

Virtueel ontwerpen van de gebouwriolering met Simdeum

Van het drinkwaterverbruik op het detailniveau van een tappunt in een woning weten we heel veel door de modellering met behulp van Simdeum, en daarmee ook van de afvalwaterproductie. Met Simdeum is het mogelijk een goede schatting te maken van de hoeveelheid, en vooral ook van de hoedanigheid – de temperatuur en de samenstelling – van het afvalwater. Daarmee is Simdeum zeer geschikt om 'virtuele' ontwerpen van de sanitaire installatie te toetsen, zoals een installatie met waterbesparende apparatuur en een voedselrestenvermaler waarmee de concentratie vaste stoffen in het afvalwater sterk toeneemt.

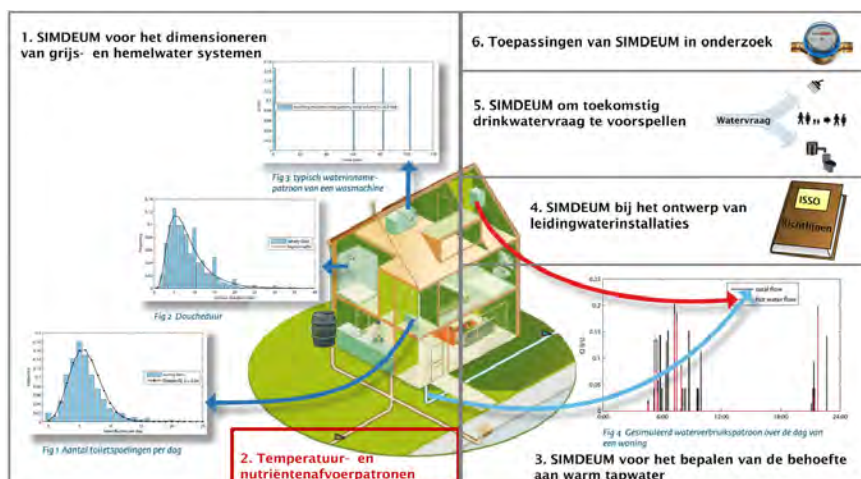
Dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker, Principal Scientist – KWR; dr.ir. J.H.G. (Jan) Vreeburg, Principal Scientist – KWR, Wageningen Universiteit, Sub-Department Environmental Technology

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 waterverbruik

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 verschillende 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. In een serie van 6 artikelen lichten we deze mogelijkheden toe. In dit artikel gaan we in op de toepassing van Simdeum voor het bepalen van de huishoudelijke afvoerpatronen en de temperatuur en nutriënten die nog in dat water zitten, (figuur 1). Het doel is om een ander concept van de sanitaire installatie in een virtueel ontwerp te toetsen aan andere waterverbruikende en waterlozende apparatuur.

De stedelijke waterketen gaat pas draaien als er een kraan wordt geopend. Het water



