

# Toekomstige toepassingen van SIMDEUM

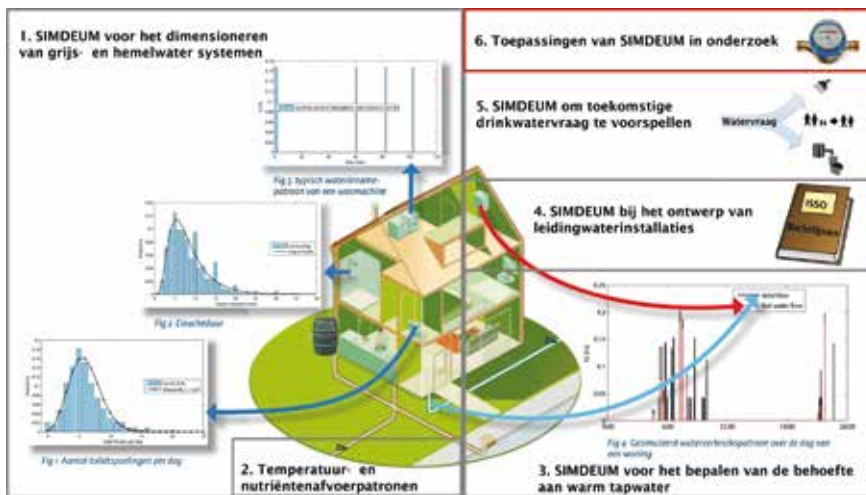
Stel dat je van honderden woningen, kantoren en hotels metingen van het waterverbruik beschikbaar zou hebben voor alle tappunten, op alle momenten van de dag, inclusief informatie over de temperatuur van het water wat zou je daar dan allemaal mee kunnen? Op deze vraag zijn veel antwoorden te geven, waarbij de rode draad zou zijn dat dergelijke meetdata ontzettend waardevol is. Het daadwerkelijk opzetten van een meetprogramma om deze meetdata te genereren zou echter praktisch onuitvoerbaar en veel te duur zijn. Gelukkig is er sinds ongeveer 10 jaar een techniek om zo'n uitgebreide set aan (virtuele) meetdata te creëren: deze techniek heet SIMDEUM. SIMDEUM heeft al veel toepassingen mogelijk gemaakt, maar er zijn nog veel toepassingen denkbaar. Als afsluiting in de reeks artikelen over SIMDEUM hierbij – ter inspiratie – een artikel over toepassingen van SIMDEUM, die nog niet gerealiseerd zijn.

Dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker, Principal Scientist – KWR;  
ir. A. (Andreas) Moerman, Onderzoeker – KWR

SIMDEUM is een softwaretool, waarmee drinkwaterverbruik op een 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 diverse 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 dit afsluitende artikel in een serie van 6 gaan we in op de toepassing van SIMDEUM in onderzoek.

Het gebruik van SIMDEUM in het onderzoek aan drinkwaterleidingnetten heeft al tot veel toepassingen geleid [1], zoals het bepalen van maximale volumestromen in het leidingnet voor het dimensioneren van de leidingdiameters en de bepaling van volumestromen over de dag in het leidingnet om de verblijftijd goed te kunnen bepalen. Deze beide toepassingen dragen ook bij aan onderzoek naar de (verandering van de) waterkwaliteit in het leidingnet onder invloed van de hydraulica. Met SIMDEUM is het namelijk mogelijk om te bepalen welke omstandigheden (stroomsnel-



Figuur 1. Overzicht van de applicaties van SIMDEUM.

heden, stroomomkeringen, stilstaand water, etc.) optreden en dus een invloed gehad kunnen hebben op de gemeten waterkwaliteit. De inzet van SIMDEUM is dan ook erg nuttig om goede meetlocaties in het drinkwaterleidingnet te identificeren [1]. Verder is SIMDEUM gebruikt om een inschatting te maken van de watervraag bij verschillende toekomstscenario's van normaal waterverbruik [1, 2], in het geval de druk in het leidingnet vermindert [3] of de elektriciteit gedurende 10 dagen uitvalt [4].

