



Smart sensing: Wat willen we meten?

Verslag en beschouwing workshop 12 juni 2012

BTO 2012.018
Januari 2013



Watercycle Research Institute

Smart sensing: Wat willen we meten?

Workshop 12 juni 2012

BTO 2012.018
Januari 2013

© 2012 KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Colofon

Titel

Smart sensing: Wat willen we meten

Opdrachtnummer

B111791

Rapportnummer

BTO 2012.018

Onderzoeksprogramma

Waterdistributie

Projectmanager

Nellie Slaats

Opdrachtgever

BTO

Kwaliteitsborger

Peter van Thienen, Mirjam Blokker

Auteur(s)

Jan Vreeburg, Irene Vloerbergh

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

Inhoud

Inhoud	3
1 Inleiding	5
1.1 Algemeen	5
1.2 Aanpak	5
2 Processen en parameters	7
2.1 Inleiding	7
2.2 Processen	7
2.3 Parameters	9
2.4 Verificatie/interpretatie en modellen	9
2.5 Sturing	10
3 Van incidenten naar sturing	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Fysische processen	13
3.3 Biologische processen	14
3.4 Chemische processen	14
3.5 Samenvatting incidenten en sturing	15
4 Beschouwing	17
4.1 Tijdschalen en sturing	17
4.2 Modelleren	17
4.3 Nauwkeurigheid	18
4.4 Grenzen van sensing	18
4.5 Implementatie van sensoren	18
4.6 Conclusies	18

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Waterbedrijven streven naar beter zicht op de waterkwaliteit tijdens distributie en aan de tap. Daartoe willen waterbedrijven de waterkwaliteit op strategische punten in het leidingnet monitoren. Nu is het nog zo dat slechts op enkele locaties wordt gemeten, niet op alle dagen en dat analyse resultaten pas na enkele dagen beschikbaar zijn. Een toekomstbeeld van waterbedrijven is dat zij een leidingnet beheren waarin zij met sensoren in het net relevante parameters continu meten en resultaten continu analyseren. Indien een ongewenste situatie optreedt, wordt er direct een signaal afgegeven en volgt er actie; de zogenaamde regelkring van ‘smart networks’. Smart networks bieden gebruikers mogelijkheden efficiënter te zijn; de klant kan zijn verbruik beter sturen, het waterbedrijf kan haar productie beter sturen.

De grootschalige plaatsing van sensoren levert drie belangrijke uitdagingen op:

- werken vanuit *informatiebehoefte* voor de waterkwaliteit (*business driven*) in plaats van de beschikbare sensoren (*markt, technology driven*);
- een *betekenisvol beeld genereren* uit een grote hoeveelheid data met voldoende inzicht in de samenhang hierbinnen;
- het in acht nemen van een relevante *tijdschaal* van de regelkring van verschillende parameters.

De relevante tijdschaal van waterkwaliteitsvariaties en het terugkoppelmechanisme (meten-ingrijpen-effect) is in de orde van uren tot weken. Bij incidentele of doelbewuste verontreiniging van het water in het distributienet is de relevante tijdschaal echter (net als bij drukmetingen) veel korter.

In dit rapport wordt ingegaan op de risico's van de aanbodgedreven benadering en de relevante tijdschaal. Het aanbod aan verschillende soorten van sensoren neemt snel toe, vooral van sensoren die in de reguliere bedrijfsvoering kunnen worden ingezet om het proces van het distribueren van veilig en gezond drinkwater te optimaliseren. De vraag “Wat willen we meten” staat centraal tegen de achtergrond van de mogelijkheid tot ingrijpen in het proces. Met andere woorden: de sensoren passen in een regelkring waarbij actief ingrijpen tot een verbetering van het distributieproces kan leiden. De uitdaging van het genereren van een betekenisvol beeld uit de grote hoeveelheid meetdata wordt in een ander deel van het project nader geanalyseerd.