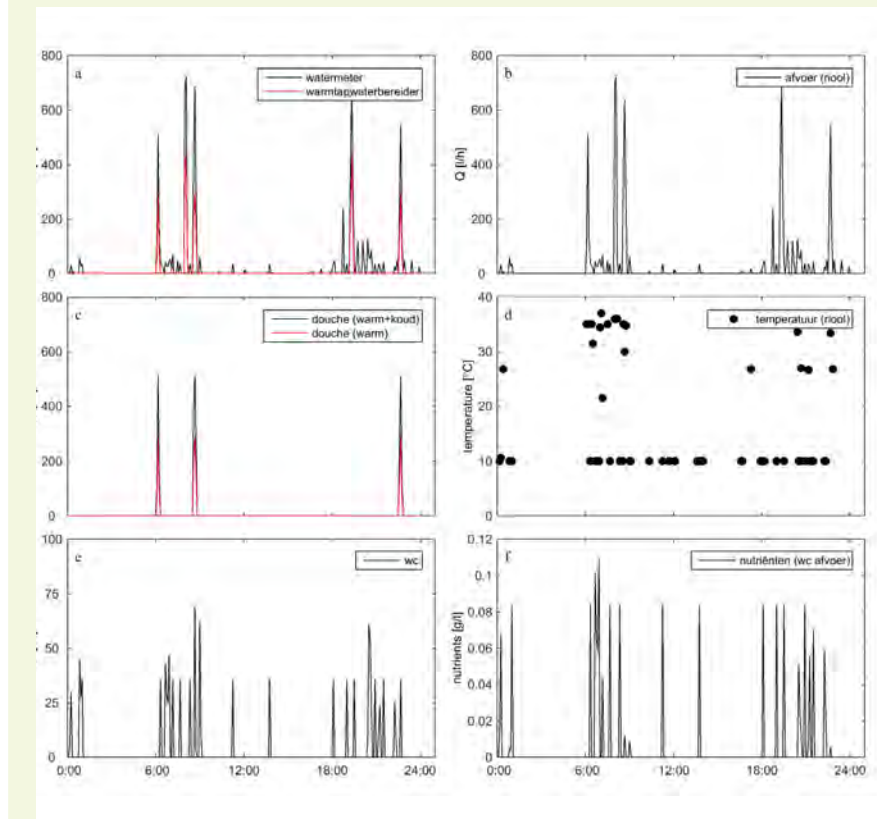
-Figuur 1- Overzicht van de applicaties van Simdeum

stroom dan door het drinkwaterleidingnet, wordt gebruikt en stroomt vervolgens het riool in. Daarmee zijn het drinkwaterverbruik en de afvalwaterproductie nauw met elkaar verbonden. Van het drinkwaterverbruik op dit detailniveau weten we heel veel door de modellering met behulp van Simdeum. De kennis van het eindverbruik van water, maakt het ook mogelijk om een goede schatting te maken van de hoeveelheid, maar vooral ook van de hoedanigheid van het afvalwater op dezelfde tijdschaal. Als voorbeeld een wasmachine: de hydraulische vingerafdruk van het waterverbruik laat zich relatief eenvoudig vertalen in een hydraulische vingerafdruk van het afvalwater. De samenstelling van het afvalwater is dan ook nog te schatten door gegevens over temperatuur en hoeveelheid wasmiddel te kennen. Ook toiletgebruik kennen we op detailniveau en met enig voorstellingsvermogen is hier ook een afvalstroom bij te bedenken, zie bijvoorbeeld figuur 2.

In het vorige artikel [1] hebben we betoogd dat de concentratie van de vaste stoffen in het afvalwater omhoog moet, door het verminderen van de hoeveelheid water en door het vergroten van de hoeveelheid stof die met het afvalwater wordt afgevoerd. In dit artikel onderzoeken we wat dit betekent voor de leidingwaterinstallatie in de woning, die bestaat uit leidingen, een warmtapwaterbereider en tappunten. Voor het gemak nemen we ook de apparatuur die op de tappunten aangesloten kunnen zijn, zoals een wasmachine en vaatwasser, mee in de beschouwing. De vraag die we willen beantwoorden is hoe de leidingwaterinstallatie er uit ziet in het huis van de toekomst dat een geconcentreerde afvalwaterstroom op het riool lost. De installatie wordt natuurlijk voor een groot deel bepaald door het type waterverbruikende apparaat. Het virtuele ontwerp dat we in eerste instantie willen maken is afhankelijk van het inzicht in de watervraag en waterafvoer. Daarbij is Simdeum onontbeerlijk. Uitgangspunt is dat de nieuwe leidingwaterinstallatie niet leidt tot een beperking van het comfort.

