

Bepaling toekomstige drinkwatervraag met SIMDEUM

Het drinkwaterverbruik en de functionaliteit van de drink- en afvalwaterinfrastructuur worden beïnvloed door externe ontwikkelingen zoals nieuwe sanitatie of afname van de bevolking. Het is daardoor onzeker hoe de drinkwatervraag in de komende jaren zal veranderen. Met behulp van SIMDEUM kunnen we goed voorspellen wat de consequenties zijn van ander waterverbruikend gedrag of andere apparaten, zoals regendouches, of sterk waterbesparende closets en (vaat)wasmachines. Dit artikel beschrijft hoe het toekomstige waterverbruik eruit kan zien in verscheidene scenario's.

Dr.ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera, Onderzoeker, Waterinfrastructuur (KWR); dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker, Principal Scientist, Waterinfrastructuur (KWR)

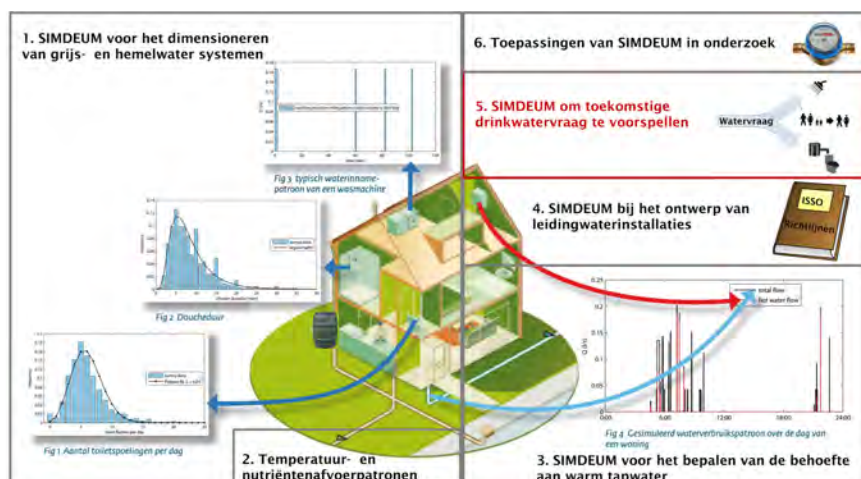
SIMDEUM is een softwaretool waarmee drinkwaterverbruik op zeer kleine tijdschaal (1 seconde) en kleine ruimtelijke schaal (op het niveau van de kraan) kan worden gesimuleerd; voor woningen én voor utiliteitsbouw. Door de data te aggregeren kan het drinkwaterverbruik per uur of per dag en per woning of per wijk worden verkregen. SIMDEUM maakt hierbij

geen gebruik van metingen van waterverbruik, maar van allerlei externe databronnen, zoals data van het CBS, enquêtedata over waterverbruik in huishoudens, enquêtedata over tijdsbesteding over de dag en technische gegevens van kranen en waterverbruikende apparaten. SIMDEUM is daarmee gebaseerd op inzicht in waterverbruik en heeft een fysische

basis. SIMDEUM is op verscheidene manieren gevalideerd, namelijk middels metingen van waterverbruik van zowel koud als warm water, en met metingen van volumestromen en verblijftijden in het drinkwaternet. De unieke eigenschappen van SIMDEUM zorgen voor een grote verscheidenheid aan toepassingen [1]. In een serie van 6 artikelen lichten we deze mogelijkheden toe. In dit artikel gaan we in op de toepassing van SIMDEUM om de toekomstige drinkwatervraag te voorspellen, figuur 1.

VERANDERING WATERVRAAG ONZEKER

De watervraag bepaalt ontwerp van leidingwaterinstallatie en drinkwater- en afvalwaterinfrastructuur. Het drinkwaterverbruik en de functionaliteit van zowel de drinkwaterinfrastructuur (productie, zuivering, transport en distributie) als de afvalwaterinfrastructuur worden beïnvloed door externe ontwikkelingen zoals implementatie van nieuwe sanitatie of afname van de bevolking. Gevolgen voor transport en distributie van water zijn bijvoorbeeld het mogelijk afnemen



-Figuur 1- Overzicht van de applicaties van SIMDEUM. In rood de focus van dit artikel.