1.2 Aanpak

In het kader van het BTO-project *Sensoren, dataverwerking en integratie – de meetketen beschouwd* heeft KWR een workshop georganiseerd om vast te stellen wat waterbedrijven willen, c.q. moeten weten over de waterkwaliteit in het leidingnet en voor welk aspect (sturing, monitoring). Op basis van een analyse van de relevante processen in een leidingnet en de daarmee samenhangende regelkringen (meten-analyseren-ingrijpen-effect meten) is in een workshop met professionals van de waterbedrijven en waterlaboratoria uit de vakgebieden distributie en waterkwaliteit gediscussieerd over de volledigheid van deze schema's. De uitkomst van deze discussie wordt gepresenteerd in dit rapport samen met de relevante parameters en tijdschalen. Op verdere interpretatie en gevolgen van deze discussie voor implementatie van sensoren bij bedrijven wordt niet verder ingegaan. Deze discussie is bedrijfsspecifiek en wordt bepaald door de doelstellingen en randvoorwaarden die gehanteerd worden. Bijvoorbeeld bij een brede screening van de technische mogelijkheden van sensoren zijn die anders als voor het beheersen van een specifiek aspect zoals troebelheidsbewaking.

Het doel van de workshop is inzicht te krijgen in de processen in het leidingnet die de waterkwaliteit beïnvloeden, welke parameters deze processen beschrijven en welke daarvan wanneer gemeten moeten worden om aan de informatiebehoefte te voldoen.

De volgende vragen komen aan bod:

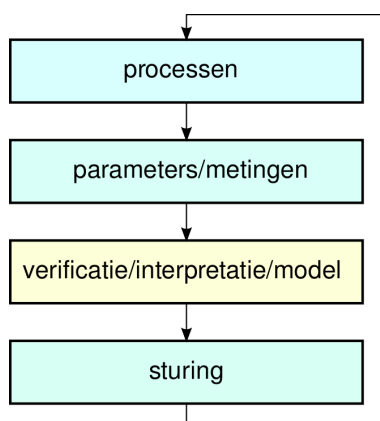
- Welke processen in het distributienet zijn van invloed zijn op de waterkwaliteit?
- Welke tijdschaal is relevant voor deze processen?
- Welke kennis van deze processen is nodig om kwalitatief hoogwaardig drinkwater te kunnen leveren?
- Welke metingen zijn nodig om deze kennis te leveren en hoe nauwkeurig, fijnmazig en frequent moeten deze metingen plaatsvinden?

De workshop heeft in twee ronden plaatsgevonden. In de eerste ronde is op basis van de processen naar de parameters en de sturingsmogelijkheden gekeken. In de tweede ronde is vanuit incidenten gekeken naar relevante parameters en mogelijke sturingen. Door deze combinatie van benaderingen, zowel vanuit de mogelijkheden als vanuit de incidenten, is een zo compleet mogelijk beeld ontstaan van de behoefte aan sensing vanuit het oogpunt van waterkwaliteitsbewaking en -sturing.

2 Processen en parameters

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de processen, relevante parameters en tijdschalen weergegeven zoals die zijn vastgesteld in een workshop met deskundigen uit de bedrijfstak die op 12 juni 2012 is gehouden. Doel is uiteindelijk om de processen en parameters aan een sturing te koppelen zodat er een regelkring ontstaat. De gemeten informatie kan dan gekoppeld worden aan een daadwerkelijk ingrijpen in de processen. In deze reeks is tijdens de workshop een extra stap toegevoegd: de analyse/interpretatie. Deze stap is in de discussie verder uitgebreid met modellering en “analyse” is vertaald naar “verificatie”. Deze stap bepaalt in principe of en welke actie wordt uitgevoerd om de afwijking in het proces bij te sturen. Een schematische weergave van het gehele proces is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Weergave van de regelkring in drinkwaterdistributie.

2.2 Processen

Tijdens het transport en distributie van drinkwater vinden diverse processen plaats in het netwerk die van invloed zijn op de waterkwaliteit. De workshop focust op de processen in het leidingnet, van het hek van het pompstation, aan de drukzijde van de pompen tot aan de tap bij de klant. Er wordt nadrukkelijk gekeken naar de waterkwaliteitsprocessen en niet naar de druk en volumestroomregeling en eventueel lekverlies. Ook wordt niet naar de toestand van de leiding zelf gekeken.

