

## **Real time kwaliteitgestuurde drinkwaterbereiding met SLIMM**

*Frank Schoonenberg, Rein Wuestman (Vitens), Jasper Wuister, Hans van der Kolk (Royal HaskoningDHV)*

De kwaliteit en betrouwbaarheid van het drinkwater is het toetsingscriterium voor de waterleidingbedrijven. Paradoxaal genoeg wordt dit toetsingscriterium niet of nauwelijks gebruikt voor de processturing van waterzuiveringen. SLIMM (Self Learning Integrated Model-based Management) heeft technieken met soft sensoren ontwikkeld waarmee bij drinkwaterbereiding kosteneffectief en *real time* op kwaliteit gestuurd kan worden. De procesdata die de sensoren registreren worden bewerkt via een model. De uitkomsten van deze bewerking worden overzichtelijk gepresenteerd op een dashboard. Ook dit dashboard is gerealiseerd in het kader van het SLIMM-project.

De huidige praktijk is dat, afgezien van enkele eenvoudige online metingen met sensoren – zoals voor pH, EGV en troebelheid – de drinkwaterzuiveringen met een frequentie van hooguit één keer per maand bemonsterd en geanalyseerd worden. Dit geeft een vertraagd inzicht en betreft slechts momentopnames. Om de drinkwaterproductie effectief, betaalbaar en *real time* te kunnen sturen op kwaliteit is andere technologie nodig.

De resultaten van het SLIMM-onderzoek zijn te verdelen in drie domeinen:

- Meten: het verkrijgen van betrouwbare procesdata die essentieel zijn voor een goede besturing.
- Modelleren: op grond van de procesdata en de proceskennis worden de feitelijke processen gemodelleerd – zonder goed model geen goed begrip van het proces en dus geen goed ontwerp van regeling.
- Presenteren: het weergeven van de soft-sensor kwaliteitsmetingen op een gebruikersvriendelijk operationeel dashboard, zodat de operator het zuiveringsproces beter en kosteneffectiever kan beheren.

Deze drie domeinen worden hieronder eerst kort toegelicht. Vervolgens worden significante besparingen en operationele voordelen vastgesteld.

### **Metten**

Voor het SLIMM-project is een volledig mobiele meetopstelling ontwikkeld die een veelheid aan waterkwaliteitsparameters kan meten. Bij de pilot op de Vitens productielocatie Oldeholtspade in Friesland is geïnventariseerd van welke parameters meting wenselijk is. Voor de grootheden die in de praktijk goed en praktisch online te meten zijn, zijn sensoren aangeschaft waarmee, als onderdeel van de pilot, is gemeten. Afbeelding 1 toont deze zogenaamde SLIMM-box. Met de SLIMM-box is vastgesteld wat per zuivering de minimale benodigde set aan sensoren is om de zuivering in combinatie met soft sensoren en modellen op kwaliteit te kunnen sturen.



**Afbeelding 1. SLIMM-box opstelling op de Vitens productielocatie Oldeholtgade in Friesland**

### **Modelleren**

*Black Box:* Deze wijze van modelleren werkt 'data driven' ofwel: op basis van gemeten procesdata. Daarbij zijn multiple regressie- en chemometrische technieken toegepast. Het toepassen van deze technieken vraagt zowel statistische als procestechnologische kennis en ervaring. Met deze kennis is snel een zeer nauwkeurig model te maken van procesgedrag waarvan voldoende metingen beschikbaar zijn. Met afwijkingen tussen de 1 en 5% zijn de modellen goed in staat het optredende procesgedrag *real time* te voorspellen.

De 'data driven' modellen zoals die binnen SLIMM voor Oldeholtgade zijn ontwikkeld, zijn niet generiek gebleken. Ze zijn uitsluitend van toepassing op het proces waarvan de data afkomstig zijn en niet op gelijksoortige processen.

*White Box:* Een *white box*-model is gebaseerd op theoretische kennis van het betreffende procesonderdeel. Er zijn *white box*-modellen gemaakt voor de winning, plaatbeluchting, ontzuring en ontharding met de softwaretools Stimela en Phreeqc. Voordeel van de *white box*-modellen is dat ze generiek zijn en via het aanpassen van parameters kunnen worden getuned voor een specifieke zuivering.