van de verblijftijd en de maximale stroom-snelheid in het leidingnet door een dalende drinkwatervraag. Daardoor kunnen kwaliteitsveranderingen optreden die het gevolg zijn van fysische, chemische en biologische processen tijdens transport en distributie. Bij een dalende drinkwatervraag neemt de productie van afvalwater af en dus zijn er ook gevolgen voor het rioolstelsel. Veranderende watervraag kan ook gevolgen op gebouwniveau hebben. Niet alleen de totale watervraag, maar ook de piekwatervraag is van belang. Warmtapwatersystemen, die ontworpen zijn op basis van de maximale volumestroom, zullen niet optimaal werken wanneer de maximale volumestroom drastisch verandert, bijvoorbeeld door installatie van regendouches in plaats van waterbesparende douches. Het is onzeker hoe de drinkwatervraag in de komende jaren zal veranderen. Om een gefundeerde inschatting van het toekomstige piekverbruik te kunnen maken, is kennis van dagpatronen van mensen en het bijbehorende waterverbruik vereist. Daarom zijn tools waarmee de toekomstige drinkwatervraag kan worden voorspeld nodig.

■ **STERKE GROEI DRINK-WATERVRAAG UITGEBLEVEN**

Veel methodieken om de toekomstige watervraag te voorspellen zijn gebaseerd op een extrapolatie van historisch waterverbruik per huishouden. Dit leidt mogelijk tot fouten. Ten eerste doordat trendbreuken, bijvoorbeeld de introductie van een geheel nieuw type waterverbruik, nooit kunnen worden meegenomen. Ten tweede doordat onderliggende factoren niet goed begrepen worden. Een analyse van de historische watervraag in Nederland toont hoe het waterverbruik verandert in de tijd onder invloed van maatschappelijke, technologische en demografische ontwikkelingen [2]. In het verleden zijn drinkwatersystemen ontworpen met de verwachting van een sterke groei in de drinkwatervraag, die echter is uitgebleven. Behalve verschuivingen in gedrag zijn ook technologische ontwikkelingen (waterbesparende toestellen) hier debet aan. Zo lijkt het doucheverbruik al jaren stabiel, maar er is een trend tot vaker douchen, terwijl de volumestroom van de douche beperkt wordt. In de toekomst zal de douchefrequentie nog verder kunnen groeien, terwijl de volumestroom niet verder afneemt. Het waterverbruik van de douche zal dus waarschijnlijk niet stabiel blijven, maar toenemen.

■ **SIMDEUM**

Met SIMDEUM is het heel goed mogelijk om de onderliggende factoren mee te nemen, en kan ook het effect van te voorziene ontwikkelin-

Naam	Beschrijving
RC	Regional Communities (Regionale Gemeenschappen): vraag per hoofd van de bevolking daalt omdat de economische achteruitgang resulteert in (water) besparingsgedrag, in combinatie met afnemende populatie. De gemiddelde leeftijd van de bevolking neemt toe.
SE	Strong Europe (Sterk Europa): ondanks lage economische groei neemt mobiliteit toe door open grenzen. Persoonlijke hygiëne verandert door toename van de douchefrequentie. Waterprijzen op basis van reële kosten stuurt adaptatie van alternatieve waterbronnen op grotere schaal aan; bijv. gebruik regenwatertanks voor het sproeien van de tuin.
TM	Transatlantic Market (Transatlantische markt): bevolkingsgroei zorgt voor toename van de vraag naar drinkwater en voor veranderingen in routines, bijv. hogere douchefrequentie. Innovaties richten zich op luxe- en wellnessproducten.
GE	Global Economy (Globale economie): economische groei zorgt voor een stijging van de consumptie. Innovaties zijn gericht op luxe en wellness. Mensen douchen langer en sproeien vaker hun tuin om de gevolgen van klimaatverandering te verminderen.

