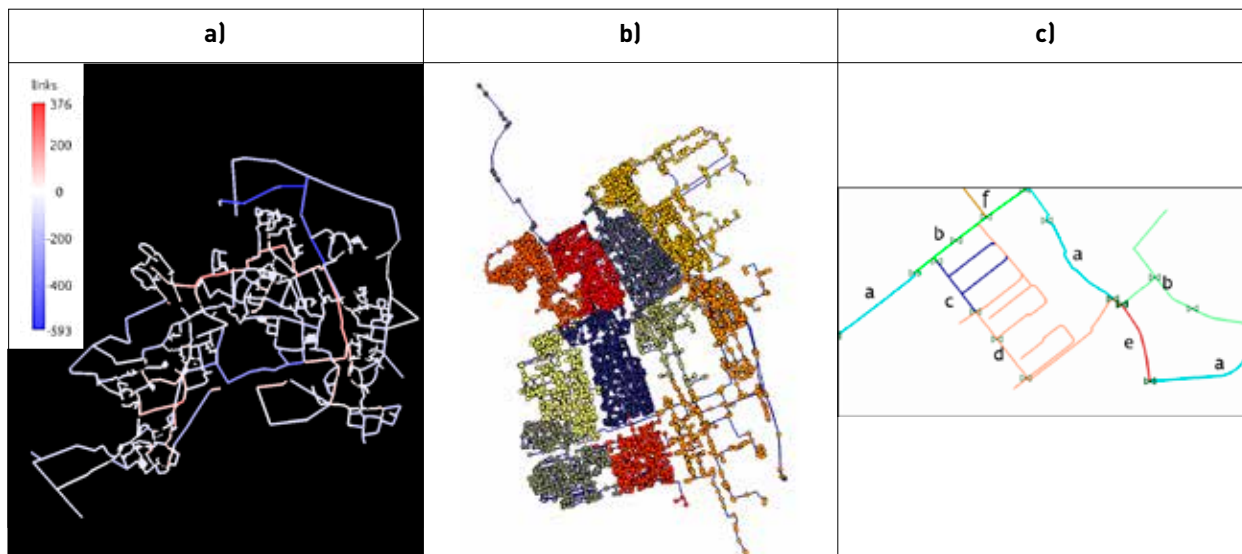
Drinkwaternetwerken worden normaliter ontworpen met hydraulische modelleringssoftware. Het aantal mogelijke ontwerpen is echter zo groot dat het praktisch onmogelijk is om zelfs maar een deel van de mogelijke goed werkende configuraties te onderzoeken. Numerieke optimalisatietechnieken, zoals in Gondwana, genereren ontwerpen die aan alle eisen voldoen en optimaal presteren op door de gebruiker gedefinieerde criteria. Een waterleidingbedrijf wil een leidingnet zo goedkoop mogelijk aanleggen en tegelijkertijd op alle aansluitingen voldoen aan eisen aan de druk en bijvoorbeeld de waterkwaliteit (zie afbeelding 2a). Aangezien netwerken decennia lang mee moeten, is het hierbij belangrijk om ook na te denken over de toekomstige watervraag.

Ombouw van een bestaand netwerk

Zodra een gewenste netwerk lay-out is gegeneerd, rijst de vraag wat het beste pad is om deze lay-out te realiseren. Hamvraag: wat is beste de volgorde voor het vervangen van leidingen? Daarbij kunnen doelen leidend zijn als het minimaliseren van de overlast voor de klant of een snellere verbetering van de sys-

Intrinsiek
slimme drink-
waternetwerken

16



Afbeelding 2. Voorbeelden van numerieke optimalisatie van verschillende aspecten van drinkwaternetwerken. a) optimalisatie van de dimensionering van de leidingen - kleuren geven veranderingen in de diameter aan ten opzichte van de huidige situatie (uit: Vertommen et al 2018); b) optimale onderverdeling van een netwerk in DMA's voor anomaliedetectie (uit: van Laarhoven et al 2017); c) optimale volgorde van vervanging van de leidingen (uit: Vertommen et al 2018).

teemprestaties. Ook dit is een optimalisatieprobleem dat kan worden aangepakt met een tool als Gondwana (zie afbeelding 2c voor een voorbeeld).

Plaatsing van afsluiters

Bij het ontwerp van het secundaire netwerk is een goede plaatsing van afsluiters essentieel. Afsluiters zijn nodig voor het isoleren van delen van het leidingnet tijdens werkzaamheden, om het aantal klanten dat er last van heeft minimaal te houden. Nu wordt een netwerk meestal ontworpen zonder afsluiters, die worden achteraf aan het plan toegevoegd. Dit is niet ideaal. Ook omdat afsluiters soms niet goed werken of zelfs onvindbaar zijn, betekent dit dat soms meer klanten dan nodig worden getroffen. Een optimale locatiekeuze van de afsluiters (met een minimum aantal afsluiters per isolatiesectie en zonder afhankelijke secties) is nodig om een maximale betrouwbaarheid te garanderen. Hulpmiddelen zoals CAVLAR helpen bij het beoordelen van een ontwerp op dit punt.

Filosofieën en numerieke technieken voor slimme 'zenuwstelsels'

Netwerkontwerp met slimme meters en sensoren

Het belangrijkste voordeel van slimme watermeters bij klanten is dat ze gedetailleerde kennis opleveren over waar en wanneer de watervraag hoog of laag is. Door inbouw van druk- of waterkwaliteitssensoren en

het verwerken van hun gegevens in een model, kan de kennis verder toenemen.

