

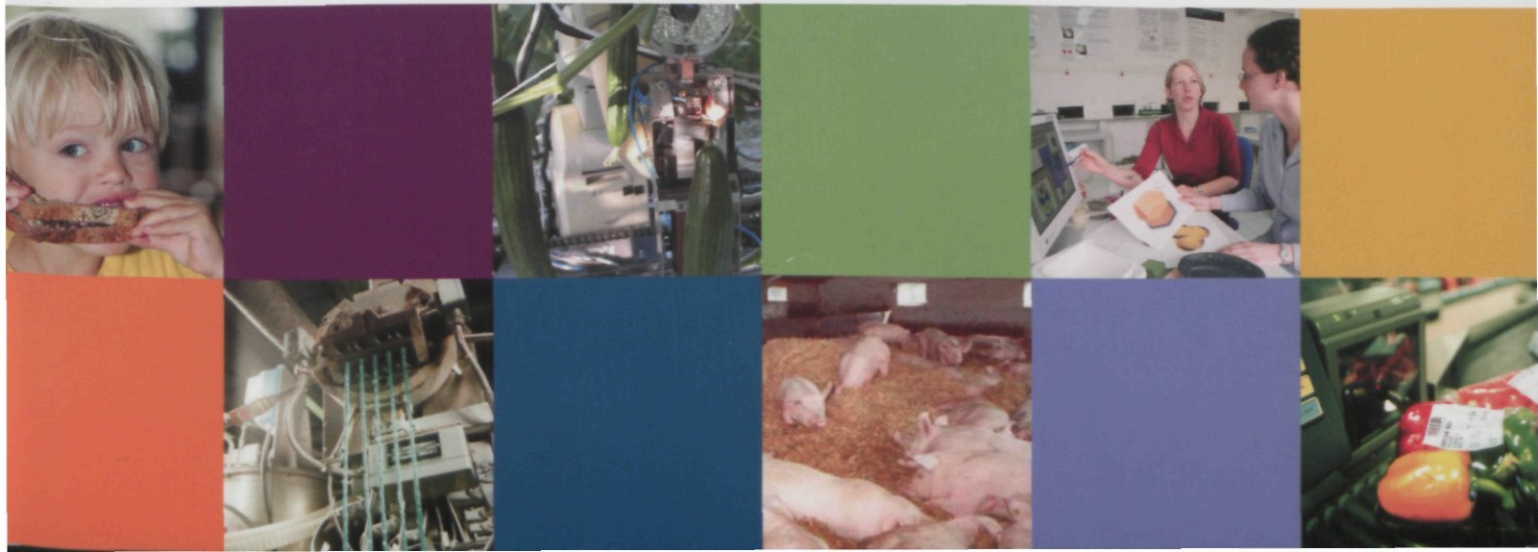


Actieve sturing van afstromend regenwater op basis van actuele waterkwaliteit

Een verkenning van de haalbaarheid en een routekaart voor toekomstig onderzoek

J. Balendonck (WUR)
F.C. Boogaard (Tauw)
M.A. Bruins (WUR)
P.P.G. Ganzevles (Tauw)
Th. Gieling (WUR)

17 November 2005 - Rapport 500



Actieve sturing van afstromend regenwater op basis van actuele waterkwaliteit

Een verkenning van de haalbaarheid en een routekaart voor toekomstig onderzoek

J. Balendonck (WUR)
F.C. Boogaard (Tauw)
M.A. Bruins (WUR)
P.P.G. Ganzevles (Tauw)
Th. Gieling (WUR)

17 November 2005 - Rapport 500

Colofon

RIONED en STOWA, de opdrachtgevers van het project “regenwatersturing”, zijn organisaties die met publiek geld gefinancierd worden. Uit dien hoofde zijn zij gehouden aan het openbaar maken van onderzoeksresultaten. Er is daarom besloten dat het eindrapport (deel I) openbaar beschikbaar zal zijn (b.v. door het plaatsen daarvan als een pdf-file op de web-sites van RIONED of STOWA). De tekst van deel I is geanonimiseerd en alleen organisaties zijn met naam genoemd. In de bijlagen zijn wel referenties naar personen gemaakt in de vorm van workshop-deelnemerlijsten. In deel I is alle noodzakelijk informatie te vinden voor stakeholders om te kunnen beslissen over een actieve deelname aan innovatie trajecten voor regenwatersturing.

Gedetailleerde informatie, niet geschikt voor publieke doeleinden, is verzameld in deel II van het rapport. Hierin zijn stakeholders (personen) met naam genoemd en gekoppeld aan projectindicaties. Deel II is niet openbaar beschikbaar, maar kan in overleg met de opdrachtgevers en uitvoerende organisaties van het onderhavige project ingebracht worden in een consortium, nadat alle partners daartoe een samenwerkingsovereenkomst ondertekend hebben.

Titel	Actieve sturing van afstromend regenwater op basis van actuele waterkwaliteit: een verkenning. Routekaart voor toekomstig onderzoek (deel I)
Auteur(s)	J. Balendonck, F.C. Boogaard (Tauf), M.A. Bruins, P.P.A. Ganzevles (Tauf), Th. Gieling
A&F nummer	500
ISBN-nummer	ISBN 90-6754-940-1
Publicatiedatum	17 November 2005
Vertrouwelijk	Deel 1 (500): Nee Deel 2 (501): Ja
OPD-code	04/195 - 54763.01
Goedgekeurd door	

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V. versie: 17 November 2005

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, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology & Food Innovations B.V. is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	15
1.1	Probleemstelling	16
1.2	Doelstelling	18
2	Aanpak van de verkenning (methode)	21
2.1	Verkenning (fase 1)	21
2.2	Routekaart en consortiumvorming (fase 2)	22
3	Resultaten van de verkenning	25
3.1	Afstromend regenwater	25
3.2	Technologie	46
3.3	Stakeholders	62
4	Analyse (mogelijkheden, scenario's en vragen)	71
4.1	Sturen op basis van kwaliteitsmonitoring, beslisbomen en voorbeelden	71
4.2	Alternatieven voor sturen op basis van kwaliteitsmonitoring (sensoren en regelstrategieën)	73
4.3	Scenario ontwikkeling	77
4.4	Vraagarticulatie (Workshop 2)	80
5	Routekaart voor toekomstig onderzoek	83
5.1	Strategie en aanpak	83
5.2	Een routekaart, de invulling	84
5.3	Projecten en consortia	89
5.4	Financiering (subsidiebronnen)	89
6	Conclusies en Aanbevelingen	91
6.1	Conclusies	91
6.2	Aanbevelingen	92
7	Dankwoord	95
8	Literatuur	97
9	Bijlagen	103
9.1	Stakeholders (Projectteam, BC, beleid, praktijk, techniek, kennis)	103
9.2	Workshop 1: Monitoring en sturing van regenwater	106
9.3	Break-out Sessie Sense of Contact	117
9.4	Workshop 2: Uitwerking thema's routekaart	118
9.5	Overzicht monitoringsprojecten in Nederland 29 juli 2004, Floris Boogaard (Tauw)	137
9.6	Kwaliteit hemel- en afstormend regenwater	138
9.7	Prioritaire stoffen KRW	142
9.8	KRW-overige stoffen	143
9.9	Symbolen, begrippen en terminologie	144



Het gescheiden afvoeren van hemelwater gebeurde al in het oude Pompeï (ca. 69 n. Chr.). Regenwater, vallend door een opening in het dak, werd opgevangen in een opvangbekken: een impluvium. Dit opvangbekken had aan twee zijden een afvoer die afgedicht konden worden met houten stoppen. De ene afvoer was voor het schone water, bestemd als drinkwater, de andere afvoer was voor het met zand van het dak vervuilde water, bestemd voor andere doeleinden. De Romeinen lieten de bediening van de stoppen over aan hun slaven. Anno 2005 staan wij voor de vraag: “Kunnen wij de stoppen laten bedienen zonder tussenkomst van enig menselijk handelen?”

(Foto: Jos Balendonck, Archeologisch park Pompeï, mei 2004).

Samenvatting

In Nederland wordt het mengen en gezamenlijk transporteren van afstromend hemelwater en huishoudelijk afvalwater in toenemende mate ter discussie gesteld. Het leeuwendeel van het hemelwater is schoon genoeg om niet via de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) naar het oppervlaktewater afgevoerd te hoeven worden. Sterker nog: het verlaat de RWZI vuiler dan het oorspronkelijk was. Ook om verdroging tegen te gaan is het goed om hemelwater zo lokaal mogelijk vast te houden. Om die reden worden (verbeterd) gescheiden rioolstelsels (VGS) aangelegd, worden bijvoorbeeld wadi's voor bodeminfiltratie gebruikt of wordt bodempassage toegepast voor directe lozing van hemelwater op het oppervlaktewater. Deze problematiek is alom bekend onder de term: "Afkoppelen".

Het direct afvoeren van het afstromend hemelwater naar oppervlaktewater is echter niet zonder risico's, omdat er geen garantie is te geven dat dit water echt schoon is. De eerste stroom water na een lange periode van droogte kan aanzienlijke hoeveelheden zware metalen en organische verontreinigingen bevatten. Deze "first flush" wordt daarom soms apart afgevoerd naar de RWZI, maar ook dan is er een grote mate van onzekerheid over de waterkwaliteit door de grote dynamiek in het stelsel, de menging, de lengte van een droge periode, en de lage stroomsnelheden. Vanwege die onzekerheden wordt de afvoer van een regenwaterriool in een verbeterd gescheiden stelsel beperkt gehouden en wordt alsnog circa 70 % van het hemelwater in een verbeterd gescheiden stelsel naar de RWZI afgevoerd.