*Gray Box:* Bij *gray box*-modellen wordt op grond van de beschikbare procestechnologische kennis een modelstructuur gekozen. Van een dergelijk model wordt op grond van de beschikbare technieken voor parameterschatting en optimalisatie de juiste parameter-'tuning' vastgesteld. Deze techniek is voor Oldeholtgade bij de plaatbeluchting gebruikt en heeft bruikbare modellen opgeleverd die ook generiek toepasbaar zijn.

### **Soft sensoren**

Soft sensoren kunnen online de gang van zaken in het proces berekenen in plaats van de waterkwaliteit zelf te meten. Daardoor leveren ze tegen lagere kosten veel meer gegevens. Ze kunnen dus een alternatief zijn voor complexe, dure en arbeidsintensieve online analyses.

Op basis van de ontwikkelde modellen zijn in het SLIMM-project soft sensoren ontwikkeld voor een groot aantal kwaliteitsparameters (zie tabel 1).

**Tabel 1. Ontwikkelde soft sensoren**

Procesdeel	Kwaliteitsparameters
Winning	pH, EGV, HCO <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> , Ca, Mg, Fe, Mn, CH <sub>4</sub> in ruw water kwaliteit na menging winputten
Plaatbeluchting	verwijderingsrendement CH <sub>4</sub> , vervuiling plaat
Voorfiltratie	Verwijderingsrendement ijzer *, pH effluent *, Troebelheid *
Torenbeluchting	verwijderingsrendement CO <sub>2</sub> , pH effluent *
Ontharding	verwijderingsrendement Ca, pH effluent reactor, fluïde bedhoogte, pellet diameter, afgetapte hoeveelheid pellets

parameter \*: deze soft sensor is gebaseerd op een data driven model en daarmee in de situatie van Oldeholtpade niet generiek

## Presenteren

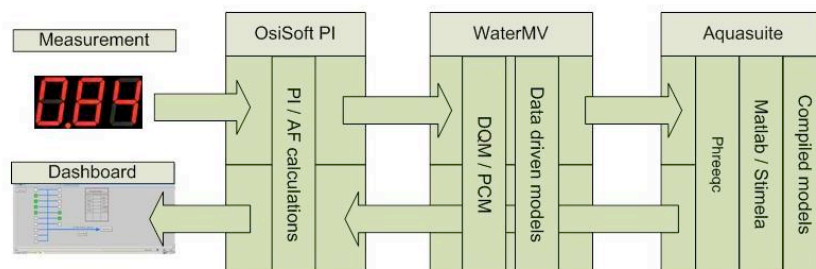
### Ict-platform en infrastructuur

Om de waterkwaliteitsparameters die door de soft sensoren worden gegenereerd te kunnen presenteren, is een dataketen gerealiseerd die uiteindelijk de real-time metingen en de diverse ontwikkelde modellen zo combineert dat een uniek drinkwaterkwaliteitsdashboard is gerealiseerd.