Ook in de leidingwaterinstallatie heeft SIMDEUM al vele toepassingen, zoals het bepalen van rekenregels voor het ontwerp van utiliteitsbouw en woongebouwen [5, 6], evalueren van warmtapwaterbereiders [7], afwegen van vraag- en aanbod van grijs- en hemelwater [8], het beoordelen van drukverhogingssystemen in woongebouwen. SIMDEUM is ook ingezet om een proefopstelling van een leidingwaterinstallatie te voorzien van echte verbruikspatronen, waarmee de invloed van verschillende installatieontwerpen op de waterkwaliteit in de installatie is gemeten [9, 10]. Ook is er reeds nagedacht over de toepassing van SIMDEUM in het ontwerp van nieuwe concepten voor de (gebouw)riolering [11]. Naar verwachting is de reeks van toepassingen nog lang niet uitgeput, en in dit artikel willen we een aantal toepassingen aanstippen die nog niet gerealiseerd zijn.

## ONTWERPREGELS VOOR DE TOEKOMST

SIMDEUM is toegepast om voor een aantal standaard typen gebouwen (woontorens, hotels, kantoren en zorginstellingen) rekenregels te ontwikkelen. De rekenregels betreffen het maximale momentane verbruik van koud en warm water (per seconde), en

om het maximale volume warm water per 10 minuten, 1 uur, 2 uur, en 1 dag [5]. Het is goed denkbaar dat met de verandering van apparatuur (nog zuiniger toiletten bijvoorbeeld), en van gebruikers (bijvoorbeeld meer flexibele uren op kantoor) de bestaande rekenregels af en toe tegen het licht gehouden moeten worden en een update ondergaan op basis van de nieuwste ontwikkelingen.

De op basis van SIMDEUM ontwikkelde rekenregels worden nu in de praktijk toegepast. Er is gebleken dat de rekenregels niet alle situaties afdekken, wat heeft geleid tot de behoefte aan enige uitbreiding. Voor woongebouwen kunnen de rekenregels worden gebruikt tot aan het appartement, en per woongebouw is per soort appartement (gerelateerd aan bewoners/installatie) het aantal in te vullen. Bij hotels, kantoren en zorginstellingen gaan de rekenregels tot  $n=20$  (respectievelijk aantal kamers, werknemers en bedden) en is (vaak) niet een uitsplitsing in bewoners en installatie te maken. Vanuit de ontwerppraktijk blijkt er behoefte aan (1) een aantal extra type woongebouwen en (2) meer mogelijkheden om installaties voor de utiliteitsbouw verder te detailleren. Tijdens een voorstudie is vastgesteld dat er behoefte is aan rekenregels voor een extra set aan de volgende standaard situaties:

- Woongebouwen: studentenwoningen en hostels (kamers op een gang, gezamenlijke douche);
  - Hotels: van  $n=20$  naar  $n=1$  (alleen kamers) en tevens variatie in tappunten per hotelkamer.
  - Kantoorgebouwen: in plaats van aantal medewerkers aantal wc's en urinoirs opgeven.
  - Zorginstellingen: flexibiliteit in het invoeren van het soort zorg (wasbeurten) van cliënten.
- De huidige ontwerpregels gaan vooral uit van

ongehinderd verbruik van water, dat voor een heel groot deel wordt bepaald door gedrag van gebruikers. Bovendien wordt gerekend met gangbare waterverbruikende apparatuur. Er is nog geen standaard gedefinieerd voor een duurzaam ontwerp, waarbij geen drinkwater wordt verspild, er minder afvalwater wordt afgevoerd [11, 12], er zo min mogelijk energie nodig is voor de bereiding van warm tapwater en er zo min mogelijk materiaal nodig is voor het leidingwerk. Dit duurzame ontwerp wordt voor een groot deel bepaald door de installatie, maar ook de consument heeft een invloed. Ontwerpeisen om tot een dergelijk duurzaam totaalconcept te komen zijn er nog niet. Om hiertoe te komen kan – wat betreft de installatie – gebruik gemaakt worden van SIMDEUM. In de toekomst zal er mogelijk ook meer behoefte komen aan ontwerpregels voor afvoerleidingen en dimensionering van grijswater/regentanks. Ook op dit vlak is SIMDEUM de sleutel voor een goed ontwerp voor allereerste (woon)situaties.