Hoewel onderzoek steeds meer kennis oplevert over de waterkwaliteitsprocessen, zijn er nog veel onduidelijkheden. Om die processen en de gevolgen ervan voor de klant beter te begrijpen is inzicht nodig in de waarden van parameters die de processen beschrijven. Met sensoren kunnen die parameters gemeten worden en kan op basis daarvan een mitigerende actie worden ondernomen: het sluiten van de regelkring. Op dit moment zijn regelkringen nog onvoldoende gesloten, omdat veel informatie die nodig is om te sturen niet altijd voorhanden is. De huidige meetstrategieën zijn gebaseerd op het wettelijk monsterprogramma, incident-monitoring en eventueel gericht (wetenschappelijk) onderzoek. Hoewel deze meetstrategie voldoende informatie oplevert voor de specifieke doelen, is de meetfrequentie en ruimtelijke verdeling te laag of te ad hoc om daadwerkelijk processen in het leidingnet te sturen.

Het gevoel bestaat dat men te weinig controle heeft om tijdig te kunnen sturen. Sensoren zullen in toenemende mate mogelijkheden bieden om ongewenste situaties snel te detecteren en maatregelen te nemen. Hiervoor is het nodig relevante parameters te meten om de juiste sensoren in te kunnen zetten.

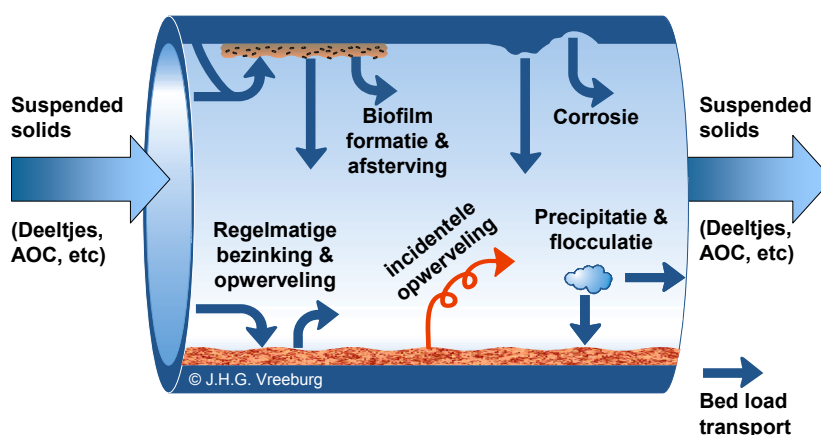
De waterkwaliteitsprocessen in het leidingnet zijn onder te verdelen in drie hoofdgroepen:

- fysisch
- chemisch
- biologisch

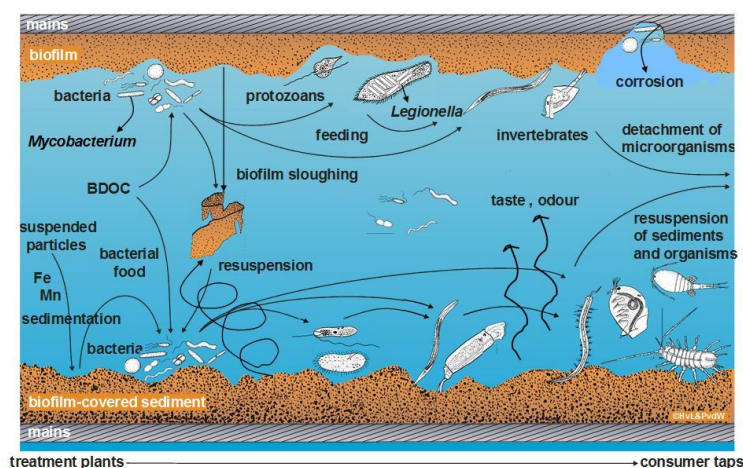
Om de processen te monitoren wordt gebruik gemaakt van parameters die als indicator fungeren voor de waterkwaliteit. Met de deelnemers aan de workshop is vastgesteld

- welke processen gemeten moeten worden om goed zicht te hebben op de waterkwaliteit
- welke parameters de genoemde processen beschrijven
- op welke tijdschaal en locatie gemeten moet worden om tijdig te kunnen sturen
- welke sturing mogelijk en gewenst is

De fysische en biologische processen zijn schematisch weer gegeven in Figuur 2 en Figuur 3. De chemische processen zijn voornamelijk geconcentreerd op de interactie tussen het leidingmateriaal en de waterkwaliteit naast de processen die leiden tot kalkafzetting en nacoagulatie. Permeatie is ook beschouwd als chemisch proces.