Gezien het bovenstaande en de verdere versterking van het beleid om hemelwater en afvalwater te scheiden wordt het karakteriseren van de hemelwaterkwaliteit steeds urgenter. Ook wanneer we hemelwater in principe nooit meer naar de RWZI zouden willen sturen is een goede en snelle inschatting van de kwaliteit van belang voor een eventuele behandeling alvorens op het oppervlaktewater wordt geloosd.

Hemelwater moet zo ver mogelijk vooraan in de rioolwaterketen worden afgekoppeld omdat:

- het zuiveringsrendement van de RWZI anders negatief wordt beïnvloed;
- er anders overstortingen kunnen worden veroorzaakt welke vuil water bevatten;
- er zo min mogelijk "schoon" water moet worden verpompt (zinloze energieverpilling); en
- water zoveel mogelijk lokaal moet worden vastgehouden (indien doelmatig).

De controle en handhaving van de te lozen hemelwaterkwaliteit valt onder de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, maar het is in de praktijk ondoenlijk om op alle individuele hemelwateruitlaten een adequate vergunning-verlening en handhaving toe te passen. Een eventuele sensorische monitoring en daaraan gekoppelde sturing zou zowel de aspecten met betrekking tot de waterkwaliteit als ook de aspecten met betrekking tot vergunningverlening en handhaving af moeten dekken. Dit geldt met name in die situaties waarbij de kwaliteit van het water op voorhand niet is te karakteriseren (het zogenaamde grijze gebied). Op dit moment is dit

- voldoende milieudoelstellingen, technische mogelijkheden en economische perspectieven zijn voor de invoering van actieve regenwatersturing op basis van kwaliteitsmonitoring op termijn; en
- een aantal voorlopende gemeentes en waterschappen zijn die sterk gemotiveerd zijn om deze ideeën op te pakken, maar dat er op dit moment onvoldoende prikkels bestaan (b.v. een duidelijke marktvraag) om alle betrokken en noodzakelijke stakeholders te motiveren om gezamenlijk een onderzoeks-, ontwikkelings- en implementatietraject daartoe te gaan doorlopen.

Aan de hand van deze analyse is een routekaart ontwikkeld op basis waarvan toekomstig onderzoek ingezet kan worden, en waarmee de kans op een succesvolle invoering van actieve regenwatersturing op basis van kwaliteitsmonitoring vergroot kan worden. In deze routekaart worden doelstellingen voor onderzoek omschreven, in de tijd verdeeld in vier fasen: vooronderzoek (demonstratie), onderzoek en ontwikkeling (O&O), implementatie en bijsturing, elk met een tijdshorizon van respectievelijk 2, 5, 10 en 15 jaar.

De doelstelling van de demonstratie is om over twee jaar onderbouwde antwoorden op de drie hoofdvragen te hebben. Concreet moet er dan bekend zijn wat schoon regenwater is, wat aan regenwater wel en niet aan kwaliteit gemeten kan worden, waar en hoe zinvol actieve sturing toegepast kan worden, en hoe het traject van onderzoek tot implementatie er uit moet zien. Verder moet de samenwerking en kennisuitwisseling tussen alle actoren de eerste twee jaar bevorderd en gestimuleerd worden, en moet de regie van de routekaart in handen gegeven worden van een deskundige stuurgroep. Aan de hand van de resultaten van het vooronderzoek/demonstratie moeten beleidsmakers over twee jaar een gefundeerde beslissing kunnen nemen over het al of niet inzetten van een traject om actieve regenwatersturing op basis van monitoring te gaan implementeren. Op basis van de huidige inzichten is de routekaart voor de langere termijn verder uitgewerkt, maar deze zal ongetwijfeld, op basis van voortschrijdend inzicht, regelmatige aanpassing behoeven. Vooralsnog zijn daarin twee hoofdlijnen te onderkennen: een implementatietraject gericht op de regenwaterketen waarbij met name het beleid, gemeentes, waterschappen, en het bedrijfsleven zijn betrokken; en een veel breder onderzoekstraject waarbij universiteiten, onderzoekscentra en bedrijven op zoek gaan naar “de schoon water sensor”.

De routekaart is thematisch opgezet en de hoofdvragen zijn vertaald naar concretere deelvragen die ondergebracht zijn in de volgende vier thema's:

A. Kwaliteit van regenwater.

Op dit moment wordt er uitgegaan van de Europese Kader Richtlijn Water (KRW) om vast te stellen wat vuil water is. Dit betreft een grote lijst van afzonderlijke (prioritaire) stoffen met elk hun eigen drempelwaarden. De vraag is echter: "Welke parameters moeten worden gemeten in

het afstromende regenwater en wat zijn de drempelwaarden?" Komen al deze stoffen wel voor in het stedelijk of industrieel afstromend regenwater? Kunnen de normen voor overstortingen op basis van kwaliteit gedifferentieerd worden van individuele stof- naar stofgroepnormering? Welk beeld, of plan van aanpak is er bij het opstarten van beleid op 'sturen van regenwater'? Wanneer verschillende parameters gemeten kunnen worden in het regenwater is het nodig dat een beslissingsmodel wordt ontwikkeld om het regenwater te sturen, het vuile naar de RWZI en het schone naar het oppervlaktewater. Is het zinvol om ook de kwaliteit van instromend regenwater (dat wat uit de lucht valt ...) en ontvangend (oppervlakte) water mee te nemen in de meet- en stuurstrategie? Binnen afzienbare tijd (2-5 jaar) zal het beleid op deze vragen een adequaat antwoord moeten geven.

B. Informatiebehoefte en kennisuitwisseling.

Binnen dit thema wordt gewerkt aan het ontwikkelen en onderhouden van een gegevens- en kennisdatabank ten behoeve van de kennisuitwisseling tussen alle actoren. Alle relevante informatie afkomstig uit projecten wordt verzameld in een centrale database. Het kan daarbij gaan om analysegegevens over waterkwaliteit, projectinformatie, producten en resultaten uit onderzoek. De verzamelde gegevens en de kennis ontstaan door combinatie en analyse daarvan, zijn waardevol en kunnen voor meerdere doelen worden gebruikt. Door ze via internet (een website) beschikbaar te maken, krijgen ze een grotere waarde voor beleid, praktijk en onderzoek.

In een werkgroep 'sturen van regenwater op kwaliteit' kan het onderwerp veelzijdig worden belicht en kan kennis over onderzoek en inpassing van beleid worden uitgewisseld en uitgedragen. Deze groep zou twee tot vier maal per jaar bij elkaar kunnen komen. Dit kan op nationaal niveau gebeuren. Ook een thematisch netwerk op Europees niveau zal mogelijk worden opgezet. Op deze wijze kunnen alle actoren uit het veld betrokken worden bij de routekaart monitoring en actieve sturing.

C. Demonstratie projecten

Het uitvoeren van demoprojecten is vooral bedoeld om ervaring en kennis op te doen over het monitoren en sturen van regenwaterkwaliteit. Er zal antwoord moeten komen op de vragen over het nut, de zin en de economische haalbaarheid van deze aanpak. Het ligt in de bedoeling om een vijftal proeflocaties aan te wijzen in Nederland die gezamenlijk het grootste deel van de mogelijke toepassingen afdekken. Bij de keuze zal enerzijds onderscheid worden gemaakt naar kwaliteit van afstromend regenwater en verhard oppervlak (wegen, daken en industrieterreinen) en anderzijds naar het type regenwaterstelsel (gescheiden of verbeterd gescheiden). In eerste instantie zullen proeflocaties worden uitgerust met nu beschikbare technologie, maar de opzet moet zodanig zijn dat technologie die beschikbaar komt (vanuit het thema "Clean Water Sensing") in de toekomst meegenomen kan worden. De proeflocaties moeten als platform voor onderzoek, ontwikkeling en kennisoverdracht gaan functioneren. De demonstratie zou na twee jaar afgesloten kunnen worden met een kennismanifestatie, welke aansluit bij het thema B.

D. Onderzoek naar sensoren voor schoon water (Clean Water Sensing)

Binnen dit thema zal technologie worden ontwikkeld om on-line waterkwaliteit (“schoon water”) te kunnen bepalen, waarbij te denken valt aan bijvoorbeeld de “lab-on-a-chip” en bio-sensoren die nu al voorzichtig toegepast worden. Hierbij wordt in eerste instantie uitgegaan van de KRW en de bekende prioritairere stoffen zoals PAK's, zware metalen, nutriënten en bestrijdingsmiddelen, maar mogelijk ook bacteriën en virussen afkomstig uit dierlijke uitwerpselen en andere vervuilende stoffen zoals afkomstig van medicijnen, tabaks- en etensresten. Een concretere zoekrichting kan pas gegeven worden na afronding van een bredere haalbaarheidsstudie en de demonstraties in de regenwatersector waarbij duidelijk zal worden wat met bestaande technologie wel en niet kan. Nu al is duidelijk dat er nieuwe sensortechnologie ontwikkeld zal moeten worden om continue concentratiemetingen te kunnen verrichten, in principe op stofniveau. Dat zal mogelijk economisch niet haalbaar zijn voor alle KRW stoffen. Derhalve zal onderzocht moeten worden of het mogelijk is om middels fingerprinting, correlaties en interpolatie van gegevens een acceptabele inschatting te geven van de waterkwaliteit op basis van stofgroepen. Dit vermindert het aantal nieuw te ontwikkelen sensoren, doch vergt extra onderzoek naar modellering van waterkwaliteit op basis van stof- en vervuilingsskarakteristieken. Het gaat er immers niet om ‘wat’ en ‘hoeveel’ er exact in het water zit, maar of het effluent ‘vervuild’ of toxisch is.