## ONTWERPREGELS VOOR SPECIALE TOEPASSINGEN

Op dit moment zijn er ontwerpregels beschikbaar voor een aantal standaardsituaties van woningen, hotels, kantoren. SIMDEUM kan ook worden ingezet om unieke installaties te ontwerpen, zoals voor een nieuw ziekenhuis, een cruiseschip, een boorplatform of welke unieke toepassing dan ook. Zodra we redelijkerwijs kunnen inschatten welke waterverbruikende apparaten geïnstalleerd (kunnen) worden en hoeveel daar gebruik van gemaakt zal worden, kan met behulp van SIMDEUM een simulatie worden gedaan voor allerlei mogelijke situaties en kunnen leidingen en voorraadvaten worden ontworpen waarmee een robuust systeem kan worden gerealiseerd waarbij ongewenste overdimensionering voorkomen wordt.

Deze gedachtegang betekent ook dat we SIMDEUM kunnen uitbreiden met de watervraag voor varkens of planten, afhankelijk van hun leeftijd en voederpatroon, respectievelijk de tijd van verlichting en  $CO_2$ -toevoer om optimale varkensstallen en plantenkassen te kunnen ontwerpen. Varkens krijgen vaak medicatie toegediend via het drinkwater. Voor varkenshouders is het belangrijk dat de varkens in het eerste hok niet te veel medicatie krijgen en de varkens in het laatste hok niet te weinig. De hoge temperatuur in kassen zorgt voor veel verdamping; water dat niet nuttig gebruikt kan worden door de planten. Een betere afstemming tussen licht, temperatuur en watertoevoer kan mogelijk leiden tot minder energiekosten en minder waterverspilling.

## ■ DE WAARDE VAN DRINKWATER

Het leveren van drinkwater met een goede waterkwaliteit, 24 uur per dag lijkt in Nederland vanzelfsprekend. In het buitenland is dat veel minder het geval; niet alleen is het gechloorde water minder lekker, maar ook wordt er soms enkele dagen geen water geleverd. Ook in Europa komt dit voor, en de verwachting is dat dergelijke onderbroken leveringen in de toekomst vaker gaan voorkomen.

In Nederland is er slechts af en toe een leveringsonderbreking, wanneer het waterbedrijf onderhoud aan zijn net uitvoert, en in uitzonderlijke gevallen wordt er ook een kookadvies gegeven. Om te bepalen hoeveel geld we als publieke sector willen uit geven om leveringsonderbrekingen te beperken, is het noodzakelijk om leveringsonderbrekingen te monetariseren en zo de waarde te bepalen van de levering van drinkwater.

De waarde van drinkwater hangt sterk samen met de toepassing: de meeste mensen zullen niet wakker liggen, wanneer zij één dag niet douchen en zullen het geen onoverkomelijk probleem vinden om voor een paar dagen drinkwater voor consumptie en koken in de supermarkt te kopen. Wanneer echter het toilet een aantal uren niet doorgetrokken kan worden, dan wordt het snel onaangenaam. Omdat SIMDEUM veel inzicht geeft in de verschillende toepassingen van drinkwater (niet alleen hoeveel, maar ook wanneer en waar) kan SIMDEUM een hulpmiddel zijn om de waarde van een leveringsonderbreking te bepalen. Daarmee kan een drinkwaterbedrijf bepalen of het op bepaalde momenten op

de dag liever geen werkzaamheden uitvoert, of kan het door de druk in het leidingnet te verlagen zorgen dat er minder water verbruikt wordt, terwijl bijvoorbeeld de toiletspoeling wel mogelijk blijft.

## ■ LEGIONELLA

Om het risico op besmetting met Legionella Pneumophila te beperken zijn allerlei maatregelen gedefinieerd. Deze variëren van het beperken van leidinginhoud tot het regelmatig doorspoelen van leidingen, van het voorkomen van opwarming van koudwaterleidingen tot het thermisch desinfecteren van leidingen met hoge temperaturen en het gebruik van alternatieve desinfectiemethoden.