Figuur 2 Fysische processen in een leidingnet. Het belangrijkste effect is de incidentele opwerveling die kan leiden tot bruinwaterklachten.



Figuur 3 Biologische processen in een leidingnet. Biofilmvorming met daaraan gerelateerde problemen zijn de belangrijkste processen.

In beide figuren is de rol van de biofilm en sediment in het proces van nagroei aangegeven. De drie processen zijn samengevat in Tabel 1 met daarbij de relevante tijdschaal waarin ze optreden. Een over al de processen heengaan fenomeen is een, al dan niet moedwillige, besmetting van buitenaf. De aard van de besmetting kan zowel fysisch als chemisch of biologisch zijn.

Tabel 1 Samenvatting van de processen met de daarbij behorende tijdschaal.

PROCESSEN			
Tijd	Fysisch	Chemisch	Biologisch
Sec	Opwerveling		
Min		Besmetting (al dan niet moedwillig)	
Uur	Temperatuur Menging Verblijftijd	Uitloging kalkafzetting Corrosie Nacoagulatie Permeatie	Nagroeï
Dag	Accumulatie		
Week			
Maand			Biofilmvorming
Jaar			

2.3 Parameters

De parameters die de processen van Tabel 1 beschrijven zijn samengevat in Tabel 2. De processen die op minutenschaal optreden hebben voornamelijk betrekking op al dan niet moedwillige besmettingen en hebben daardoor veelal een consequentie voor de druk en/of de volumestroom. Vooral afwijkingen daarin duiden op een kortstondige ingreep.

Tabel 2 Samenvatting van de parameters die de processen beschrijven en de relevante tijdschaal

PARAMETERS			
Tijd	Fysisch	Chemisch	Biologisch
Sec	Troebelheid Snelheid		Biologische activiteit
Min		Druk / Volumestroom / Geluid	
	Gas / O ₂ Verdamping		DOC / TDC / UV
Uur	Temperatuur Druk Stroomrichting	Geleidbaarheid pH Troebelheid / deeltjes	ATP / AOC / TCC Verblijftijd Indexparameters (e.coli)
Dag		Klanten / klachten	
Week			
Maand	OPM		BVS
Jaar	OPM		

DOC	:	Dissolved Organic Carbon
TDC	:	Total Dissolved Carbon
UV	:	UV extinctie
ATP	:	Adenosine Tri Phosphate
AOC	:	Assimilable Organic Carbon
TCC	:	Total Cell Concentration
OPM	:	Opwervelingspotentiëmeting
BVS	:	Biofilmvormingssnelheid

2.4 Verificatie/interpretatie en modellen

De parameters die worden genoemd in Tabel 2 geven in feite een zeer lokaal beeld bij de meetpunten van grootheden die gerelateerd zijn aan processen die meestal bekend zijn. Het begrijpen en interprete-

ren van de betekenis van deze metingen voor de situatie op de schaal van het lokale of gehele netwerk vergt nog een extra stap. Deze analyse/interpretatiestap omvat een aantal aspecten:

- Nauwkeurigheid, correctheid en representativiteit van de metingen
 - Eventueel kan het advies c.q. de actie zijn om extra gerichte metingen uit te voeren of monsters te nemen om een beter beeld te krijgen van de situatie. In dat geval is de sensormeting een indicatormeting om verdere analyse te starten
- Onderlinge samenhang van verschillende metingen
 - De combinatie van metingen van één parameter op verschillende locaties en/of de combinatie van metingen van verschillende parameters op meerdere locaties kan nodig zijn om een beeld te vormen van de situatie. Er is dan meer sprake van een meetsysteem dan van individuele sensoren.
- Inschatting van de parameters buiten de meetlocaties.

Voor dit laatste aspect wordt gebruik gemaakt van hydraulische modellen eventueel in combinatie met waterkwaliteitsmodellen. Goed gevalideerde en gekalibreerde modellen kunnen in principe op basis van een beperkt aantal metingen een beeld van de betreffende parameter in een groter deel van het netwerk voorspellen, zowel voor de actuele situatie als voor de komende uren. Dit geeft niet alleen een beeld van eventueel benodigde sturingsmaatregelen, maar kan zelfs gebruikt worden om het effect van verschillende mogelijke sturingsmaatregelen te toetsen, om vervolgens de beste optie in praktijk te brengen. Goede modellen nemen in de gehele regelkring, zoals weergegeven in Figuur 1, een belangrijke positie in. Niet alleen in het proces van interpretatie en validatie zoals hier besproken, maar ook voor het bepalen van de meest efficiënte plaatsing van sensoren in het leidingnet.