Conclusies

De keuzes bij het afkoppelen zijn sterk afhankelijk van het soort afstromend oppervlak, het type stelsel en de algemene gebiedskenmerken. In die gevallen waarbij regenwater met 100% zekerheid als vuil of schoon gekarakteriseerd kan worden heeft het uit economisch oogpunt gezien de voorkeur om met relatief eenvoudige en goedkope permanente infrastructurele middelen schoon en vuil water te scheiden, bijvoorbeeld door zandfiltratie of het nemen van bronmaatregelen. Ondanks de hogere kosten voor investering en onderhoud heeft de toepassing van sensortechnologie en actieve sturing het voordeel dat meer inzicht verkregen kan worden in de waterkwaliteit van de waterstromen en het kwalitatief en kwantitatief functioneren van het rioolwatersysteem. Toepassing van sensortechnologie en actieve sturing is perspectiefvol in die gevallen waarbij het op voorhand niet duidelijk is of regenwater schoon of vuil is, in het zogenaamde grijze gebied. Dit is het geval bij een groot aantal VGS systemen in gebieden met woningbouw en industrie bij toepassing in pompgemalen en overstorten. Ook bij gescheiden stelsels ten behoeve van emissie-monitoring en bij continue controle op doorslag van infiltratiefilters, of combinaties van deze systemen kan sensortechnologie zinvol worden ingezet. Om gemeentes een welafgewogen beslissing te kunnen laten nemen over investeringen, is het aanpassen en uitbreiden van bestaande beslisbomen noodzakelijk. Volledige antwoorden op de vragen “wat schoon water is”, “of technologie beschikbaar is” en “waar actieve sturing zinvol toegepast kan worden”, zijn nu nog niet te geven, maar door inzet van gericht vooronderzoek in combinatie met demonstratie wordt het mogelijk geacht om over 2 jaar een duidelijke beslissing te nemen of een implementatietraject te rechtvaardigen is.

Vooral de waterschappen en gemeentes hebben kritische vragen over de economische haalbaarheid en de zin van actieve sturing. Desondanks is er bij verschillende gemeentes, waterschappen, het bedrijfsleven en de kennisinstituten grote bereidheid om te beginnen met onderzoek naar monitoring en actieve sturing van afstromend regenwater, juist om antwoorden op de vragen te verkrijgen. Zij willen snel met een concreet demoproject beginnen. Mogelijkheden liggen er om meerdere projecten in verschillende gebieden op te starten. Het streven is om op korte termijn vijf demoprojecten op te starten. Hierin kunnen commercieel verkrijgbare sensoren worden ingezet en sensorprototypes worden uitgetest.

De weg die daartoe gevolgd moet worden is vastgelegd in een routekaart. Het in deze routekaart beschreven onderzoek kan door middel van meerdere projecten worden opgepakt en is gericht op 4 thema's: schoon water, kennisuitwisseling, demonstratie en sensoronderzoek. De projecten kunnen niet onafhankelijk van elkaar in de tijd worden opgestart en geleid maar hebben een duidelijke relatie met elkaar. Wel moet er rekening worden gehouden met de kansen en mogelijkheden die zich voordoen of gecreëerd worden. De voortgang en begeleiding van de individuele projecten zal weliswaar in handen zijn van telkens andere personen of organisaties, maar de coördinatie over de projecten heen (regie van de routekaart) zal in handen moeten komen van een zorgvuldig gekozen stuurgroep. Deze stuurgroep bewaakt de routekaart waarin de doelstellingen voor de vier thema's zijn vastgelegd. De stuurgroep houdt tevens de voortgang van het lopende onderzoek in de gaten, draagt zorg voor kennisuitwisseling en stimuleert nieuw op te starten onderzoek. Een in te stellen werkgroep kan de uitvoerende taken voor de routekaart ter hand nemen zoals het organiseren van bijeenkomsten, workshops, bezoeken, en het opzetten en onderhouden van een externe website, een databank en het publiceren van artikelen.

Aanbevelingen

De komende twee jaar moet gebruikt worden om de vragen ten aanzien van actieve sturing op basis van kwaliteit concreter te beantwoorden. Na twee jaar is er een keuzemoment, afhankelijk van de haalbaarheid kan de ontwikkeling van een systeem of methode voorgenomen worden. Er moeten nu een drietal activiteiten opgestart worden.

- Er zullen demonstraties of pilots op een aantal karakteristieke locaties, elk met een andere setting, opgestart moeten worden waarin bestaande technologie wordt geëvalueerd, principes worden verkend, en kennis van de toepassing en informatie over regenwaterkwaliteiten zullen worden verzameld.
- Er zullen projecten opgestart moeten worden waarin nieuwe technologie (prototypen van sensoren) ontwikkeld worden en waarin fundamenteel onderzoek wordt verricht naar meettechnologie om "schoon water" te detecteren. Dit onderzoek moet een brede context hebben en ook buiten het veld van regenwater tot toepassingen kunnen leiden

om marktkansen voor Midden en Klein Bedrijf (MKB) en financiering te kunnen vergroten.

- Het is noodzakelijk om deze activiteiten te coördineren en zorg te dragen voor de afstemming tussen de verschillende projecten, het verzamelen, analyseren en uitdragen van kennis door middel van een database “waterkwaliteit en monitoring”, een web-site, workshops en publicaties op nationaal en mogelijk ook Europees niveau, met het doel zowel beleid, uitvoering, onderzoek als toeleverend MKB te ondersteunen bij hun activiteiten en plannen.

Voor de eerste activiteit zijn gesprekken gevoerd met de gemeente Ridderkerk en het Waterschap Hollandse Delta. Ridderkerk wil graag starten met het monitoren van regenwaterkwaliteit. Haar doelstelling is om daadwerkelijk afstromend regenwater te gaan sturen op basis van kwaliteit. Mogelijk kunnen deze activiteiten eind 2005 al tot een concreet project leiden. Een financieringsoptie is hier een LIFE-milieu subsidie of bijvoorbeeld de kennisalliantie Zuid Holland. Ook andere gemeentes hebben inmiddels hun interesse hiervoor getoond.

Voor de twee activiteiten is in samenwerking met de Federatie het Instrument (MKB-sensoren) een pre-project manager aangesteld om het “Clean Water Sensing” project op te zetten. Dit project past binnen de sleutelvelden “Water” en “High-Tech” genoemd door het innovatieplatform en inmiddels zijn er al contacten met SenterNovem gelegd om cofinanciering van de plannen via IS-subsidies te kunnen verkrijgen. Er zal gestart worden met een aanvraag voor subsidie voor een IS-haalbaarheidsonderzoek.

Voor de derde activiteit zal direct na afronding van deze verkenning een plan worden geschreven en aangeboden aan Rioned en Stowa. Tevens zal een informatiebrochure (folder) worden gemaakt waarmee het gedachtegoed en de resultaten van deze verkenning voor een breder publiek beschikbaar gemaakt kunnen worden.

1 Inleiding

Het laatste decennium is in Nederland het mengen en gezamenlijk transporteren van hemelwater en DWA in toenemende mate ter discussie gesteld. Het leeuwendeel van het hemelwater is schoon genoeg om niet via de RWZI naar het oppervlaktewater afgevoerd te hoeven worden. Sterker nog het verlaat de RWZI vuiler dan wanneer het als hemelwater het riool is ingeleid. Ook in het kader van WB21 is het goed om hemelwater zo lokaal mogelijk vast te houden. Ontwikkelingen die in gang gezet zijn, zijn bijvoorbeeld het (verbeterd) scheiden van het rioolstelsel, het gebruik van wadi's voor infiltratie en het gebruik van bodempassage voor directe lozing van hemelwater op het oppervlaktewater. Deze problematiek is alom bekend onder de term: "Afkoppelen".

Het direct afvoeren van het hemelwater naar oppervlaktewater is niet zonder risico's. Garanties dat dit water schoon is zijn er niet. De eerste stroom water na een lange periode van droogte ("first flush") kan aanzienlijke hoeveelheden zware metalen en organische verontreinigingen bevatten. Deze "first flush" zou een mogelijke stuurgrootheid kunnen zijn, maar is echter lastig te bepalen en sterk afhankelijk van bijvoorbeeld de lengte van een droge periode. Zeker voor de Nederlandse situatie met vlakke, uitgestrekte gebieden en gemiddeld lage stroomsnelheden. Daarnaast wordt in het riool de neerslag gemengd die in tijd en ruimte een andere oorsprong heeft (en dus mogelijk een andere kwaliteit). Vanwege die onzekerheden wordt de afvoer van een regenwaterriool in een verbeterd gescheiden stelsel beperkt gehouden. Het regenwater dat bij een stevige bui het hemelwaterriool instroomt, kan zo in eerste instantie nog naar het vuilwaterriool worden gepompt. Bij verdere instroom van hemelwater voldoet de capaciteit van de pomp niet en zal een deel in het hemelwaterriool blijven en zo worden afgevoerd. Hiermee wordt circa 70 % van het hemelwater in een verbeterd gescheiden stelsel toch nog naar de RWZI afgevoerd. Zeker gezien de verdere versterking van het ingezette beleid t.a.v. scheiden van hemelwater en afvalwater wordt het karakteriseren van de hemelwaterkwaliteit steeds urgenter. Ook wanneer we hemelwater in principe nooit meer naar de RWZI zouden willen sturen is een goede en snelle inschatting van de kwaliteit van belang voor een eventuele behandeling alvorens op het oppervlaktewater wordt geloosd.