Waterkwaliteitssensoren (generiek of specifiek) komen steeds meer beschikbaar. Waterdistributiesystemen zijn echter zo complex dat zelfs hydraulische experts moeite hebben om optimale locaties voor waterkwaliteitssensoren te identificeren. Goede sensornetwerken zijn echter wel te ontwerpen met numerieke optimalisatietechnieken, bijvoorbeeld softwaretools als TEVA-SPOT en Contamination Source Toolkit.

De interpretatie van de vele meetgegevens vereist een goed begrip van het systeem. Een slim ontwerp van het leidingnet inclusief sensornetwerk kan de interpreteerbaarheid van deze 'big data' enorm verbeteren.

DMA-ontwerp

DMA's of district metered areas zijn delen van het distributienetwerk die van de rest geïsoleerd zijn door debietmeters en/of gesloten grensafsluiters. Dat maakt het mogelijk om een waterbalans op te stellen voor zo'n DMA, hetgeen bijdraagt aan het meest voorkomende doel van DMA's: lekdetectie. Het ontwerp van DMA's kan triviaal zijn voor eenvoudige netwerkstructuren, maar voor open en vermaasde netwerken kan de onderverdeling in DMA's minder voor de hand liggen. Ook hierbij is toepassing van numerieke optimalisatietechnieken mogelijk. Daarbij is de puzzel om

de locaties voor debietmeters zodanig vast te stellen dat het vereiste aantal meters minimaal is bij een gewenste detectiegrens voor bijvoorbeeld lekkages. Afbeelding 2b toont een voorbeeld (zie voor meer details het artikel van Van Laarhoven en Gardien elders in deze Water Matters).

Van domme naar slimme netwerken

Met deze filosofieën en hulpmiddelen komt het ontwerp en de bouw van een echt, intrinsiek slim netwerk binnen handbereik. Dit geldt in de eerste plaats voor nieuwe infrastructuur, aan te leggen zonder de last van de geschiedenis. Maar ook bestaande infrastructuur kan intrinsiek slimmer worden gemaakt. Dit vereist de volgende stappen:

1. bepalen van doelstellingen en randvoorwaarden;
2. verzamelen van nauwkeurige en actuele informatie over het bestaande leidingnet en het gebruik ervan;
3. bepalen van mogelijke toekomstscenario's voor de ruimtelijke en demografische ontwikkeling van het gebied en het waterverbruik;
4. optimaliseren van het ontwerp van het netwerk en/of configuratie van DMA's / afsluiters / sensoren;
5. optimaliseren van de transitie naar dit optimale ontwerp;
6. realiseren van het ontwerp van stap 4 met behulp van de transitie van stap 5;
7. ontwikkelen van beslissingsmodellen voor autonoom functioneren.

Voor de eerste twee punten hebben veel waterbedrijven al een aanzienlijke inspanning geleverd, hoewel aanvullende stappen nodig blijven om met name punten 4 en 5 succesvol uit te voeren. Het derde punt blijft een uitdaging. De laatste drie stappen zijn ontwikkeld in een onderzoekscontext, en kennen nog geen toepassing in de praktijk.

Uiteindelijk verwachten we dat de benadering van intrinsiek slimme netwerken zal leiden tot een beter presterend watervoorzieningssysteem met meer controle en kennis voor minder geld.

Peter van Thienen en Mirjam Blokker
(KWR Watercycle Research Institute)

Referenties

Agudelo-Vera, C.M. (2018) Aanpak om de hotspots in het leidingnet terug te dringen. BTO rapport 2018.024

Berry J., et al. (2010). User's Manual TEVA-SPOT Toolkit Version 2.4. EPA 600/R-08/041B.

Blokker, M. (2009). Handleiding DiVerDi, ontwerpgeredeenschap voor vertakte netten. KWR Rapport 9, also: <https://www.watershare.eu/tool/self-cleaning-network/>

Blokker, M. et al (2011). Asset management of valves. Water asset management international, 7(4), 12-15

Blokker, M. en E. J. Pieterse-Quirijns (2013). Modeling temperature in the drinking water distribution system. Journal-American Water Works Association 105.1 (2013): E19-E28

Van Laarhoven, K. et al (2017). Optimal design of virtual DMA's with gondwana." LESAM 2017, Trondheim

Van Laarhoven, K. en D. Gardien (2019). Water Matters (this issue)

Van Thienen, P. (2014). Alternative strategies for optimal water quality sensor placement in drinking water distribution networks. Hydroinformatics International Conference, New York.

Van Thienen, P. en I. Vertommen (2015) Gondwana: a generic optimization tool for drinking water distribution systems design and operation, Procedia engineering 119

Van Thienen, P. et al. (2017). Advanced modelling and optimization in drinking water distribution systems, Water Solutions.

Vertommen, I. et al. (2018). Optimal design of and transition towards water distribution network blueprints. EWAS International

Vreeburg, J. H. G. (2007). Discolouration in drinking water systems: a particular approach. Ph.D. thesis

Intrinsiek
slimme drink-
waternetwerken

SAMENVATTING

Het concept van 'slimme drinkwaternetwerken' heeft de afgelopen tien jaar terrein gewonnen. Het zijn met name sensoren en algoritmen die een netwerk slim maken in hun gebruik. Door ook het ontwerp van leiding- en meetnetwerken slim aan te pakken, worden drinkwaternetwerken 'intrinsiek slim'. De ontwikkeling richting zulke 'intrinsiek slimme netwerken' moet leiden tot een beter waterleidingnet met meer controle en kennis voor minder geld.