Legionella Pneumophila vormt een probleem, wanneer er sprake is van inhalatie van besmette aerosolen die bijvoorbeeld tijdens het douchen vrijkomen. Met de combinatie van een temperatuurmodel [10, 13] en SIMDEUM kan het optreden van ongunstige condities in koudwaterleidingen bij normaal gebruik van de installatie worden voorspeld, en kan het ontwerp van de installatie worden geoptimaliseerd om de kans op groei van Legionellakolonies te minimaliseren.

## ■ BEÏNVLOEDEN VAN WATERVERBRUIK

Drinkwater is in Nederland op elk moment beschikbaar en van goede kwaliteit. Maar welke opties zijn er wanneer dat niet het geval is? Is het mogelijk om de consument te beïnvloeden om minder water te verbruiken, water te gebruiken op een ander moment van de dag of alleen voor bepaalde toepassingen water

te gebruiken? Met behulp van SIMDEUM kan onderzocht worden wat het effect is wanneer het inderdaad mogelijk is om de klant te beïnvloeden; en daarmee kan SIMDEUM helpen om te bepalen welke maatregelen al dan niet effectief zijn om het waterverbruik tijdelijk te verminderen.

Onderzoek naar beïnvloeding van het waterverbruik (gedrag) is uiteraard van een heel andere aard. Mogelijk kan het waterverbruik makkelijker beïnvloed worden als de klant informatie krijgt over het effect van zijn acties. Daarin zou SIMDEUM mogelijk nog een rol kunnen spelen door te simuleren wat er gebeurt zonder en met de aanpassing van het waterverbruik.

## ■ MEER DETAIL IN HYDRAULISCHE MODELLEN

Drinkwaterbedrijven gebruiken software om hun leidingnetten hydraulisch door te rekenen. Dat betekent dat op basis van de drinkwatervraag en de verbindingen met het drinkwaterproductiestation, dat wil zeggen: het leidingnet met verschillende leidingdiameters en -materialen, bepaald wordt door welke leiding hoeveel water stroomt en met welke druk het de klant bereikt. Voordat rekenkracht van computers volop beschikbaar was kon alleen voor een paar leidingen tegelijk zo'n berekening worden gedaan, en men berekende dus alleen de grootste transportleidingen in de situatie van kritische drinkwatervraag. Tegenwoordig kan gemakkelijk een leidingnet van een gehele provincie worden doorgerekend, inclusief de leidingen in de straat. De huidige modellen bevatten een hoge mate van detail in de vorm van het leidingnet en de exacte locatie van het waterverbruik in het net. Echter wordt er nog altijd gerekend met een grove schatting van de drinkwatervraag per kwartier op basis van metingen op de productielocatie ("top-down"). SIMDEUM kan informatie leveren om ook veel meer detail in de drinkwatervraag in leidingnetmodellen te brengen, d.w.z. een kortere tijdschaal (bijvoorbeeld 1 minuut) en voor ieder adres een ander patroon dat afhankelijk is van het type verbruiker (huishouden, kantoor, winkel, etc.) ("bottom-up") [14]. Dit maakt het mogelijk voor drinkwaterbedrijven om hun netwerken beter te dimensioneren, zelfreinigend te ontwerpen, het water van verschillende bronnen beter te volgen tot aan de tap, incidentele verontreinigingen (bijvoorbeeld bij werkzaamheden) te volgen en minimale maar adequate ingrepen te verrichten.

## ■ OPSPOREN VAN LEKKEN

In Nederland wordt bijna al het geprodu-



*SIMDEUM is uit te breiden met de watervraag voor varkens, afhankelijk van hun leeftijd en voederpatroon.*