Hoewel de voordelen voor deze aanpak evident lijken, en er ook wel initiatieven in deze richting ontwikkeld zijn, zijn er tot nu toe geen geslaagde toepassingen gerealiseerd. Vooralsnog lijkt dit te komen omdat de verwezenlijking een multidisciplinaire aanpak vereist. Immers het betreft problematiek die speelt op het terrein van beleid, praktijk, maar ook bij de toeleverende industrie en het onderzoek. Waar het met name aan lijkt te schorten is de communicatie en afstemming tussen de verschillende partijen. Dit alles rechtvaardigt een verkenning naar de technische maar zeker ook de bestuurlijke mogelijkheden van monitoring en actieve sturing van afstromend hemelwater op basis van de actuele waterkwaliteit. Deze verkenning moet het beleid in staat stellen om een gefundeerde beslissing te nemen over het wel of niet opstarten van ontwikkelings- en demotrajecten in deze richting, om zo op termijn tot een succesvolle implementatie te komen.

1.1 Probleemstelling

Hemelwater moet worden afgekoppeld zo ver mogelijk vooraan in de rioolwaterketen omdat:

- het zuiveringsrendement van de RWZI anders negatief wordt beïnvloed;
- er anders overstortingen kunnen worden veroorzaakt welke vuil water bevatten;
- er zo min mogelijk “schoon” water moet worden verpompt (zinloze energieverpilling); en
- water zoveel mogelijk lokaal moet worden vastgehouden (indien doelmatig).

Schoon-garanties voor hemelwater zijn echter niet te geven, waardoor een dilemma ontstaat tussen vervuiling van het lokale milieu en de vier hierboven genoemde aspecten. De controle en handhaving van de te lozen hemelwaterkwaliteit valt onder de WVO, maar het is in de praktijk echter ondoenlijk om op alle individuele hemelwateruitlaten een adequate vergunningverlening en handhaving toe te passen. Een eventuele sensorische monitoring en daaraan gekoppelde sturing zou zowel de aspecten m.b.t. de waterkwaliteit als ook de aspecten m.b.t. vergunningverlening en handhaving af moeten dekken. Op dit moment kunnen we dit concept van monitoring en sturing niet realiseren. Wel kunnen we ons voorstellen dat in de nabije toekomst (over 5 tot 10 jaar) al het afstromend regenwater continu geanalyseerd wordt op kwaliteit, en dat schoon regenwater direct wordt teruggedleid naar het oppervlaktewater en uitsluitend vuil regenwater naar de RWZI wordt geleid. Immers, door nu onderzoek op te starten naar het monitoren en actief sturen van regenwater op basis van actuele kwaliteit, kan er toegewerkt worden naar een verandering van de huidige situatie waarin automatisch grote hoeveelheden schoon regenwater worden afgevoerd naar de RWZI op basis van kwantitatieve schattingen van afvoerhoeveelheden of richtwaarden van regenwaterkwaliteit. Het doel daarbij is de waterstroom naar de RWZI te beperken en “vuile” overstorten te voorkomen, door gebruik te maken van technische mogelijkheden (sensoren) om actuele waterkwaliteit te bepalen. De centrale vraag is echter hoe deze monitoring en sturing dan uitgevoerd kan worden. Preciezer kan deze vraag gevat worden in de volgende drie deelvragen:

- Kunnen we waterkwaliteit en een stuurstrategie definiëren die praktisch hanteerbaar is, kortom wat is schoon of vuil regenwater?
- Is er meettechnologie (sensoren) beschikbaar om regenwaterkwaliteit te bepalen? En, als er geen of onvoldoende technologie voorhanden blijkt te zijn, welke stappen moeten er dan ondernomen worden om deze te ontwikkelen?
- Indien monitoring en sturing op basis van kwaliteit technisch mogelijk blijkt te zijn, in welke situaties is de toepassing daarvan dan ook daadwerkelijk zinvol (b.v. economisch rendabel en bestuurlijk inpasbaar) en hoe moet dit dan geïmplementeerd worden?

Hoewel de centrale vraag van monitoren en sturen een beleidsvraag is, moeten antwoorden op de deelvragen gezocht worden binnen een aantal verschillende beslissingsniveau's (lagen), die als volgt gedefinieerd zijn:

1. beleid en strategie (wet-, regelgevende en handhavende organen, o.a. waterschappen);
2. praktijk en ontwikkeling (uitvoerende organen, o.a. gemeentes en adviesbureaus); en
3. technologie en onderzoek (bedrijfsleven, MKB, research en universiteiten).

Om een juist antwoord hierop te krijgen is het een voorwaarde dat deze “lagen” op een goede manier met elkaar communiceren en kennis uitwisselen. In elke laag spelen namelijk verschillende motieven voor innovatie een rol die te herleiden zijn tot de drie bekende kretes: Ecologie, Economie en Technologie. De problematiek die binnen elke laag aan de orde is vraagt dan ook om een specifieke vertaalslag van de deelvragen.

1.1.1 *Beleid en strategie*

Op het gebied van beleid en wet- en regelgevende organen spelen bij het toepassen van nieuwe ideeën en technologieën vooral maatschappelijke motieven zoals milieuwetgeving een rol. Veel gevallen van lozing van hemelwater op het oppervlaktewater zijn WVO-plichtig. De vergunningverlening (als die al plaats vindt) zal veelal pro-forma gebeuren. Handhaving is in veel gevallen niet of nauwelijks aan de orde. De personele capaciteit en de urgentie ontbreekt in veel gevallen. Dit is er mede de oorzaak van dat hemelwater toch in grote hoeveelheden het riool in verdwijnt. Pro forma zijn er kwaliteitsdoelstellingen maar niemand wil en kan hier op handhaven. Gevraagd is dan ook welke mogelijkheden er zijn om stromen hemelwater daadwerkelijk te sturen met behulp van sensorische monitoring (welke kwaliteiten wil ik naar de RWZI hebben?, welke naar oppervlaktewater? met of zonder behandeling?). De eisen waaraan sensoren zouden moeten voldoen is daarmee maar gedeeltelijk een technische vraag. Welke parameters moeten worden gemonitord, met welke frequentie en welke beslissingen neem ik op grond van mijn monitoringsgegevens? zijn vragen die niet alleen vanuit de techniek kunnen worden beantwoord. Voor beleid zijn vooral de volgende vragen belangrijk:

- Wat zijn de stuurbare waterbronnen en vervuilingsbronnen, op welk aggregatieniveau kunnen deze gedefinieerd worden en waar zitten deze in de rioolwaterketen?
- Tot op welk detailniveau moeten individuele stoffen gemonitord worden en kunnen een aantal (sleutel)stoffengroepen benoemd en gemeten worden? Zijn er grenswaarden te definiëren?
- Hoe moet, zal of kan het beleid zich ontwikkelen, wat is haalbaar en waar liggen de grenzen rekening houdend met de technische en economische randvoorwaarden?
- Hoe kunnen we de vicieuze cirkel tussen techniek/bestuur doorbreken, en hoe kunnen stakeholders beter samenwerken?
- Hoe kunnen we leren van andere landen en hoe kunnen we daarbij internationaal samenwerken?

1.1.2 *Praktijk en ontwikkeling*

Op het beslissingsniveau van uitvoerende organen spelen overwegend economische motieven een rol om te komen tot nieuwe toepassingen en innovaties. Met andere woorden: Met welke oplossing kan ik aan wet- en regelgeving voldoen, en met welke aanpak kan ik dit voor de laagste

kosten (investeringen, arbeid e.d.) realiseren? Deze vraag leeft bij de gemeente als koper van sensortechnologie, maar ook de sensorontwikkelaar en -verkoper moeten rekening houden met een acceptabele kostprijs van waaruit de investeringsruimte voor ontwikkeling afgeleid kan worden.

Hier is dan ook de centrale vraag op welk aggregatieniveau de techniek toegepast zou kunnen worden en welke oplossingen vanuit de techniek daarvoor ontwikkeld moeten worden. Een mogelijkheid is om een sensor/actuator combinatie te plaatsen op een hoog aggregatieniveau (wijk, flatgebouw) hetgeen selectief sturen mogelijk maakt. Bij aanvankelijk "dure" technologie zou de sensor ook als referentie kunnen dienen voor actuatoren bij andere entiteiten die soortgelijke eigenschappen hebben. Hierdoor ontstaat een kostenreductie door het scheiden van meet- en stuurpunten. Het ultieme doel zou kunnen zijn om iedere regenpijp van een gestuurde actuator te voorzien. Dit is natuurlijk alleen mogelijk wanneer de technologie in de toekomst uiterst goedkoop kan worden geproduceerd en bovendien onderhoudsarm en storingsvrij is. Ook tussen- of deeloplossingen kunnen zo bezien worden. Op voorhand is niet te zeggen of de sensor/sturing aanpak op korte termijn wel tot economisch rendabele toepassing kan leiden, er zijn immers ook andere wegen van afkoppelen en sturen op basis van kwaliteit bekend. Vraag is daarbij waar het wel of juist niet zinvol toegepast kan worden.