TAPPUNTEN EN APPARATUUR

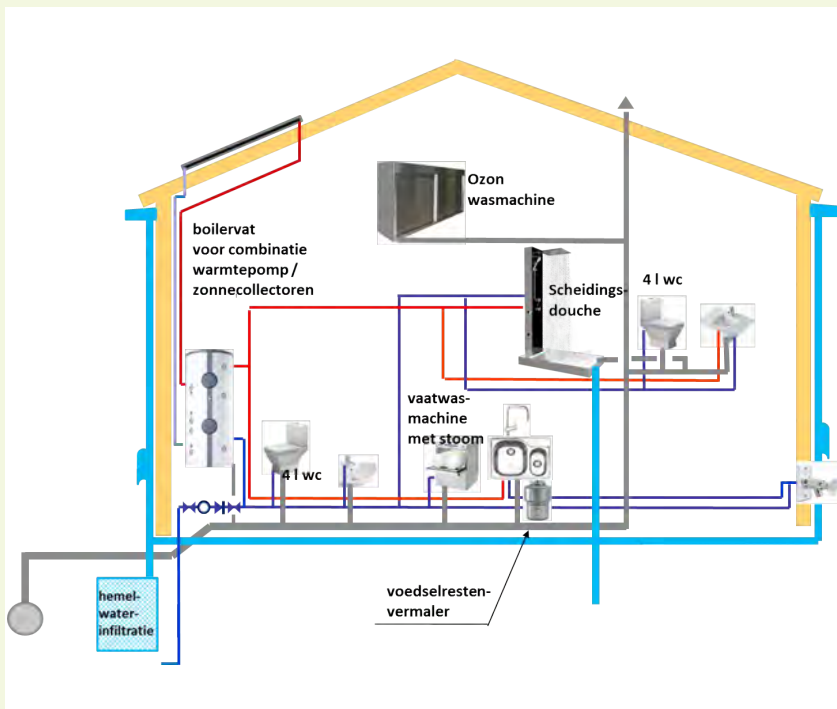
Het verlagen van de hoeveelheid water dat op het riool wordt geloosd kan door minder water te gebruiken, of door het schone deel van het gebruikt drinkwater (licht grijs water) op het oppervlaktewater of het grondwater te lozen, in plaats van op de riolering. In principe is het uitgangspunt nog steeds dat er maar één rioleringleiding het huis zal verlaten, maar elementen van een gescheiden inzameling zullen wellicht toch meegenomen worden. Grofweg geldt dat de eerste manier om minder water in het riool te krijgen vraagt om andere



-Figuur 2- Voorbeeld van resultaten van een simulatie met Simdeum a) totale drinkwatervraag aan de watermeter en de warmwatervraag bij de warmtapwaterbereider; b) totale afvoer het riool in; c) de watervraag bij een normale douche; d) de temperatuur van het afvalwater; e) de wateraanvoer naar de wc; f) de waterafvoer met nutriënten van de wc.

specificaties van waterverbruikende apparatuur: zuinige wasmachines, kleinere toiletspoelvolumes etc. De tweede manier, namelijk voorkomen dat het water in het riool terecht komt, heeft kenmerken van de brongescheiden inzameling en vraagt daarmee een aanpassing van het ontwerp van de gebouwriolering. We onderscheiden in de basis acht verschillende tappunten: wc, douche, wasmachine, keukenkraan, vaatwasser, bad, buitenkraan en overige kranen in huis (fonteintje in het toilet, kraan in de badkamer, etc.). Aan elk van deze tappunten kan minder water worden verbruikt. Aangezien het water van de buitenkraan over het algemeen niet in de vuilwaterriolering wordt geloosd, laten we deze kraan verder buiten beschouwing. Het waterverbruik van de wc heeft drie functies: de pot schoonspoelen, het waterslot in stand houden en de afvalstoffen transporteren in de riolering. Uitgangspunt is dat het zogenaamde zwarte water, water met feces en urine, wordt geloosd op het riool. Deze

afvalstroom bevat nutriënten die interessant zijn om terug te winnen. Verscheidene tests hebben laten zien dat in de Nederlandse situatie (met een gegeven afschot van de gebouwriolering) 4 liter onvoldoende is om feces en toiletpapier af te voeren. Uitgangspunt van die tests is dat alleen het toiletspoelwater gebruikt wordt voor dat transport, terwijl er ook op andere punten in huis water verbruikt wordt dat zou kunnen bijdragen aan de afvoer van deze afvalstroom. Te denken valt natuurlijk aan het water dat men gebruikt om de handen te wassen, maar ook douchewater of waswater. Met behulp van Simdeum is het mogelijk om te bepalen hoe vaak en hoeveel water er beschikbaar is voor de afvoer van het zwarte water in zowel tijd als plaats. Dit kan helpen om de potentie te bepalen van wc's met een kleiner spoelvolume, maar ook aanwijzingen geven hoe deze aan te sluiten in de installatie. Een tweede grote waterverbruiker is de douche. De gemiddelde Nederlander doucht 8,5 minuut met 7,5 liter per minuut, en dat