2.5 Sturing

In Tabel 3 zijn de mogelijkheden voor sturing samengevat zoals tijdens de workshop geopperd. Sturing op secondenbasis is niet mogelijk, maar er is wel een alarmering mogelijk voor een plotselinge opwerfing. Dit kan de aanleiding zijn voor bruinwaterklachten, maar het duidt ook op een bijzondere stromingssituatie. Naast de gebruikelijke oorzaken hiervoor als leidingbreuken of werkzaamheden kan dit eventueel ook duiden op een andere, al dan niet moedwillige, besmetting van het leidingnet. De meeste sturingen c.q. acties zullen echter pas plaatsvinden na een analyse en eventueel additionele metingen.

Tabel 3 Sturingsmogelijkheden behorend bij de processen en parameters.

STURING				
Tijd	Fysisch	Chemisch	Biologisch	
Sec	Alarmering			
Min				
Uur	Afsluitermanipulatie	Bedrijfsvoering	Bedrijfsvoering	
Dag		Distributie / kelder beheer Kleurstof toedienen		
Week				
Maand	Schoonmaken	Schoonmaken		
Jaar	Herontwerp	Proces aanpassen / herontwerp		

Wellicht opvallend is dat er in de huidige praktijk op minutenbasis geen sturingsmogelijkheid is om op een mogelijke besmetting te reageren. De sturingsmogelijkheden op de kortere termijn, tot een dag, zijn reacties op fenomenen die op dezelfde tijdschaal kunnen worden gemeten. Typisch leidt een vermoeden van besmetting tot extra onderzoek en de reactie kan op uurbasis zijn door afsluiters te manipuleren zodat de besmetting kan worden geïsoleerd en de bedrijfsvoering eventueel aangepast. Op dagbasis kan op een dergelijk incident worden gereageerd door het distributieregime te veranderen om te voorkomen dat ook kelders worden besmet. Als mogelijk redmiddel werd in de workshop ook gesuggereerd om in geval van een gevaarlijke besmetting een kleurstof toe te voegen die in ieder geval consumptie van het water zal voorkomen. Deze creatieve oplossing is echter nog nooit toegepast en zal ook niet snel worden toegepast gezien de grote impact die het kan hebben op het klantenvertrouwen. Voor de volledigheid is

de opmerking wel meegenomen. Een andere suggestie die wellicht sneller kan worden toegepast is een alert via SMS of andere sociale media. Ook dit is echter nog niet praktisch toegepast.

3 Van incidenten naar sturing

3.1 Inleiding

In de workshop is ook “incident-gedreven” geredeneerd: Welke incidenten moeten onderkend kunnen worden en wat zijn de sturingsmogelijkheden die er dan zijn. Voor de verschillende processen is deze benadering nader besproken tijdens de workshop van 12 juni 2012. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de resultaten van de workshop.

3.2 Fysische processen

In tabellen zijn de verschillende antwoorden op de vraag “Wat willen we weten?” nader uitgewerkt.

Tabel 4 Welke fysische incidenten en parameters zijn van belang

Wat willen we weten?	Parameter	Frequentie	Sturing	Opmerkingen
Vervuilingsgraad (mate van sedimentatie) hoeveelheid opwervelbaar sediment	Troebelheid in distributienet	Minuut	Spuien	Meetdichtheid afhankelijk van kwaliteitmodel Analyse: massabalans opstellen (in-out) → soort OPM-getal (OPM ≠ sensor)
Pieken in bedrijfsvoering (suboptimale instellingen)	Troebelheid (of deeltjes) meten in transportleiding en reservoirs na productielocatie	Minuut	Aanpassen Bedrijfsvoering	Zie hierboven
Fysische besmetting (Moedwillig)	Divers; geluid (van pomp of aanboring oid)	Minuut		Moedwillige besmetting is heel lastig te meten en te voorkomen
Fysische besmetting	Druk; troebelheid	Minuut		Drukdaling levert gevaar voor terugheveling. Troebelheid geeft opwerveling weer
De kans op grote kwaliteitsveranderingen door lange verblijftijd	Verblijftijd (model) Patronen in verblijftijd of andere parameters	Minuut	Afsluitermanipulatie (andere doorstroming) herontwerpen Spuien	Belangrijke parameter: verblijftijd
Bron identificeren (back-tracing)	Verblijftijd (model) → stroomsnelheid + richting (model met verificatiemetingen)	Minuut		Belangrijke parameter: verblijftijd
Kans op (micro) biologische problemen (en andere processen) door te hoge temperaturen	Temperatuur; grof verdeeld over leidingnet	Uur	Leiding dieper leggen: Onmogelijk	Sturing is (zeer) lastig tot onmogelijk