-Tabel 1- overzicht van de vier WLO-scenario's

End-use type	Penetratie (%) in huishoudens	End-use subtype	Scenario's			
			RC	SE	GE	TM
Douche	100	Douche (0.142 L/s)	46.2	27.3	21.4	37.5
		Waterbesparende douche (0.123 L/s)	46.2	68.2	68.2	56.3
		Regen douche (0.2 L/s)	7.7	4.5	14.3	6.3
Wasmachine	99	50 L per wascyclus	100.0	90.0	70.0	80.0
		42 L per wascyclus	-	10.0	5.0	20.0
		35 L per wascyclus	-	-	25.0	-
WC	100	Waterbesparende WC*(6 L/flush)	95.0	95.0	90.0	95.0
		Japanees WC (8 L/flush), met waterbesparende optie*	-	-	10.0	-
		Alternatieve sanitatie WC (1L/flush)	-	2.5	-	2.5
		Dual systeem met grijswater WC	5.0	2.5	-	2.5
Douchefrequentie (keer/dag)			0,8	0,9	1	1

-Tabel 2- Voorbeelden van de kwantificering van de scenario's

* Indien waterbesparende optie beschikbaar is, wordt die toegepast in 80% van de flushes

gen worden bepaald. Denk aan grootschalige invoer van grijswatersystemen of vacuümclosets. Watervraagpatronen op huishoudelijk niveau worden bepaald door het aantal en type bewoners (bv. kinderen, volwassenen of senioren), de tijd die zij thuis doorbrengen, het type apparatuur (bv. waterbesparende closets) en het watergerelateerde gedrag (bv. kort of lang douchen). SIMDEUM maakt gebruik van deze kennis van gedrag en technische specificaties. SIMDEUM simuleert het afnamepatroon op elk tappunt.

■ **DEFINITIE TOEKOMSTIGE WATERVRAAGSCENARIO'S**

In twee projecten, in 2011 'Modelleren Nieuwe Stijl' en in 2013 'Toekomstbestendigheid van

de drinkwaterinfrastructuur', hebben we voor de drinkwaterbedrijven een schatting gemaakt van toekomstig waterverbruik en de gevolgen daarvan voor nieuwe en bestaande netten. Het eerste project ging uit van waarschijnlijke scenario's, het tweede project heeft meer extreme scenario's onderzocht waarmee een stress-test kon worden toegepast.

In 2011 is het eerste project uitgevoerd om met SIMDEUM de toekomstige verbruikspatronen te schatten [3]. Hiervoor zijn de vier scenario's uit het rapport Welvaart en Leefomgeving (WLO) [4] gebruikt en vertaald in mogelijke effecten op waterverbruik. Daartoe is eerst gekeken wat de te verwachten ontwikkelingen zijn. In een workshop is met drinkwaterprofessionals uit verschillende disciplines besproken

Naam	Gebaseerd op	Beschrijving
Dual	Nu	Hergebruik watersystemen voor closet, wasmachine en buitenkraan.
Eco_RC	RC	Innovatieve sanitatieconcepten: 100% penetratie van 1-liter spoelclosets.
Lux	Nu	100% penetratie van regendouches (0,2 L / s).
GE+	GE	Vaker douchen: douchefrequentie van 1,4 keer per dag.
Leak	Nu	Lekkage van 20%.
Lux_Dual	Nu	100% penetratie van regendouches met hergebruik watersystemen voor closet, wasmachine en buitenkraan.
Eco+	Nu	Toepassen van innovatieve sanitatieconcepten en penetratie van efficiënte (watergebruik) douches, wasmachines en vaatwassers.
DP	Nu	Bevolkingskrimp: 30% vermindering van de bevolking

-Tabel 3- Overzicht van de acht extreme scenario's

wat de betekenis van elk van de scenario's is op de invloedsfactoren van waterverbruik, tabel 1. De uitkomsten van de workshop zijn gekwantificeerd (tabel 2) en ingevoerd in SIMDEUM. Het toekomstig waterverbruik is voor de vier scenario's bepaald op woningniveau en ook op straat-/wijkniveau.

In 2013 is een stress-test ontwikkeld om de gevolgen van grote veranderingen in kaart te brengen. In dit geval worden met behulp van SIMDEUM niet alleen korte- tot middellange-termijnprognoses gesimuleerd, maar ook extreme doch plausibele langetermijnsenario's waarin rekening wordt gehouden met een brede variatie in de toekomstige watervraag [5]. In totaal zijn 12 potentiële toekomstscenario's met SIMDEUM gesimuleerd. Naast de WLO-scenario's werden acht extreme scenario's gedefinieerd tijdens een workshop met vertegenwoordigers van twee Nederlandse waterbedrijven. Hoewel het bekend is dat volledige penetratie van nieuwe waterverbruikende apparatuur enkele decennia kan duren [2], nemen de extreme scenario's bijvoorbeeld 100% penetratie van nieuwe technologieën, zoals vacuümclosets (1 liter per spoelbeurt), dubbele systemen voor niet-drinkwatervraag of regendouches, aan. In een nieuwbouwwijk kunnen nieuwe technologieën relatief snel en op grotere schaal ingang vinden. Het gaat dan vooral om technologieën die bij de bouw geïnstalleerd worden: bijv. wel nieuwe closets, maar geen nieuwe (af)wasmachines. In de scenario's is ook rekening gehouden met 'afname van de bevolking' (DP) en 'toeneemende lekkage als gevolg van veroudering van de infrastructuur' (Leak). De acht extreme scenario's worden kort beschreven in tabel 3.