1.1.3 *Technologie en onderzoek*

Op het gebied van technologie en onderzoek spelen vooral wetenschappelijke motieven een rol. De uitdagingen liggen hier met name op het gebied van de sensortechnologie. De vragen zijn:

- Welke sensoren zijn er voorhanden voor welke kwaliteitsparameters?
- Kunnen deze sensoren on-line gebruikt worden?
- Zijn deze sensoren klein, nauwkeurig, robuust, en toch betaalbaar?
- Zijn deze sensoren ongevoelig voor allerlei storende invloeden zoals vervuiling?
- Welke nieuwe technieken zijn er beschikbaar om sensoren voor waterkwaliteit te ontwikkelen?

Op het gebied van sturing liggen er ook vragen. Leidraad is het hebben van een norm (of drempelwaarde) op basis waarvan de sturing kan gebeuren. Dan nog kunnen er keuzes gemaakt worden als feed-forward sturingen of feed-back regelingen, waarbij belangrijk te weten is hoe de inrichting van het systeem is, wat de stuurorganen zijn (actuatoren zoals kleppen, schuiven en pompen) en wat het (statische en dynamische) gedrag van de systemen is (modellering en systeemidentificatie). Aspecten die daarbij tevens een belangrijke rol spelen zijn de energievoorziening en de communicatie tussen metende, sturende en beslissingsondersteunende systemen.

1.2 **Doelstelling**

Het concrete doel van deze verkenning is het voorbereiden van een ontwikkelings- en demotraject dat op korte termijn (3-5 jaar) aantoont dat er technologische oplossingen voor

selectieve waterstroomsturing zijn die praktisch geïmplementeerd kunnen worden. Verder moet er een scenario geschetst worden voor de strategische ontwikkeling (5-10 jaar) van technologie voor selectieve rioolwatersturing. Dit scenario moet als leidraad dienen voor bestuurders, onderzoekers en bedrijven voor toekomstige innovaties en ontwikkelingstrajecten.

Deze doelen zullen gerealiseerd worden middels desktopstudies, stakeholderinterviews en workshops. Daartoe zullen stakeholders vanuit bestuur (b.v. de Commissie Integraal Waterbeheer en waterschappen) en technologie (bedrijven en universiteiten) geïdentificeerd worden en bij elkaar gebracht worden in een tweetal workshops. De workshops moeten leiden tot een concrete keuze voor een scenario (routekaart), een plan voor een ontwikkelingstraject, en de identificatie van een consortium en het commitment van de partijen voor het starten van een gezamenlijk ontwikkelingstraject. Op basis van het eindrapport moet het consortium in staat zijn om een projectvoorstel te schrijven voor een beoogde subsidiegever. Verder moeten de opdrachtgevers (Rioned en Stowa) op basis van het eindrapport in staat zijn om de verschillende beleidsorganen te adviseren over het al- of niet opstarten van een traject om regenwatersturing op basis van actuele kwaliteitsmonitoring in te zetten.

kosten (investeringen, arbeid e.d.) realiseren? Deze vraag leeft bij de gemeente als koper van sensortechnologie, maar ook de sensorontwikkelaar en -verkoper moeten rekening houden met een acceptabele kostprijs van waaruit de investeringsruimte voor ontwikkeling afgeleid kan worden.

Hier is dan ook de centrale vraag op welk aggregatieniveau de techniek toegepast zou kunnen worden en welke oplossingen vanuit de techniek daarvoor ontwikkeld moeten worden. Een mogelijkheid is om een sensor/actuator combinatie te plaatsen op een hoog aggregatieniveau (wijk, flatgebouw) hetgeen selectief sturen mogelijk maakt. Bij aanvankelijk "dure" technologie zou de sensor ook als referentie kunnen dienen voor actuatoren bij andere entiteiten die soortgelijke eigenschappen hebben. Hierdoor ontstaat een kostenreductie door het scheiden van meet- en stuurpunten. Het ultieme doel zou kunnen zijn om iedere regenpijp van een gestuurde actuator te voorzien. Dit is natuurlijk alleen mogelijk wanneer de technologie in de toekomst uiterst goedkoop kan worden geproduceerd en bovendien onderhoudsarm en storingsvrij is. Ook tussen- of deeloplossingen kunnen zo gezien worden. Op voorhand is niet te zeggen of de sensor/sturing aanpak op korte termijn wel tot economisch rendabele toepassing kan leiden, er zijn immers ook andere wegen van afkoppelen en sturen op basis van kwaliteit bekend. Vraag is daarbij waar het wel of juist niet zinvol toegepast kan worden.

1.1.3 *Technologie en onderzoek*

Op het gebied van technologie en onderzoek spelen vooral wetenschappelijke motieven een rol. De uitdagingen liggen hier met name op het gebied van de sensortechnologie. De vragen zijn:

- Welke sensoren zijn er voorhanden voor welke kwaliteitsparameters?
- Kunnen deze sensoren on-line gebruikt worden?
- Zijn deze sensoren klein, nauwkeurig, robuust, en toch betaalbaar?
- Zijn deze sensoren ongevoelig voor allerlei storende invloeden zoals vervuiling?
- Welke nieuwe technieken zijn er beschikbaar om sensoren voor waterkwaliteit te ontwikkelen?

Op het gebied van sturing liggen er ook vragen. Leidraad is het hebben van een norm (of drempelwaarde) op basis waarvan de sturing kan gebeuren. Dan nog kunnen er keuzes gemaakt worden als feed-forward sturingen of feed-back regelingen, waarbij belangrijk te weten is hoe de inrichting van het systeem is, wat de stuurorganen zijn (actuatoren zoals kleppen, schuiven en pompen) en wat het (statische en dynamische) gedrag van de systemen is (modellering en systeemidentificatie). Aspecten die daarbij tevens een belangrijke rol spelen zijn de energievoorziening en de communicatie tussen metende, sturende en beslissingsondersteunende systemen.

1.2 **Doelstelling**

Het concrete doel van deze verkenning is het voorbereiden van een ontwikkelings- en demotraject dat op korte termijn (3-5 jaar) aantoont dat er technologische oplossingen voor

selectieve waterstroomsturing zijn die praktisch geïmplementeerd kunnen worden. Verder moet er een scenario geschetst worden voor de strategische ontwikkeling (5-10 jaar) van technologie voor selectieve rioolwatersturing. Dit scenario moet als leidraad dienen voor bestuurders, onderzoekers en bedrijven voor toekomstige innovaties en ontwikkelingstrajecten.

Deze doelen zullen gerealiseerd worden middels desktopstudies, stakeholderinterviews en workshops. Daartoe zullen stakeholders vanuit bestuur (b.v. de Commissie Integraal Waterbeheer en waterschappen) en technologie (bedrijven en universiteiten) geïdentificeerd worden en bij elkaar gebracht worden in een tweetal workshops. De workshops moeten leiden tot een concrete keuze voor een scenario (routekaart), een plan voor een ontwikkelingstraject, en de identificatie van een consortium en het commitment van de partijen voor het starten van een gezamenlijk ontwikkelingstraject. Op basis van het eindrapport moet het consortium in staat zijn om een projectvoorstel te schrijven voor een beoogde subsidiegever. Verder moeten de opdrachtgevers (Rioned en Stowa) op basis van het eindrapport in staat zijn om de verschillende beleidsorganen te adviseren over het al- of niet opstarten van een traject om regenwatersturing op basis van actuele kwaliteitsmonitoring in te zetten.

2 Aanpak van de verkenning (methode)

Het onderzoek is uitgevoerd onder leiding van Wageningen Universiteit en Research Centrum (A&F) in samenwerking met Tauw. Wageningen-UR heeft daarbij gebruik gemaakt van haar kennis met betrekking tot meet- en besturingstechniek op het gebied van water, en haar (inter-) nationale netwerk van universiteiten en bedrijven voor het onderzoek naar innovatieve (sensor)technologieën. Tauw heeft haar inbreng gebaseerd op haar expertise en praktische ervaring op het gebied van hemelwater infrastructuur en advisering aan gemeentes. Stichting RIONED en STOWA hebben kennis en informatie ingebracht met betrekking tot het beleid binnen de sector rioolwaterbeheer en bij de waterschappen.

Voor aanvang van het project (juni 2004) is een begeleidingscommissie ingesteld, met de opdracht de projectgroep te adviseren bij haar taak. Er is daarvoor gezocht naar vijf vertegenwoordigers uit de groep van probleemhebbers bij beleid, uitvoering en techniek die een duidelijke binding met het onderwerp regenwatersturing hebben. Zo zijn er twee vertegenwoordigers van de waterschappen Noorderzijlvest en Reest en Wieden, twee vertegenwoordigers van de gemeenten Ridderkerk en Roosendaal, en een vertegenwoordiger vanuit het sensoronderzoek (Bio-nanotechnologie uit Wageningen) gevonden.

Het onderzoek is uitgevoerd in een tweetal fasen:

1. verkenning; analyse, scenario-ontwikkeling en vraagarticulatie; en
2. routekaart ontwerp, projectgeneratie en consortiumvorming.

In beide fasen stappen zijn de bevindingen en tussenresultaten in een workshop gecommuniceerd met stakeholders. De eerste fase is afgerond met een tussentijdse rapportage. Het onderhavige rapport sluit fase 2 en daarmee het gehele project af.

2.1 Verkenning (fase 1)

In de eerste fase is het probleem nader in kaart gebracht en zijn de randvoorwaarden nader gespecificeerd. Daartoe is via een desktop literatuurstudie en een aantal interviews een drietal terreinen verkend: 1. de regenwaterketen; 2. de technologie en 3. de stakeholders. In deze studie zijn geen concrete oplossingen gegenereerd maar werden wel globaal een aantal oplossingsrichtingen verkend (scenario's). Deze scenario's werden binnen deze fase in een eerste workshop aan stakeholders voorgelegd.