Relevante parameters zijn de troebelheid op minutenbasis en de temperatuur. Locaties voor het meten worden vooral bepaald door voorafgaande analyse met behulp van leidingnetmodellen. Een parameter voor de verblijftijd is van belang om processen die daarvan afhankelijk zijn te kunnen volgen. Dit zijn vooral microbiologische processen die bovendien ook nog een temperatuursafhankelijkheid kennen.

3.3 Biologische processen

Voor de biologische processen is de discussie tijdens de workshop uitgewerkt in Tabel 5.

Tabel 5 Welke biologische processen zijn van belang

Wat willen we weten?	Parameter	Frequentie	Sturing	Opmerkingen
Besmetting	Representatief aantal locaties in het net; Ontwikkelen model verspreiding	Uur	Crisisteam paraat Kookadvies procedure Vervolgacties	Parameters zijn moeilijk te definiëren. Wellicht dezelfde als bij fysische besmetting
Nagroeï	AOC; ATP; BVS; TCC; K22°; <i>Legionella</i> ; OBV; pathogenen	Maand	Analyse op basis van model - Aanpassen netwerk - spuien - materiaalkeuze - ontwerp	

De noodzaak sensoren toe te passen voor het meten van biologische processen lijkt laag op basis van de reacties van de workshop deelnemers. Belangrijker is nu de inzet van modellen voor het beter begrijpen van de processen in het net om op basis daarvan meetplannen te verfijnen. De mogelijke sturingsacties zijn voor wat betreft de nagroeï veelal structureel van aard, terwijl de (re)actie op besmetting incidenteel is.

3.4 Chemische processen

Voor de chemische processen is de discussie tijdens de workshop uitgewerkt in Tabel 6.

Tabel 6 Welke chemische processen zijn van belang

Wat willen we weten?	Parameter	Frequentie	Sturing	Opmerkingen
Moedwillige inbrenging			Afsluiten/afspuien	
Organische micro's	BI c.q. UV-spectrum		Kleur reactie of toevoegen (drinkwater verbod)	
Geur-/ smaakklachten		Ad hoc	Analyseren klachten	
Kalkafzetting	pH	Dag	Bedrijfsvoering	Vooraf interessant: meten in menggebieden
Permeatie				

3.5 Samenvatting incidenten en sturing

De discussie in de groepen tijdens de workshop heeft laten zien welke incidenten c.q. processen als belangrijk worden ervaren vanuit het oogpunt van sensing en sturing. Opvallend is dat dit geen extra parameters oplevert, maar wel een afgeleide namelijk de verblijftijd.

Modellering c.q. beter begrijpen van de processen in het leidingnet is een randvoorwaarde die nog niet voldoende is ingevuld om een weloverwogen sensingprogramma op te stellen.

4 Beschouwing

4.1 Tijdschalen en sturing

Het belangrijkste doel van dit deel van het project is om een *business driven* bepaling van de noodzakelijke parameters voor sturing van het distributieproces te verkrijgen. Hiervoor is de benadering gekozen om regelkringen als uitgangspunt te nemen voor de te kiezen parameters. Dit wil zeggen dat een parameter representatief is voor een proces in het leidingnet dat door een sturing is te beïnvloeden. Gekozen is om alleen naar de waterkwaliteitsprocessen te kijken en die in te delen naar fysische, chemische en biologische processen. De sturingsmogelijkheden zijn fysiek en ook in te delen naar een tijdschaal.