■ BEREIK TOEKOMSTIGE WATERVRAAG

Baggelaar et al. [6] hebben het waterverbruik per persoon en voor heel Nederland voorspeld. Met de SIMDEUM-scenario's wordt verwacht dat de dagelijkse watervraag in 2040 tussen de 100 liter/persoon en 156 liter/persoon zal

uitkomen (figuur 2). Het huishoudelijk waterverbruik voor 2040, geschat door Baggelaar et al. [6], is hiermee grotendeels in overeenstemming, ondanks verschillen in invoerparameters. In de resultaten heeft SIMDEUM een iets grotere bandbreedte: 3% minder verbruik in RC en ca. 10 % meer verbruik in GE. Met SIMDEUM zijn we vervolgens in staat om ook een uitspraak te doen over de veranderingen in gelijktijdigheid van verbruik, en kunnen daarmee het piekverbruik voorspellen.

De extreme scenario's toonden een variatie van 47 – 198 liter per persoon per dag, Figuur 3. Deze getallen geven een indicatie van de maximale verandering op lange termijn. De kracht van SIMDEUM is dat verschillende scenario's kunnen gesimuleerd worden met behulp van verschillende draaiknoppen en dat de analyse per persoon, per tappunt, per woning, wijk of stad kan worden uitgevoerd. De onzekerheid in het verbruik van de douche heeft de grootste invloed. Door een dergelijke uitgebreide bandbreedte van mogelijke scenario's te gebruiken wordt de maximale variatie in kaart gebracht en kunnen systemen worden getest en gecontroleerd. Het is niet nodig om hiervoor de toekomst heel exact te kennen.

■ EFFECTEN

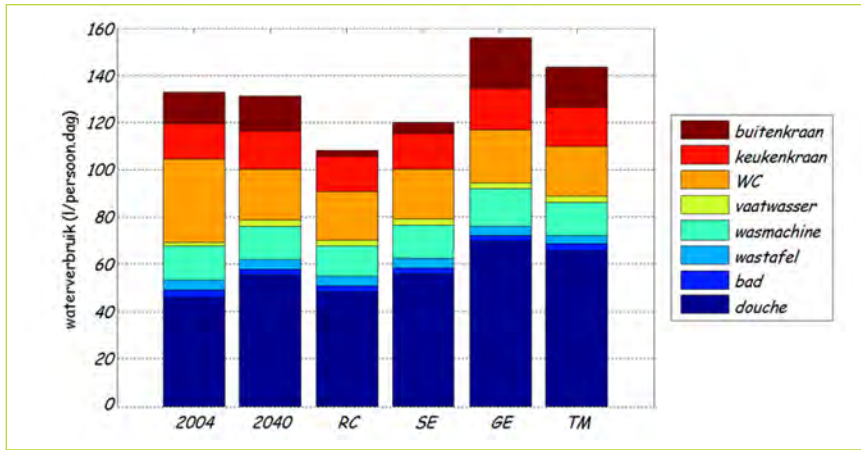
Toekomstscenario's drinkwater

Met SIMDEUM is het niet alleen mogelijk om de dagelijkse watervraag te bepalen, maar ook het piekverbruik op verschillende schalen, zoals op gebouw-, straat-, wijk- of regioniveau. In de studie van 2014 zijn voor de 12 scenario's piekfactoren berekend op wijkniveau voor ca. 1000 aansluitingen, zie figuur 4. Met dit soort analyses kan de maximale bandbreedte in kaart worden gebracht. Hierdoor weten wij dat een heel extreme, maar plausibele watervraag van 500 m³/dag een maximale piek van 70 m³/h zal vertonen en een watervraag van 150 m³/dag een piek van 20 m³/uur zal vertonen. Deze stress-test met extreme watervraagscenario's is toegepast op vier voorbeeldleidingnetten. Per woning zijn met SIMDEUM