Voor de regenwaterketen is gekeken naar de inrichting daarvan, de entiteiten (bronnen), de monitorings- en controlepunten, en de "waterkwaliteiten gradaties". Verder is in kaart gebracht welke wet- en regelgeving er op dit moment is. Op basis hiervan is specifiek vastgesteld wat het ultieme eindproduct van een onderzoeks- of ontwikkelingstraject zou kunnen zijn en is een inschatting gemaakt van de potentie van "actieve sturing van regenwaterstromen".

Ten behoeve van de technologie is de literatuur geraadpleegd om te zien welke bestaande producten en patenten er zijn, welke resultaten er uit recent onderzoek zijn en wat er aan onderzoek momenteel loopt. Doel van deze verkenning was het identificeren van mogelijk reeds toepasbare technologieën en trends, maar ook de “witte vlekken”. Er is gebruik gemaakt van via internet beschikbare bronnen zoals Webspirs (web-based search via WUR-netwerk) en van congresverslagen (b.v. Olsson, 2002). Voor het zoeken naar patenten is gebruik gemaakt van de zoekmachines Esp@net, waarbij de databases voor Nederland, Europa en de Verenigde Staten geraadpleegd zijn en is tevens door het Octrooiencentrum Nederland in den Haag een zoekopdracht uitgevoerd voor het thema “regenwatermeting”. Voor het zoeken naar bestaande producten is de zoekmachine Google gebruikt gebaseerd op zoektermen in het Nederlands en Engels (bv. sensoren, monitoring, riool, hemelwater, besturing, enz.), daarbij onderscheid makend tussen de meettechnologie of –methode (spectroscopie, infra-rood, ...) , meetgrootheden en parameters (lood, EC, ...) , en de toepassingsgebieden (hemelwater, drinkwater, zeewater ...). In principe is alleen informatie die niet ouder was dan 5 jaar (1999 of jonger) vastgelegd.

Ook stakeholders zijn in deze fase betrokken bij de verkenning. In eerste instantie zijn een beperkt aantal personen uit de drie groepen beleid (wet- en regelgeving en handhaving), uitvoering (probleemhebbers) en techniek (oplossingsaandragers voor kennis en technologie) geïdentificeerd. Er zijn interviews gehouden via bezoeken dan wel via telefonische benadering om probleem- en doelstelling nader te kunnen formuleren. Vervolgens zijn een groter aantal stakeholders geïdentificeerd (>50) waarvan er uiteindelijk ca. 35 aanwezig waren op de eerste workshop in januari 2005. In deze workshop zijn de resultaten van de verkenning gepresenteerd en is er gediscussieerd over de globale trends en scenario's en een plan van aanpak voor de volgende stappen.

Na de workshop is een analyse van de oplossingsrichtingen gemaakt aan de hand van het commentaar dat de stakeholders gaven tijdens de eerste workshop. De probleemstelling, en de mogelijke oplossingsrichtingen zijn daarmee geconcretiseerd. Deze scenario's zijn voorgelegd aan de begeleidingscommissie. Vervolgens is keuze gemaakt voor het meest kansrijke scenario. Een voorlopige uitwerking daarvan is in een tussenrapport vastgelegd (februari 2005) welke ter beschikking is gesteld aan de stakeholders die de eerste workshop hebben meegemaakt.

2.2 Routekaart en consortiumvorming (fase 2)

Deze tweede fase heeft in het teken gestaan van de verdere uitwerking van het gekozen scenario tot een routekaart (road map), en het samenstellen van een consortium dat zich aan de invulling van de routekaart zou willen committeren. Achtereenvolgens is aan de volgende activiteiten gewerkt:

Technologie verkenning voor monitoring en besturing

Ter aanvulling op de technologie verkenning uit de eerste fase zijn aan de hand van de stakeholder contacten de laatste ontwikkelingen op het gebied van sensoren en actuatoren in kaart gebracht. Zo is er bijvoorbeeld nader gekeken welke biologische sensoren er momenteel beschikbaar komen. Met deze extra informatie is de technologieverkenning (hoewel nooit compleet), zo up-to-date mogelijk gemaakt.

Strategie en scenario ontwikkeling

Voor de verdere ontwikkeling van een aanpak is met name gekeken naar welke vragen er op allerlei terreinen liggen en hoe die op korte en lange termijn beantwoord zouden kunnen worden. Daarbij zijn inschattingen gemaakt over de korte en lange termijn haalbaarheid, en is ook uitdrukkelijk gekeken naar de afhankelijkheden en relaties die er mogelijk tussen deze vragen en de verschillende terreinen bestaan. Juist hierin zouden immers de bottlenecks kunnen schuilen die de invoering van actieve regenwatersturing zouden kunnen dwarsbomen.

Consortiumvorming voor ontwikkelings- en demoprojecten

Tijdens de “Sense of Contact 2005” is de routekaart gepresenteerd aan verschillende MKB’s, de Federatie het Instrument en universiteiten die betrokken zijn bij sensoronderzoek en –ontwikkeling in een “Break-out sessie”. Deze actie heeft geleid tot het instellen van een pre-project manager (Dumont Advies) door het FHI met de opdracht om een projectplan uit te werken voor onderzoek naar monitoring van waterkwaliteit onder de naam “Clear Water Sensing”. De routekaart is ook besproken in een tweede workshop met een breder forum bestaande uit vertegenwoordigers van beleid, uitvoering en onderzoek (waterschappen, gemeentes, ingenieursbureaus etc.). Verder zijn er individuele gesprekken gevoerd met stakeholders (b.v. gemeente Ridderkerk, waterschap Hollandse Delta) waarin gericht over vervolgstappen gesproken is met betrekking tot een op te zetten demo-project in Ridderkerk. Tevens is verkend welke financieringsbronnen er zijn voor deze onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten en welke partijen er mogelijk in een consortium zouden willen deelnemen. De routekaart is verder uitgewerkt tot concrete project-indicaties waarin de onderzoeksvragen en mogelijke partners genoemd zijn.

Eindrapportage

In deze eindrapportage zijn alle resultaten met conclusies en aanbevelingen vastgelegd. Hierin zijn terug te vinden de literatuurstudie, de scenario’s en de routekaart. Het eerste deel is openbaar en is bedoeld om breed alle geïnteresseerden te informeren. In dit deel worden alleen organisatie namen vermeld waar zinvol, individuele personen worden niet benoemd. Het tweede deel van de rapportage bevat alle vertrouwelijke informatie zoals de project-indicaties (in detail) en individuele namen van contactpersonen. Dit deel is slechts bedoeld voor de opdrachtgevers en stakeholders die zich geïnteresseerd hebben deel te nemen in een consortium. Deze informatie bevat alle benodigde informatie om tot een concreet subsidiebaar projectvoorstel te komen.

3 Resultaten van de verkenning

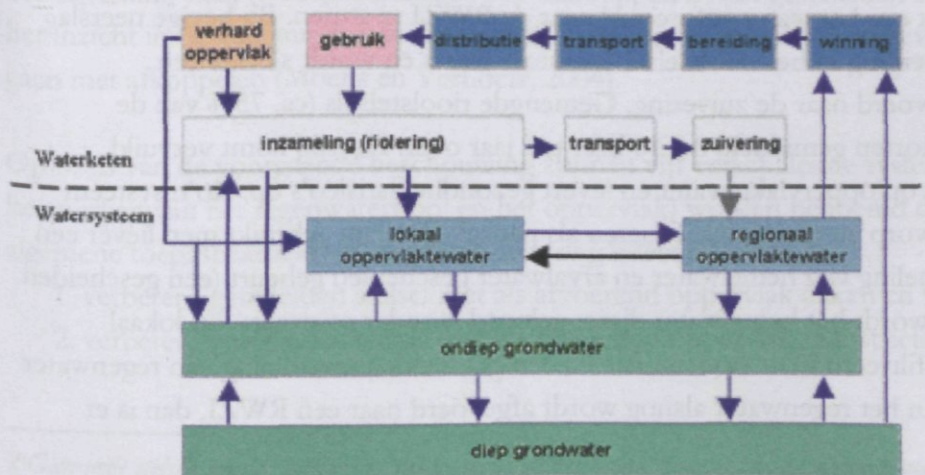
Om de toepassing van monitoringstechnieken voor afstromend regenwater in te kunnen kaderen is allereerst een state-of-the-art analyse noodzakelijk. Daarom is een procesbeschrijving van regenwaterstromen, entiteiten (bronnen), monitorings- en controle punten, en "waterkwaliteiten gradaties" in regenwaterketens gemaakt. Daarna is geïnventariseerd welke technologieën er voorhanden zijn, dan wel ontwikkeld kunnen worden. Tot slot is gekeken welke stakeholders er allemaal betrokken zijn bij deze materie. De informatie uit dit hoofdstuk zal in het volgende hoofdstuk de basis vormen voor de uitwerking van de doelstellingen van actieve regenwatersturing en de ontwikkeling van verschillende scenario's. Gemakkelijk toegankelijke bronnen voor deze materie zijn o.a. de website: www.waterland.net en het boekje "Wijs met hemelwater (van Beurden e.a., 2000), de Waterwijzer 2004-2005 (S. Ras, 2004) en Rioned, 2002-2.