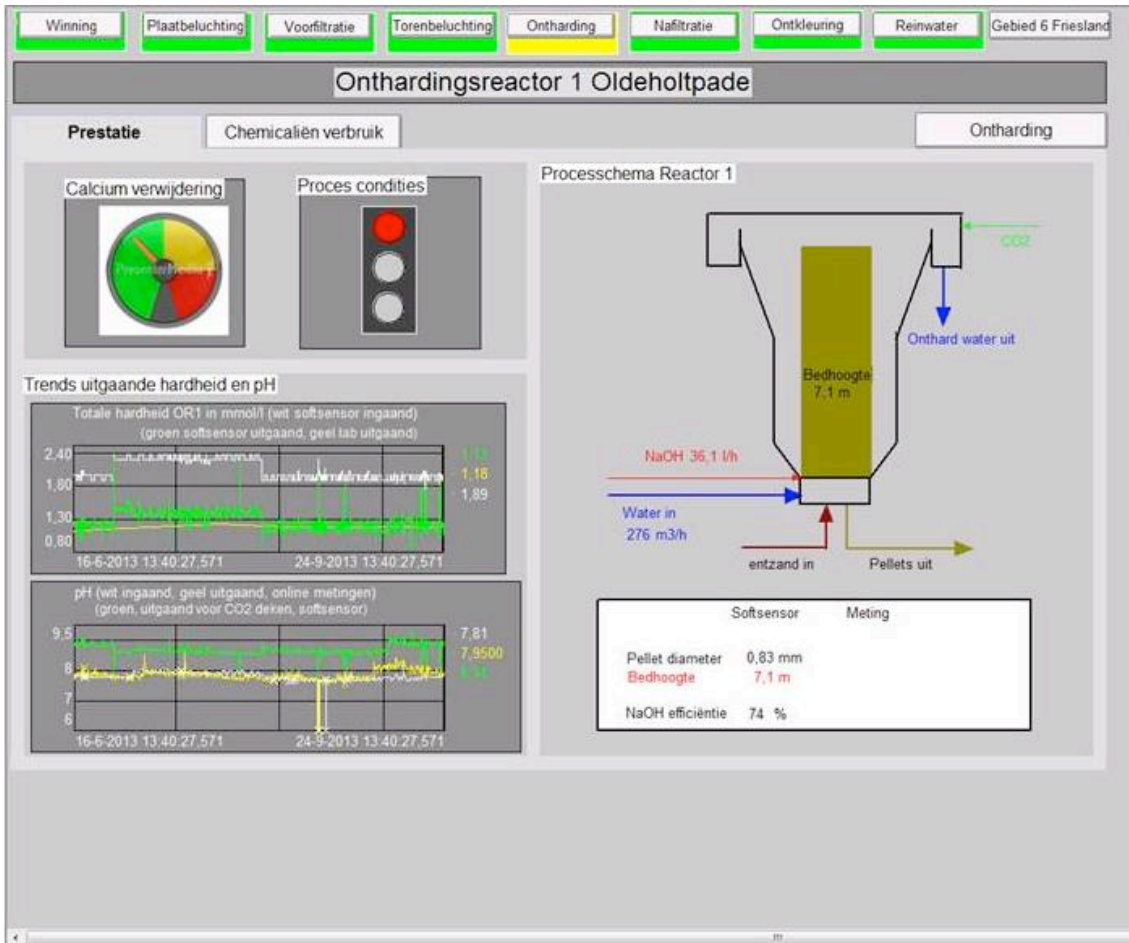
Aangezien de ‘data driven’ modellen vaak niet generiek zijn, zijn ze minder geschikt voor toepassing in regelalgoritmen. Wel zijn ze uitermate geschikt voor het monitoren van de datakwaliteit en de procescondities, zodat snel en betrouwbaar eventuele afwijkingen in metingen of in het proces kunnen worden gesignaleerd. De soft sensor signalen uit de *white box*-modellen zijn geschikt voor gebruik in automatische regelaars. De pelletontharding heeft verreweg de meeste baat bij toepassing van de soft sensor technologie. Daarom is voor dit procesonderdeel ook een zelflerend procesmodel (automatisch regelalgoritme ) ontwikkeld voor processturing.

### Drinkwaterwaterkwaliteit dashboard

Om de procesdata en modelinformatie goed te kunnen gebruiken voor betrouwbare monitoring en regeling is een robuust ict-platform nodig. Ook dit is gerealiseerd in het SLIMM-project. Door het te koppelen met het informatiesysteem van het laboratorium en met de (soft)sensoren kan de bedrijfsvoering *real time* inzicht krijgen in de geleverde drinkwaterkwaliteit en – als dat nodig is – meteen ingrijpen bij procesafwijkingen. Op die manier kan het aantal incidenten waarbij de waterkwaliteit niet voldoet aan de specificaties, sterk worden beperkt.