De kortste tijdschaal loopt van seconden tot ongeveer een dag. Signalen c.q. afwijkingen die op deze tijdschaal optreden en een actieve sturing behoeven, duiden in de regel op incidenten die een besmetting van het water tot gevolg hebben gehad. Om een goede actie te kunnen ondernemen moet eerst een analyse worden gemaakt van de gemeten parameters. Actie zal zich in eerste instantie richten op het isoleren van het gebied waarin de besmetting is opgetreden om te voorkomen dat deze zich verder verspreidt. De fysieke sturingsmogelijkheid in het leidingnet is dan afsluitermanipulatie waardoor stromingen via een alternatief pad gestuurd kunnen worden of waarmee een incident kan worden 'ingesloten'. Een volgende stap is het aanpassen van het kelderbeheer waardoor zuiveringen anders kunnen worden belast of waarmee kan worden voorkomen dat ook kelders besmet kunnen raken. Een derde aanpassing om consumptie van besmet water te voorkomen is het toevoegen van een kleurstof, zoals in de workshop werd geopperd, het uitbrengen van een kookadvies of een drinkverbod. Vervolgens zullen acties worden ondernomen om de oorzaak van het incident weg te nemen en het leidingnet weer geschikt te maken voor gebruik. Dit gebeurt bijvoorbeeld door actief spuien, eventueel in combinatie met het reinigen van besmette kelders en chloren.

De middellange tijdschaal ligt in de orde van weken tot maanden. De metingen van verschillende parameters zullen ook op deze tijdschaal worden geïnterpreteerd. Inzet van modellen is hierbij van belang om ook de effecten op de rest van het leidingnet, buiten de meetlocaties, te kunnen inschatten. Sturingsmogelijkheden die daarbij horen zijn schoonmaken en aanpassen van de leidingconfiguratie door (her)ontwerp of afsluitermanipulatie. Met name fysische (bruinwater) problemen kunnen hiermee worden aangepakt en wellicht ook biologische voor zover deze zijn gerelateerd aan sediment. Daarnaast zijn de biologische en chemische processen op deze termijn te beïnvloeden door aanpassingen in de bedrijfsvoering van de zuivering te realiseren. Doel daarvan is om de belasting van het leidingnet te verminderen. Eventueel kan dit op langere termijn ook leiden tot een meer fundamentele aanpassing van het leidingnet en/of de zuivering.

De lange tijdschaal ligt in de orde van jaren. Er is geen groot verschil met de acties die kunnen worden genomen op deze tijdschaal als die besproken zijn bij de middellange tijdschaal. Het verschil zit in het karakter van de maatregelen waarbij de maatregelen op middellange termijn een voorloper kunnen zijn voor een meer definitieve oplossing. Afsluitermanipulatie kan een voorloper zijn van een herontwerp en leidingnetvervanging; aanpassingen in de bedrijfsvoering van de zuivering kan de opmaat zijn voor invoeren van nieuwe zuiveringsstappen.

4.2 Modellerings

In de regelkringen die in het distributienet zijn te herkennen, speelt modellering een belangrijk en wellicht cruciale rol, zoals in de workshop werd vastgesteld. Voor het interpreteren van de meetgegevens en het begrijpen van de diverse onderliggende processen is het gebruik van leidingnetmodellen zeer behulpzaam. Voor het testen van de effecten van maatregelen zijn modellen zelfs als onontbeerlijk te beschouwen. Met gekalibreerde modellen op detailniveau, zoals mogelijk is met bijvoorbeeld de SIM-DEUM® vraagpatronen, zijn vele mogelijkheden op hun merites te beoordelen zonder grote experimenten in het leidingnet.

Conclusie is dat een regelkring voor waterkwaliteitsmanagement in het leidingnet in feite niet goed kan werken zonder nauwkeurige leidingnetmodellen.

4.3 Nauwkeurigheid

De benodigde nauwkeurigheid van de metingen is niet expliciet besproken tijdens de workshop. De focus in de workshop was vooral gericht op de pragmatische toepassing in de verschillende regelkringen. De parameters die daarbij relevant zijn, zijn conventioneel van aard (troebelheid, druk, snelheid, pH, etc) waarvoor sensoren met goede nauwkeurigheid beschikbaar zijn.