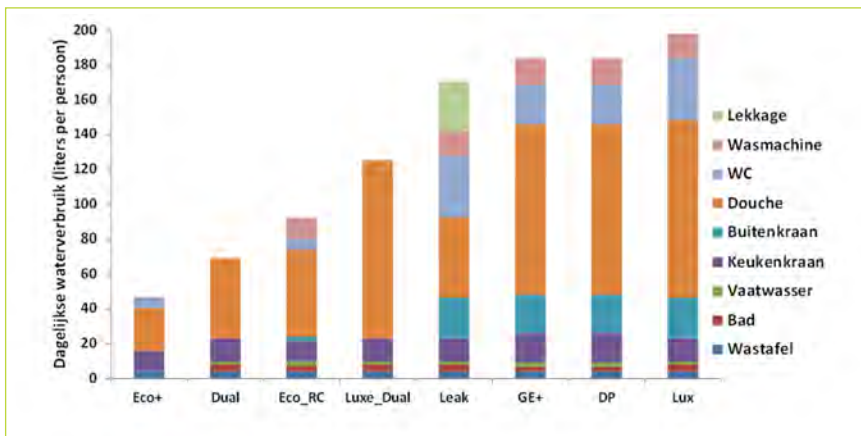
dagelijkse vraagpatronen met een korte tijdstap (0,01 h) gesimuleerd: voor ieder scenario zijn er 30 sets van patronen. Vervolgens is bepaald welke drukken, stroomsnelheden en verblijftijden in de leidingnetten optreden. Daarmee krijgen we een indicatie of deze leidingnetten kunnen functioneren onder verschillende watervraagscenario's of dat aanpassingen noodzakelijk zijn. De doorgerekende netwerken blijken robuust te zijn: de gevolgen van de scenario's, zoals grotere drukval en verblijftijd, kunnen met beheermaatregelen worden opgevangen.

Toekomstscenario's leidingwaterinstallatie

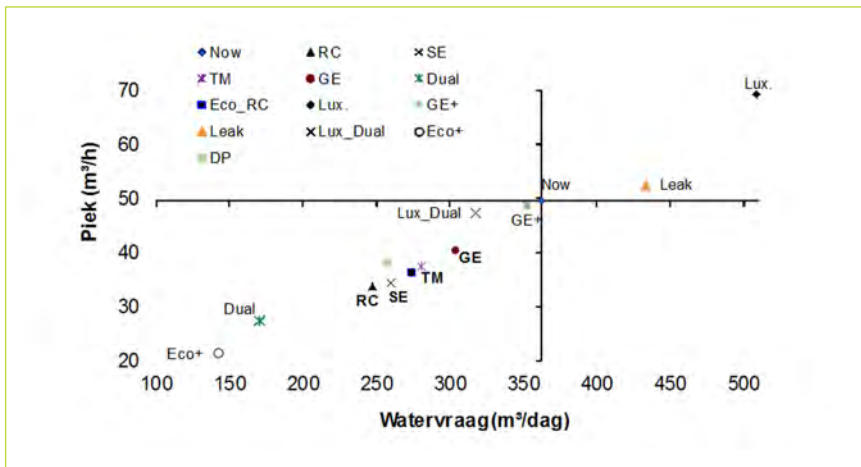
Met behulp van SIMDEUM is het mogelijk om op kleine tijdschaal en kleine ruimtelijke schaal prognoses te doen. Zo is het mogelijk om in te zoomen op het verbruik in een bepaalde woonwijk op jaarbasis, uurbasis of zelfs op de maximale volumestroom per dag. Daarmee kunnen waterbedrijven bij renovatie of nieuwbouw zelfreinigend dimensioneren en inschatten of leidingnetten die technisch gezien nog tientallen jaren mee kunnen, ook in de toekomst nog functioneel zijn. Deze kennis is relevant voor de installatiesector. Het ontwerp van een leidingwaterinstallatie wordt gebaseerd op de verwachte piekvraag van koud en warm water; de warmtapwaterbereider wordt geselecteerd op de verwachte maximale warmwatervraag in een bepaalde tijdseenheid (bijv. 1 uur of 1 dag). Veranderingen in technologie en gedrag leiden tot veranderingen in de kans op gelijktijdig gebruik en daarmee tot veranderingen in de piekvraag. Voor individuele woningen voldoet de $q\sqrt{n}$ -methode nu nog prima, maar wanneer het eco-scenario waarheid wordt zou ook deze methode tegen het licht gehouden moeten worden. De huidige rekenregels in de ISSO 55 [7] voor woongebouwen, kantoren, hotels en zorginstellingen gelden voor de huidige nieuwbouwstandaarden. Omdat SIMDEUM gevoed kan worden met nieuwe waarden voor technische specificaties en gedrag, is ook in de toekomst SIMDEUM een prima model om