ceerde drinkwater ook bij de klant afgeleverd. Het deel dat niet bij de klant uit de kraan komt, bestaat uit (1) productieverliezen (bijv. terugspoelen van filters), (2) extra verbruik tijdens onderhoud (bijv. vanwege spuien van leidingnetten) en (3) een klein deel dat wegloopt uit leidingen met een verminderde conditie. In het buitenland is dit zogenaamde lekverlies vaak veel groter, maar ook dan is het nog niet eenvoudig om de hoeveelheid die wegloopt of de locatie van de lekkages te bepalen. Een methodiek die vaak gebruikt wordt, is het vergelijken van het gemeten verbruik van bijvoorbeeld een wijk of een stad met een referentie, waarbij het verschil verklaard wordt door lekverliezen. De referentie wordt meestal gevonden in historische metingen, maar onbekend is of in die referentiemetingen reeds lekken optraden en of er sinds de referentiemetingen andere zaken zijn veranderd, zoals een verandering in aantal of type verbruikers. SIMDEUM kan ingezet worden om een referentieverbruik te construeren. Daarbij kan alle informatie van type en aantal afnemers worden ingevoerd in een lekvrije situatie. Wanneer ook de invloed op het waterverbruik van het weer en van de dag van de week, inclusief allerlei feestdagen van nieuwjaarsdag tot koningsdag tot kerstmis, goed bekend zijn kan SIMDEUM nog beter een lekvrije referentie voor een specifieke meetdag produceren. Op moment van schrijven loopt er een onderzoek waarin de relatie tussen het waterverbruik, seizoenen en feestdagen onderzocht wordt. Een andere manier om lekverliezen te loka-

liseren - dat wil zeggen: bepalen of er water wegloopt in een woning, in een straat, of in een grotere toevoerleiding - is door met behulp van een dicht netwerk van sensoren dat continu druk en volumestromen meet of er een onverkleerde verandering optreedt. Een dergelijk sensornetwerk kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd door op de plaats van de watermeter een drukmeter toe te voegen, de meterstand met hoge frequentie uit te lezen, deze centraal op te slaan en te analyseren. Voordat een investering in zo'n dicht sensornetwerk wordt gedaan, kan met behulp van hydraulische modellen, SIMDEUM en gesimuleerde lekken bepaald worden of sensoren dan noodzakelijk zijn. Ook kan worden bepaald waar deze sensoren het beste geplaatst kunnen worden, hoe vaak ze uitgelezen moeten worden en met welke analysemethodiek het snelst of het meest nauwkeurig een lek kan worden opgespoord.

### ■ VINGERAFDRUK VAN HET LEIDINGNET

In modellen wordt de werkelijkheid vereenvoudigd weergegeven. Dat betekent bijvoorbeeld voor het rekenen aan waterleidingen dat meestal wordt verondersteld dat water onsaamendrukbaar is en leidingen niet van vorm veranderen. In de werkelijkheid kloppen deze veronderstellingen niet en wanneer ergens een klep te snel gedraaid wordt en er drukgolven ontstaan. Wanneer het over grote kleppen gaat, kunnen dergelijke drukgolven leiden tot schade aan de infrastructuur. Wanneer het

over een kraan in de drinkwaterinstallatie gaat is het effect (de drukgolf) beperkt. Dit hangt onder andere af van het watervolume dat tot stilstand komt.

Toch zijn die kleine drukgolven wel meetbaar, en door het herhaalbare karakter van verschillende soorten verbruiken in een leidingnet is het mogelijk om op basis daarvan een soort "vingerafdruk" van het leidingnet plus zijn waterverbruikers te maken. Het is de verwachting dat die vingerafdruk gebruikt kan worden om allerlei afwijkingen te detecteren, waar het drinkwaterbedrijf zijn voordeel mee kan doen. SIMDEUM kan gebruikt worden om deze hypothese eerst modelmatig te toetsen, alvorens daadwerkelijk metingen in het leidingnet uitgevoerd worden.

### ■ DE TOEKOMST VAN SIMDEUM

In het afgelopen jaar hebben we in een aantal artikelen beschreven wat SIMDEUM is, hoe het werkt, en welke toepassingen SIMDEUM al mogelijk heeft gemaakt [2, 6-8, 11]. Daarnaast voorzien we in de nabije toekomst nog verscheidene toepassingen, waarvan er in dit artikel ter inspiratie een aantal aangestipt zijn. Wij dagen studenten uit om bij hun onderzoeksprojecten niet alleen te vertrouwen op de beperkte meetdataset die ze tijdens hun project kunnen verzamelen, maar ook gebruik te maken van de mogelijkheden die SIMDEUM biedt. Wij dagen ontwerpers uit om niet standaard terug te vallen op de  $q\sqrt{n}$ -methode, maar te bedenken of ze met een betere inschatting van het waterverbruik een installatie kunnen bouwen die energiezuiniger is zonder op comfort te hoeven inboeten, en daarbij de hulp van SIMDEUM in te roepen. En we dagen alle lezers uit om nog meer ideeën voor mogelijke toepassingen van SIMDEUM te bedenken.