4.4 Grenzen van sensing

Binnen de *business driven* aanpak is ook gekeken naar de grenzen van de toepassing van sensoren. Of in andere woorden wat is niet wenselijk. In de workshop is er geen behoefte geconstateerd aan een dicht netwerk van sensoren die vele aspecten van de waterkwaliteit meten, naast de parameters die als wenselijk worden aangemerkt. Een belangrijke reden hiervoor is dat voor deze parameters geen duidelijke regelkring is te vinden waardoor een actie kan worden gekoppeld aan het meten van een afwijking. De discussie om op grote schaal bijvoorbeeld slimme watermeters in te zetten voor de controle van de waterkwaliteit is niet aan de orde geweest omdat deze niet te koppelen is aan relevant waterkwaliteitsprocessen c.q. een ingreep in de sturing van het distributieproces.

Een intuïtief gevaar van deze constatering is dat ontwikkelingen van sensoren niet voldoende wordt gestimuleerd en mogelijke goede toepassingen worden gemist. Het blijft dus belangrijk om ontwikkelingen van sensoren te blijven volgen en ook te blijven testen. Het is echter wel goed om de randvoorwaarden van een regelkring mee te blijven nemen in de beoordeling van deze nieuwe ontwikkelingen.

4.5 Implementatie van sensoren

In de benadering die is gekozen zijn sensoren een onderdeel van een regelkring. Door deze regelkring als uitgangspunt te nemen en van daaruit de sensor- c.q. meetbehoefte te bepalen, wordt een relatief beperkt aantal parameters als relevant beschouwd. Of zoals één van de deelnemers het treffend samenvatte: "Het lijkt een handzaam setje parameters te zijn waarmee we het distributieproces kwalitatief kunnen sturen."

De onderzoeksbenadering begint met de stelling dat Meten = Weten. In deze benadering kunnen sensoren worden ontwikkeld en getest. Voor het implementatietraject c.q. het doel van de sensoren, namelijk het sturen van processen om kwaliteit te verbeteren, worden de metingen met modellen gecombineerd. Hierdoor worden de metingen in de context van het gehele systeem gebracht en kunnen de effecten van sturing ook worden beoordeeld. In andere woorden: Meten = Weten in combinatie met Modelleren levert mogelijkheden voor Sturen. Voor een effectieve toepassing hiervan dienen alle vier de elementen ontwikkeld en toegepast te worden. Voor de (nabije) toekomst zal vooral aandacht moeten worden besteed aan de aspecten "Modelleren" en "Sturen" en welke consequenties dat heeft voor de dagelijkse bedrijfsvoering van de zuivering en het leidingnet.

In de inleiding werd gesproken over de risico's van de marktgedreven benadering. Hiermee wordt bedoeld dat er veel sensoren op de markt verschijnen, die echter allen het stuk Meten = Weten bestrijken en niet de gehele cyclus. Bovendien is niet altijd duidelijk bij elke aangeboden sensor welk proces nu precies wordt gevolgd en op welke tijdschaal dat moet gebeuren. Bij iedere sensor is het goed om eerst te bepalen hoe deze bijdraagt aan de cyclus meten-weten-modelleren-sturen.

4.6 Conclusies

De volgende conclusies kunnen uit de resultaten van de discussies tijdens de workshop worden getrokken.

- Vanuit een *business driven* aanpak wordt de informatiebehoefte voor de waterkwaliteit in het leidingnet bepaald door de mogelijkheden van sturing en ingrijpen in het leidingnet
- Op dit moment zijn sturingsmogelijkheden op hele korte tijdschaal (minuten, uren) alarmering, isolatie met afsluiters en eventueel afspuien. Op langere termijn (uren, dagen) ook verdere isolatie door afsluitermanipulatie en aanpassen van de bedrijfsvoering van het pompstation. Op lan-

ge termijn (weken tot jaren) is schoonmaken, herontwerp leidingnet een aanpassen zuivering de sturingsmogelijkheid.

- De tijdschaal waarop parameters in processen veranderen bepalen de meetfrequentie van die parameters.
- Een regelkring voor waterkwaliteitsmanagement in het leidingnet kan niet goed functioneren zonder nauwkeurige leidingnetmodellen
- Bij iedere sensor mogelijkheid dient te worden bepaald hoe deze past in de cyclus meten-weten-modelleren-sturen.