3.1 Afstromend regenwater

Binnen dit onderzoek richten we ons op het afstromend regenwater dat via een verhard oppervlak (wegen, daken etc.) na een regenbui terechtkomt in het (regenwater)riool, het lokale oppervlaktewater of het grondwater. Dit water vormt een beperkt deel van de gehele waterketen.

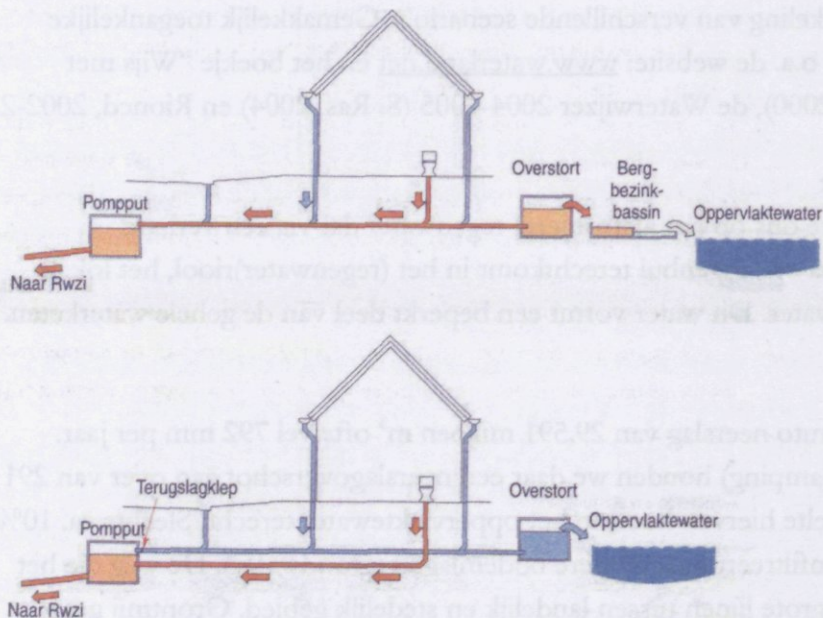
3.1.1 Regenwaterstromen

In Nederland hebben we een bruto neerslag van 29.591 miljoen m³ oftewel 792 mm per jaar. Netto (na correctie met de verdamping) houden we daar een neerslagoverschot aan over van 291 mm per jaar. Het grootste gedeelte hiervan komt in het oppervlaktewater terecht. Slechts ca. 10% van de totale neerslag (70mm) infiltreert naar diepere bodemlagen (grondwater). De weg die het water daarbij aflegt verschilt in grote lijnen tussen landelijk en stedelijk gebied. Grontmij geeft een volgende definitie van de waterketen: "Onder waterketen wordt verstaan het gebruik van water door de mens. Gebruik in de zin van drinkwaterproductie tot en met afvalwaterzuivering. Bij het werken in die waterketen maken we onderscheid in: Drinkwater; Proceswater, Riolering en Afvalwater". Daarnaast gebruiken we de term "Watersysteem" voor de combinatie van oppervlakte- en grondwater. Zie Figuur 1.



Figuur 1. Overzicht waterketen en watersysteem (naar Grontmij).

In het landelijk gebied zal het hemelwater (regenwater) op onverharde oppervlakken terecht komen en daar verdampen, infiltreren in de bodem of afstromen naar het oppervlaktewater. In het stedelijk gebied valt een groot deel van het hemelwater op een verhard oppervlak (daken en wegen). Dit water wordt geloosd op het oppervlaktewater, geïnfiltréerd in de bodem (natuurlijk of via wadi's of infiltratiepunten) of het wordt ingezameld via straatkolken en dakgoten en gemengd met het stedelijk afvalwater. Als de inzameling van regenwater in één leidingsysteem gecombineerd wordt met de inzameling van afvalwater, dan is er sprake van een gemengd rioolstelsel (Figuur 2, boven).



Figuur 2. Een gemengd rioolstelsel (boven), en (onder) een verbeterd gescheiden rioolstelsel (van Beurden e.a, 2000).

Bij een geringe hoeveelheid neerslag voert een gemengd rioolstelsel regenwater samen met huishoudelijk afvalwater af naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Een pomp (voor een drukriool) wordt gebruikt om het water geforceerd naar de RWZI te sturen. Bij hevige neerslag vindt door de beperkte berging in het rioolstelsel overstort plaats en wordt slechts een gelimiteerd gedeelte afgevoerd naar de zuivering. Gemengde rioolstelsels (ca. 75% van de riolering in Nederland) storten gemiddeld 8 à 10 keer per jaar over. Daarbij komt vervuild afvalwater en slib terecht op oppervlaktewater en levert gezondheidsrisico's op. Zo'n systeem heeft verdroging, vuiluitworp en grote piekafvoeren als nadeel. Daarom gebruikt men liever een systeem waarbij de inzameling van hemelwater en afvalwater gescheiden gebeurt (een gescheiden rioolstelsel). In dit geval wordt het hemelwater direct geloosd (zonder overstort) op lokaal oppervlaktewater of geïnfiltréerd in de bodem. Als bij een gescheiden inzameling van regenwater en afvalwater een deel van het regenwater alsnog wordt afgevoerd naar een RWZI, dan is er

1 Onverharde oppervlakken vallen in principe buiten de "scope" van deze studie. Monitoring en controle is daarbij een lastig punt. Regenwater dat verzameld wordt via een verhard oppervlak is immers eenvoudig traceerbaar.

spraken van een verbeterd gescheiden stelsel. In dit stelsel zal dan een terugslagklep in de pompput geplaatst worden en wordt wederom een overstort gebruikt (Figuur 2, onder).

3.1.2 *Afstromend regenwater: bron typering*

In deze studie wordt het afstromend regenwater van verharde oppervlakten zoals daken en wegen als bron gedefinieerd. Om de algemene toepasbaarheid van regenwatersturing aan de praktijk te kunnen toetsen is het noodzakelijk de verschillende typen bronnen (met name m.b.t. de kwaliteit) te benoemen. De typering van de bronnen kan verschillen in het aangesloten verhard oppervlak (regenwaterkwaliteiten) en de inrichting van het regenwaterstelsel.

Hoofdypering

Het type afstromend water wordt vaak gecategoriseerd volgens het oppervlak:

1. Afstromend regenwater van daken,
2. Afstromend regenwater van wegen,
3. Afstromend regenwater van daken en wegen (gemengde oppervlakken), en
4. Afstromend regenwater van industrieterreinen.

Het afstromend regenwater in Nederland is vooral afkomstig van gemengde oppervlakken (daken en wegen) en in mindere mate die van industrieterreinen. Regenwaterstelsels waar alleen wegen of daken op aangesloten zijn, zijn zeldzaam. Recentelijk is veel informatie van de vuilemissie van industrieterreinen en gemengde oppervlakken beschikbaar gekomen die bij demoprojecten gebruikt kan worden als referentie (Boogaard & v.d. Pijl, 2005; WRW, 2002; Stowa 2004).

De regenwaterstelsels zelf zijn onder te verdelen in verbeterd gescheiden stelsels (VGS) en gescheiden stelsels². Waarbij de (verbeterd) gescheiden rioolstelsels in Nederland circa 30% van de totale riolering uitmaken waaronder 12% gescheiden en 18% verbeterd gescheiden stelsels. De kansen voor implementatie van regenwatersturing bij verbeterd gescheiden stelsels worden groter geacht vanwege de bestaande infrastructuur en aangezien het afkoppelen in de publieke belangstelling staat (weinig aandacht voor 'aankoppelen' van gescheiden stelsels, wel interesse in het inzicht in de vuilemissie van deze stelsels). Recent is onderzoek uitgevoerd naar hoe om te gaan met afkoppelen (Moens en Verhoeff, 2004).

Op basis van de voorgaande beschouwing kunnen vijf verschillende systemen (op basis van kenmerken van het regenwaterriool en het oppervlak) worden benoemd die in het kader van de algemene toepasbaarheid van regenwatersturing relevant zijn:

1. verbeterd gescheiden stelsel met als afvoerend oppervlak daken en wegen,
2. verbeterd gescheiden stelsel met als afvoerend oppervlak industrieterreinen,

² *Gemengde stelsels worden hier buiten beschouwing gelaten omdat daarbij niet de mogelijkheid bestaat om het regenwater ergens in de waterketen afzonderlijk te sturen. Monitoring zou in principe natuurlijk wel kunnen, maar is zinloos omdat een stuurpunt hier ontbreekt.*

3. verbeterd gescheiden stelsel met als afvoerend oppervlak daken en wegen en industrieterreinen (o.a. Ridderkerk),
4. gescheiden stelsel met als afvoerend oppervlak daken en wegen, en
5. gescheiden stelsel met als afvoerend oppervlak industrieterreinen.

Aanvullende typering

Los van deze hoofdtypering kunnen bronnen nog kwaliteitsverschillen vertonen in de tijd (b.v. first flush en seizoensinvloeden) maar ook in ruimtelijke zin (aard industrie etc.). Bij het kiezen van demolocaties is het daarom zinvol om ook in ogenschouw te nemen:

- het verschil in kenmerken van het verbeterd gescheiden stelsel: pompovertcapaciteit (POC) en berging;
- het ambitieniveau van het oppervlaktewater;
- de milieucategorieën van industrieterreinen;
- de specifieke kenmerken van aangesloten oppervlakken zoals: inrichting (bv. uitlogende materialen), beheer (bv. gladheid-, onkruidbestrijding) en het gebruik (markten, festivals);
- het functioneren van de gehele waterketen (bv. overbelaste RWZI, of afkoppelen gewenst bij stagnante watergangen), en
- de overige bijzonderheden (kwaliteitswaarborg gewenst bij bijvoorbeeld foutieve aansluitingen/rioolvreemd water).