### ■ REFERENTIES

- [1] Blokker, E.J.M., C. Agudelo-Vera, A. Moerman, P. van Thienen, and E.J. Pieterse-Quirijns, Review of applications for SIMDEUM, a stochastic drinking water demand model with a small temporal and spatial scale. *Drinking Water Engineering and Science*, 2017. 10(1): p. 1-12.
- [2] Agudelo-Vera, C.M. and E.J.M. Blokker, Bepaling toekomstige drinwatervraag met Simdeum, in *TVVL Magazine* 2017.
- [3] Agudelo-Vera, C.M. and G.A.M. Mesman, Invloed van druk op verbruik, beschouwing op basis van SIMDEUM. 2017, Nieuwegein: KWR. KWR 2017.025
- [4] Agudelo-Vera, C.M., G. Mesman, E.J.M. Blokker, and E. Adamse, Drinkwaterverbruik tijdens een groot-



Een dicht netwerk van sensoren dat continu druk en volumestromen meet of er een onverkleerde verandering optreedt, kan helpen om lekverliezen te voorkomen. Foto: Maarten Sprangh



*Kleine drukgolven zijn meetbaar, en door het herhaalbare karakter van verschillende soorten verbruiken in een leidingnet is het mogelijk om op basis daarvan een soort "vingerafdruk" van het leidingnet plus zijn waterverbruikers te maken.*

- schalige en langdurige elektriciteitsuitval., in H2O-Online2017.
- [5] ISSO-kontaktgroep, ISSO-Publicatie 55 Leidingwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen. herziene versie 2013, 2e druk 2015 ed. 2015, Rotterdam: Stichting ISSO.

- [6] Moerman, A. and E.J.M. Blokker, Betere dimensionering van leidingwaterinstallaties, in TVVL Magazine 2017. p. 36-39.
- [7] Moerman, A. and E.J.M. Blokker, Inzicht in efficiëntie van warmtapwaterbereiding. Voor diversiteit aan huishoudens, in TVVL Magazine 2017. p. 22-25.
- [8] Agudela-Vera, C.M. and E.J.M. Blokker, Ontwerp van grijs- en hemelwatersystemen met Simdeum, in TVVL Magazine2017. p. 34-37.
- [9] Zlatanovic, L., Fire sprinklers and water quality in domestic drinking water systems, 2017, Delft University of Technology.
- [10] Zlatanovic, L., A. Moerman, J.P. van der Hoek, J. Vreeburg, and M. Blokker, Development and validation of a drinking water temperature model in domestic drinking water supply systems. Urban Water Journal, 2017: p. 1-7.
- [11] Blokker, E.J.M. and J.H.G. Vreeburg, Virtueel ontwerpen van de gebouwriolering met Simdeum, in TVVL Magazine2017. p. 28-31.
- [12] Blokker, E.J.M. and J.H.G. Vreeburg, Beyond smart cities: de drinkwatervraag in de toekomst, in TVVL Magazine2017. p. 8-11.
- [13] Blokker, E.J.M., A. Moerman, and C.M. Agudela-Vera, Drinkwatertemperatuur, bedreigingen en kansen, in TVVL Magazine2017. p. 16-18.
- [14] Blokker, E.J.M., R. de Groot, M. Klein Arfman, and M. van der Roer, Toekomst van leidingnetmodellieren. 2009, Nieuwegein: KWR.

## Gebouwautomatisering laat u over aan professionals!



Regeltechniekspecialist: ✓ Nieuwbouw ✓ Renovatie ✓ Troubleshooting ✓ Onderhoud ✓ Verduurzaming



Professionals in engineering, gebouwautomatisering en inbedrijfstelling

Kijk op: [www.regeltechniek-nederland.nl](http://www.regeltechniek-nederland.nl) of bel direct: **0318 - 55 21 91**