**Afbeelding 2. Ict-componenten en de data flow**



Afbeelding 3. Prototype van dashboard voor een onthardingsreactor

## Conclusies

### Resultaten onderzoek

Met de intrede van soft sensoren voor de belangrijkste kwaliteitsparameters kunnen de zuiveringsprocessen *real time* worden bewaakt en bestuurd. Soft sensoren kunnen een alternatief zijn voor complexe, dure en arbeidsintensieve on-line analyses. De verkregen informatie kan aan de procesoperator gepresenteerd worden met een dashboard, zodat eerder ingegrepen kan worden bij procesafwijkingen. Tijdig ingrijpen leidt tot het beperken van het aantal incidenten waarbij de waterkwaliteit niet aan de specificaties voldoet. Modellering van de winning – en daarmee van de kwaliteit van het ruwe water – is noodzakelijk om de modellen van de overige procesonderdelen goed te kunnen toepassen. Voor laatbeluchting is snel een *gray box*-model te implementeren en zijn de resultaten van dien aard dat toepassing van dit model al snel interessant is. De pelletontharding heeft verreweg de meeste baat bij toepassing van de soft sensor technologie. Voor het onthardingsproces is veel winst te boeken door additioneel zelflerende processturing toe te passen. Alle ontwikkelde modellen en daarop gebaseerde soft sensoren stellen technologen en operators in staat de processturing handmatig te verbeteren. Voor het onthardingsproces is veel winst te boeken door additioneel zelflerende processturing toe te passen.

### Potentiële besparingen

Behalve inzicht in de kwaliteit levert het SLIMM-concept ook informatie over het energie- en chemicaliënverbruik. Zo kan op Oldeholtgade het natronloogverbruik met 10% verlaagd worden en zijn ook andere besparingen mogelijk (zie tabel 2).

**Tabel 2: Ingeschatte besparingen op Oldeholtgade door toepassing van soft sensoren**

Procesonderdeel	White box	Gray box	Data driven	Duurzaamheidsvoordeel	€uro's
Winning	x			Beter inzicht dus betere beheersing ruwwaterkwaliteit beter	-
Plaatbeluchting		x		10% reductie energiegebruik	2.500
				65% reductie op reiniging platen	1.000
Snelfilters			x	reductie aantal spoelingen	-
Torenbeluchting	x			nihil	1.000
Ontharding	x			10% reductie op looggebruik	10.000
				70% reductie CO2-uitstoot	22.000
				besparing hardheidsmeters	4.500
<b>Totaal</b>					<b>€ 41.000</b>

Oldeholtgade heeft een capaciteit van 4,9 miljoen m3 per jaar. Vitens beschikt over 17 zuiveringen met pelletontharding met een totale capaciteit van 87,5 miljoen m3 per jaar. Als de resultaten op Oldeholtgade representatief zijn voor de andere productielocaties, is de potentiële besparing bij Vitens ruim 700.000 euro per jaar. De kosten voor de implementatie van SLIMM zijn momenteel nog niet nauwkeurig in te schatten, maar liggen bij een centrale implementatie op 17 zuiveringen in een orde van grootte waarbij realistische terugverdientijden verwacht mogen worden van 2 tot 3 jaar, enkel op grond van de harde voordelen als genoemd in tabel 2.

### Overige voordelen

Naast deze kwantificeerbare financiële besparingen zijn ook een aantal zachtere voordelen te benoemen die minstens zo relevant zijn. Zo levert toepassing van de SLIMM-technologie een verbetering van de datakwaliteit en het procesinzicht en vroegtijdige signalering van procesafwijkingen, wat leidt tot een significante verbetering van de procesbeheersing. Daarnaast wordt de bedrijfsvoering minder afhankelijk van laboratoriummetingen en van de beschikbaarheid van technologische ondersteuning, omdat kennis min of meer wordt geborgd door middel van de beschikbare modellen en procesdata van SLIMM. Tot slot resulteert SLIMM in goed toegankelijke en centraal beschikbare hoogwaardige procesinformatie. Dit is een enorm voordeel bij troubleshooting en procesanalyses en het adequaat reageren op incidenten.

*Het onderzoek is uitgevoerd door een consortium bestaande uit Vitens, Yorkshire Water, Royal HaskoningDHV, Perceptive Engineering, Logisticon en TU Delft. In dit consortium is de gehele benodigde kennisketen vertegenwoordigd. Het project is door Agentschap NL financieel ondersteund vanuit het Innowatorprogramma.*