-Figuur 3- Virtueel ontwerp van de gebouwriolering. Let op dat in de badkamer de douche en wastafel bovenstrooms van de wc zijn aangesloten op de riolering, en dat het toilet beneden zoveel mogelijk benedenstrooms is aangesloten. De douche is op de riolering aangesloten voor de eerste liters vuil water en het relatief schone afvalwater van daarna zou gefiltreerd kunnen worden in de kruipruimte of in een regenwaterafvoer.

gemiddeld 0,7 keer per dag. Dat betekent zo'n 65 liter per keer en 16,3 m³ per jaar. Het bijbehorende energiegebruik om het water op te warmen van 15 naar 40 graden is 1,7 GJ/jaar. Het waterverbruik kan natuurlijk naar beneden door minder vaak en/of korter te douchen, maar dat is tegen de trends die we zien uit de onderzoeken naar waterverbruik [2]. Het is te betwijfelen of deze trend om te buigen is. Een andere manier om het waterverbruik te beperken is door het douchewater te recirculeren. Onderzoek heeft laten zien dat de eerste liters van het douchewater relatief sterk vervuild zijn, maar dat het volgende water relatief schoon blijft. Het principe van de recirculatie douche is dat die eerste liters worden weggespoeld in de riolering, en dat het volgende water wordt gerecirculeerd, waarbij een zuivering wordt toegepast met behulp van membranen, UV desinfectie en een pompje. Voordeel is dat er minder water wordt verbruikt en dat er minder thermische energie verloren gaat, maar het nadeel is dat de zuivering en het oppompen energie kosten. Bovendien zijn de kosten van een dergelijke installatie

niet gering en blijft de vraag of deze techniek geaccepteerd zal worden voor douchegebruik. In het onderzoek naar waterverbruik wordt bij het doucheverbruik ook vaak aangegeven dat dit een gevoel van luxe en comfort geeft. Een andere oplossing zou kunnen zijn dat eerste vuile liters op het riool worden geloosd, en dat het relatief schone afvalwater van daarna op het oppervlakte of grondwater wordt geloosd, uiteraard na het terugwinnen van de thermische energie met een warmtewisselaar die zijn effectiviteit al heeft bewezen. Een gescheiden inzameling van het vuile en het schone afvalwater uit het doucheputje vergt een aanpassing in de gebouwriolering. Een eenvoudige oplossing zou kunnen zijn om het water bijvoorbeeld in de kruipruimte van huis te laten infiltreren. Afvoer van badwater kan waarschijnlijk niet op een vergelijkbare manier worden gerealiseerd. Nederlanders gebruiken het bad echter relatief weinig, maar een keer in bad gaan kost wel direct 120 liter water. Dit water zorgt voor een sterke verdunning van het vuil. Voor het verminderen van het waterver-

bruik van wasmachine en vaatwasser zijn we afhankelijk van de fabrikanten. Er wordt al jaren gesproken over wassen met ultrasone trillingen, nylon polymeren of CO₂, maar die systemen zijn nog niet op de markt. Waarschijnlijk zullen deze systemen wel water nodig blijven hebben om het vuil af te voeren. Dit water heeft dan een hoge concentratie vuil, en mogelijk ook van reinigingsmiddelen en kan op het riool geloosd worden. Aan keuken- en andere kranen is het waterverbruik zeer divers. Het wordt gebruikt voor menselijke consumptie (drinkwater, koffie en thee, kookwater), en voor planten en (huis) dieren, voor hygiëne (handen wassen, tanden poetsen, scheren, etc.), voor het vullen van emmers voor schoonmaak, etc. De beschikbaarheid van dit water draagt sterk bij aan het gevoel van comfort en dat betekent dat we dit waterverbruik niet willen en ook niet kunnen inperken. Het meeste van dit water wordt in hoeveelheden gebruikt (pan, emmer, koffiepot) en dan hebben doorstroombegrenzers maar beperkt effect. Ook de samenstelling van de afvoer is divers. Een deel zal niet via het afvoerputje verdwijnen, een deel is vervuild met reinigingsmiddelen, en een deel is schoon water. Het lijkt daarom noodzakelijk deze afvoerstream op de riolering te lozen. De hoeveelheid water die aan de kranen wordt gebruikt is wel beperkt, ten opzichte van de andere tappunten.