-Figuur 2- Hoofdelijk verbruik op basis van de invoergegevens van SIMDEUM per component in 2004 en in 2040 voor verschillende toekomstbeelden, voor de afkortingen zie tabel 1. '2040' is het gemiddelde van RC/SE/GE/TM [3]



-Figuur 3- Overzicht van dagelijkse waterverbruik voor de extreme scenario's per end-use



-Figuur 4- Dagelijkse piek verbruik per scenario voor ca. 1000 woningen

aangepaste rekenregels en een alternatief voor de $q\sqrt{n}$ -methode te genereren. Het is aan te raden om eens per 10 jaar de rekenregels in de ISSO 55 en ISSO 30 te evalueren en zo nodig aan te passen. Daarnaast is het ook goed om ons te realiseren dat wanneer een gebouw van functie verandert, ook de leidingwaterinstallatie opnieuw bekeken moet worden. Wanneer een zorginstelling van vier personen per kamer naar eenpersoonskamers gaat terwijl ook het aantal douchebeurten per persoon sterk omlaag gaat is het goed om te bedenken dat

de bestaande leidingwaterinstallatie te groot gedimensioneerd is met mogelijke waterkwaliteitsproblemen tot gevolg wanneer de leidingwaterinstallatie niet wordt aangepast.

CONCLUSIE

De toekomst is ongewis. Afhankelijk van het toekomstscenario neemt de watervraag toe of af. Voor bestaande leidingnetten of -installaties is het mogelijk om met een stress-test te bekijken wat het effect is van veranderende watervraag en of een aanpassing in de infra-

structuur nodig is. Voor nieuwbouw is het aan te raden om in het ontwerp zo goed mogelijk rekening te houden met de technische specificaties van de waterverbruikende apparaten, met name als nieuwe concepten zoals grijswatersystemen of vacuümclosets worden geïntroduceerd. Veranderingen in gedrag zijn minder goed te voorspellen, maar hebben ook een kleinere invloed. De ontwerpregels voor woongebouwen en utiliteitsbouw zouden eens per 10 jaar moeten worden geëvalueerd. Op dat moment kunnen veranderingen in zowel technische specificaties als samenstelling van huishoudens en waterverbruikend gedrag worden meegenomen. De driejaarlijkse enquête naar huishoudelijk waterverbruik van de Vewin in combinatie met het door KWR ontwikkelde model SIMDEUM blijven daarvoor een goede basis.



Dr.ir. C.M. (Claudia) Agudelo-Vera



Dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokter

LITERATUUR

1. Blokter, E.J.M., Stochastic Water Demand Modelling: Hydraulics in Water Distribution Networks. 2010, London, UK: IWA publisher.
2. Agudelo-Vera, C.M., et al., Analysing the dynamics of transitions in residential water consumption in the Netherlands, in Water Science and Technology: Water Supply. 2014. p. 717-727.
3. Blokter, E.J.M. and I. Vloerbergh, Kwantitatieve toekomstscenario's waterverbruik. 2011, KWR: Nieuwegein.
4. Janssen, L.H.J.M., Okker, V. R. and Schuur, J., Welvaart en leefomgeving: een scenariostudie voor Nederland in 2040: achtergronddocument, Centraal Planbureau. 2006, Centraal Planbureau, Milieu- en Natuurplanbureau en Ruimtelijk Planbureau.
5. Agudelo-Vera, C.M., et al., Testing the robustness of two water distribution system layouts under changing drinking water demand. Journal of Water Resources Planning and Management, 2016.
6. Baggelaar, P.K., A. M. Hummelen and C. Büscher, Vier scenario's voor de drinkwatervraag in 2040. 2010, KWR: Nieuwegein.
7. ISSO, ISSO-55 - 'Leidingwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen' Herziene versie. 2013.