Het vergroten van de concentratie afvalstoffen in het afvalwater kan ook door extra stoffen toe te voegen. Voor de hand ligt het afvoeren van keukenafval via de riolering. Een vermalder is nodig om het afval klein genoeg te maken, en voldoende, maar niet te veel water, is nodig om dit zwarte water af te voeren. Het zou een mooie ontwikkeling zijn als het voedsel zonder extra water toegevoegd zou kunnen worden. Ook hier kan geprobeerd worden gebruik te maken van water dat al in het riool wordt afgevoerd.

Van deze mogelijke oplossingen kiezen we er nu een aantal uit, namelijk:

- toiletspoeling 'geel water' met 1 liter, naar riool;
- toiletspoeling 'zwart water' met 3 liter, naar riool;
- douchewater eerste 10 liter 'donker grijs' naar riool;
- douchewater, volgende 55 liter 'licht grijs' naar grond- of oppervlaktewater;
- de woning heeft geen bad;
- wasmachine en vaatwasser lozen 'donker grijs' water op het riool, respectievelijk 5 liter en 1 liter;
- de keukenkraan en overige kranen verbruiken niet minder water (ca. 20 liter per huishouden per dag), en lozen op het riool. Het water

van de keukenkraan wordt sterker vervuild met keukenafval.

■ DRINKWATERINSTALLATIE

In een dergelijk 'waterafvoerbeparend' scenario neemt de totale drinkwatervraag af voor de wc (van ca. 40 liter per huishouden van 2,3 persoon en een 6/3 liter spoelvolume naar ca. 18 liter), en voor de wasmachine en vaatwasser (van ca. 17 liter per huishouden per dag naar 1,7 liter, respectievelijk van 11 naar 0,8 liter), en blijft dit gelijk voor de douche en kranen. De diameter van leidingen wordt gedicteerd door de verwachte maximale momentane vraag (MMV). Met behulp van Simdeum kan worden bepaald wat het effect is van een lagere drinkwatervraag van wc, wasmachine en vaatwasser op de MMV. Daartoe wordt een grote hoeveelheid mogelijke verbruikspatronen gesimuleerd, en hiervan wordt het maximum genomen, zodat het maximum dat eens per jaar optreedt maatgevend kan zijn als MMV. Omdat de douche een grote invloed heeft op de maximale watervraag en dit aspect niet verandert, is er mogelijk een beperkt effect op de MMV en dus weinig effect op de leidingdiameter te verwachten.

Er hoeft geen extra leidingnet te worden aangelegd om regenwater of opgewerkt grijs water naar de wc, de wasmachine of de vaatwasser te brengen. In feite is dit zelfs ongewenst, want als regenwater gebruikt wordt, vervalt de noodzaak om weinig water af te voeren.

■ WARMTAPWATERBEREIDER

De warmtapwaterbereider kan kleiner worden gedimensioneerd als er geen bad aanwezig is en een douche-wtw wordt geïnstalleerd [3]. Dit is op basis van een uitgebreide simulatie met Simdeum bepaald, waarbij rekening is gehouden met verschillende gezinssamenstellingen en een grote variatie in het gebruik van de douche.

■ GEBOUWRIOLERING

Lozing op het riool

De hoeveelheid water die op het riool wordt geloosd vermindert van ca. 270 liter per huishouden (van 2,3 persoon) naar ca. 134 liter. Tegelijkertijd wordt de hoeveelheid afvalstoffen opgevoerd door de toevoeging van het keukenafval. Hoeveel dit precies is, moet nog worden onderzocht. Simdeum kan hier ook weer bij worden ingezet, zie bijvoorbeeld figuur 2e. De concentratie van de afvalstroom kan waarschijnlijk met minstens een factor 4 omhoog. Ondanks de toegenomen hoeveelheid organisch materiaal zal deze stroom zich nog steeds als water gedragen en niet de eigenschappen van een slurry aannemen: als er

2 kg organisch materiaal in de huishoudelijke stroom zit, is de gemiddelde concentratie ongeveer 15 gr/l, ofwel 1,5%.

Het keukenafval wordt bij gebruik van een vermaler via de gootsteen in de keuken afgevoerd. Daar is nu ook al een afvoer en door het vermalen hoeft de diameter van de leiding of het afschot van de leidingen waarschijnlijk niet te worden aangepast. Daarnaast moet het douchwater gescheiden worden in licht en donker grijs water, waarbij alleen het donker grijs water op het riool wordt geloosd. Dat zal de meest ingrijpende verandering in de gebouwriolering zijn en de grootste uitdaging om dat goed en verantwoord uit te voeren. Verder is het belangrijk dat de afvoer van de wc zo veel mogelijk benedenstrooms van de overige lozingspunten wordt aangesloten zodat het spoelvolume klein kan zijn. Ook hier ligt een uitdaging om een toiletpot en spoelsysteem te ontwerpen dat niet wordt afgesloten met een waterslot en alleen water gebruikt om de pot schoon te spoelen. In de huidige vacuümsystemen kan hiervoor inspiratie worden gevonden. Dit vergt een andere benadering van het ontwerp van de gebouwriolering. Onderzocht moet worden of er voldoende vaak water bovenstrooms van de wc wordt afgevoerd om het zwarte water goed af te voeren. Hierbij kan Simdeum in combinatie met een hydraulisch model van een gebouwriolering soelaas bieden.

Lozing op het oppervlaktewater

Het water van de buitenkraan en de 'tweede golf' (het licht grijze water) van de douche worden op het grondwater of oppervlaktewater geloosd, ca. 100 liter per huishouden per dag. Dit betekent vanaf de douche een extra afvoerleiding in de gebouwriolering. Er moet veel aandacht worden besteed aan het voorkomen van lozing van ander huishoudelijk afvalwater dan dit licht grijze douchwater op het oppervlaktewater.

■ TESTEN EN PROBEREN

Simdeum geeft een goede indruk van de hydraulische omstandigheden in de riolering en het is ook aannemelijk dat het meer geconcentreerde water zich blijft gedragen als water. Het rioolwater is echter diverser van samenstelling dan we met modellen kunnen 'vangen'. Tijdens een voorlichtingsbijeenkomst over de werking van het riool werd gesteld: "Ik spoel nooit vet of soep door het riool, dat doe ik altijd netjes in de toiletpot." De beste manier om het nieuwe concept te testen is door proefinstallaties te bouwen, maar vooral door praktijkproeven uit te voeren. Op diverse locaties zullen in de komende tijd proefprojecten worden opgezet om deze technieken in een

praktijksituatie te kunnen testen. Daar zijn alle betrokkenen voor nodig: waterleidingbedrijf, installateurs en ontwikkelaars van sanitaire apparaten. En natuurlijk wetenschappers, maar dat zal duidelijk zijn als u naar de auteurs van dit verhaal kijkt.

■ REFERENTIES

1. Blokker, E.J.M., Vreeburg, J.H.G., Beyond smart cities: de drinkwatervraag in de toekomst, in TVVL Magazine 2017-01 p. 8-11
2. van Thiel, L., Watergebruik thuis 2013. 2014, Amsterdam: TNS NIPO.
3. Moerman, A., Blokker, E.J.M., Slingerland, E.M., Van der Blom, E., Inzicht in efficiëntie van warmtapwaterbereider, in TVVL Magazine 2015-9 p. 36-39.



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



Dr.ir. J.H.G. (Jan) Vreeburg