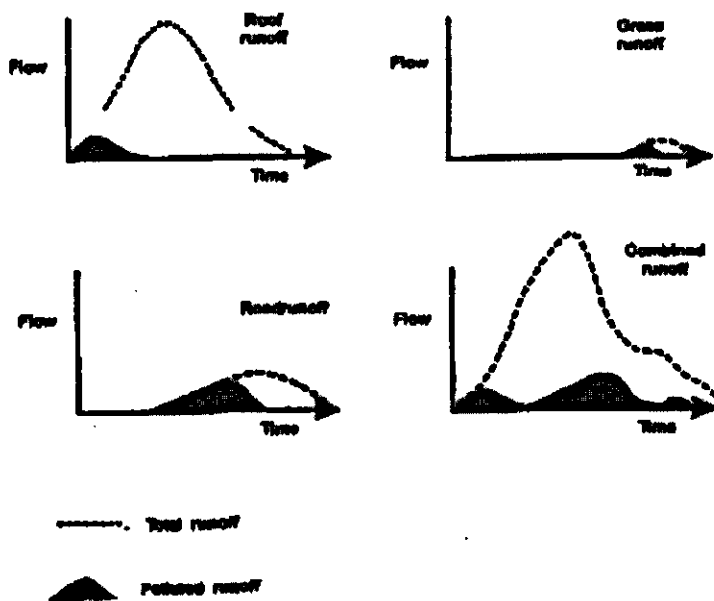
First flush

De eerste stroom regenwater dat van een verhard oppervlak afstroomt na een langere periode van droogte kan een grote hoeveelheid aan verontreinigingen bevatten (b.v. zware metalen en organische verbindingen). De aard van deze zogenaamde “first flush” kan nogal divers zijn in de tijd gezien, e.e.a. afhankelijk van het type oppervlak en de lengte van de droogte periode. Ook is er verschil ten aanzien van de helling van de oppervlakten. In de Nederlandse situatie met vlakke, uitgestrekte gebieden hebben we te maken met lage stroomsnelheden. Zo zullen daken vrij snel hun verontreinigingen kwijtraken, in tegenstelling tot bijvoorbeeld grasoppervlakken die door hun watervasthoudende werking maar langzaam geaccumuleerde vervuilingen laten uitspoelen. Na combinatie van verschillende waterstromen kan zo een zeer divers concentratieverloop in de tijd van de verontreinigde fracties gemeten worden (Figuur 3). In het algemeen is het daarom heel lastig om de kwantitatieve waterhoeveelheid bij een “first flush” als maat van de vervuiling, en daarmee als stuurgrootte, aan te merken.

3.1.3 Monitorings- en sturingspunten in de regenwaterketen (fysieke plekken)

In deze studie richten we ons op het doel om regenwaterstromen te kunnen sturen. Deze sturing kan betrekking hebben op het real-time sturen van een waterklep (schoon water naar oppervlak, vuil water naar de RWZI), maar kan ook gezien worden als het herinrichten van een geheel nieuw regenwaterriool. Primair ligt ons doel bij de eerste toepassing, het on-line meten en daarmee nagenoeg instantaan en actief sturen van het regenwater. De andere toepassing is secundair, maar is zeker niet uitgesloten. Daarbij gaan we er bijvoorbeeld van uit dat karakterisering van

waterstromen slechts eenmalig (bemonstering) of continu gedurende beperkte tijd gebeurt. Doel is dan vaak het verkennen van de waterketen voorafgaand aan een infrastructurele investering. Standaard procedures worden vaak vastgelegd in zogenaamde "beslisbomen", welke gebruikt worden ter ondersteuning van beleidsbeslissingen. Bemonstering met behulp van waterkwaliteit sensoren kan ook gebruikt worden om (incidentele) vervuillingsbronnen op te sporen (opsporen van milieudelicten van particulieren en bedrijven, of verkeerde aansluitingen in gescheiden systemen).



Figuur 3. Gedrag van de "first flush" bij verschillende oppervlakken.

(Bron: CIRA, 2004. Sustainable drainage systems, hydraulic, structural and water quality service)

In regenwaterketens zijn verschillende fysieke plekken te vinden waarbij monitoring en sturing op enigerlei wijze mogelijk kan zijn. Bij monitoring denken we dan aan het in- of aanbrengen van een meetpunt (sensor), en bij sturing denken we dan aan het plaatsen van actuatoren (kleppen, pompen, schuiven, overlopen etc.). Vaak zal een meetpunt in de nabijheid geplaatst worden van een stuurpunt, maar het is niet uitgesloten dat sensor en actuator op geheel verschillende locaties geplaatst worden. Achtereenvolgens zullen nu de verschillende locaties met hun mogelijkheden behandeld worden.

Hemelwater

Met hemelwater bedoelen we de neerslag die uit de lucht op aarde terecht komt. Het gaat daarbij niet alleen om water, maar ook om de daarin al of niet opgeloste stoffen. We praten daarom vaak over natte en droge depositie. Ten aanzien van regenwaterkwaliteit richtte het beleid zich in het verleden vooral op zure regen ten gevolge van grootschalige luchtverontreiniging (www.vrom.nl).

De term zure regen dekte de lading niet. Het gaat immers niet louter om regen met een hoge zuurgraad. Bij verzuring en grootschalige luchtverontreiniging gaat het om:

- natte, zure neerslag (natte depositie): zure regen, hagel, sneeuw, mist of dauw;
- droge, zure neerslag (droge depositie): verzurende stoffen die als minuscuul kleine deeltjes of als gassen neerslaan; en
- fotochemische luchtverontreiniging: onder invloed van zonlicht wordt ozon gevormd uit NO_x en VOS.

Ondanks de jarenlange aanpak van de emissie van toxische stoffen kan hemelwater in gebieden waar bijvoorbeeld veel zware industrie (randstad, hoogovens, dioxine etc.) voorkomt lokaal hoge concentraties aan toxische stoffen bevatten. Het regenwater zou daarom bemeten kunnen worden nog voor het op een verhard oppervlak tot afstroming kan komen. Door hier waterkwaliteiten te bepalen kan iets gezegd worden over de concentraties van de verschillende stoffen opgelost in dat hemelwater (ook wel genoemd de achtergrond concentratie). Deze achtergrondconcentratie hoeft namelijk niet constant in plaats en tijd te zijn.

Door on-line meten van kwantiteiten zou via modellering voorspellingen gedaan kunnen worden over te verwachte regenwaterhoeveelheden in het rioolwaterstelsel. Dit zou een parameter voor sturing kunnen opleveren. Het met behulp van regenwatermeters (metrostations) op verschillende plekken meten van regenwaterhoeveelheden gebeurt nu al in verschillende gemeentes (o.a. Tilburg, Mierij Meteo).

Straatkolken, regenpijpen, drainagepijpen ...

Het meten van de kwaliteit en actief sturen zo dicht mogelijk bij de bron levert het beste rendement. Om die reden komen straatkolken, regenpijpen en drainagebuizen in principe als meest geschikte kandidaat naar voren voor monitoring en sturing, omdat daar als eerste het onvermengde regenwater afkomstig van de oppervlakken verzameld wordt. Veel verder op in de waterketen heeft het regenwater meer kans om vermengd te raken met ander water (bijvoorbeeld huishoudelijk afvalwater).

Het toepassen van sturen op dit niveau zijn al wel toepassingen van bekend. De SmartDrain (Tauw) werkt op basis van een hydraulisch principe (een soort mini-overstort in een straatkolk) en is bedoeld om bij grote flows (waterkwantiteit) het regenwater direct af te voeren naar het oppervlaktewater. De SmartDrain houdt geen rekening met waterkwaliteiten. Actieve sturing op basis van waterkwaliteit zou hier in principe ingebracht kunnen worden door er een sensor bij te plaatsen. Vooralsnog zien we deze toepassing niet als haalbaar op de korte termijn omdat de kosten van een dergelijk systeem, door de grote aantallen, zeer aanzienlijk zullen zijn. Eerst wanneer we in staat zullen zijn om kleine, robuuste, onderhoudsvrije en goedkope systemen te ontwikkelen zal deze toepassing in beeld komen. Daarbij komt dat voor elektrische aansturing van deze systemen er nog geen infrastructuur voorhanden is. Een interessante ontwikkeling is wel

de mogelijkheid om energie te winnen uit het natuurlijk verval van de rioolssystemen. In Zuid-Limburg voert een gemeente een verkenning hier naar uit.

Verzamelputten

Regenwater afkomstig van de primaire ontvangende middelen (straatkolken e.d.) zal zich via een wijd vertakt stelsel in eerste instantie bundelen in zogenaamde verzamelputten of knooppunten. In de praktijk komen we hier een grote verscheidenheid van vormen tegen. Deze kunnen voorkomen op straat- of wijkniveau, per gebouwencomplex (flats), bij bedrijventerreinen, pompstations e.d. In veel gevallen zal het nu nog niet economisch rendabel zijn om hier continue monitoring toe te passen. Het nut van monitoring staat of valt natuurlijk bij het hebben van een stuurmogelijkheid op deze plekken. Immers, wanneer de verzamelputten slechts voor bundeling van riolen dienen en er geen afvoer naar oppervlaktewater mogelijk is, is er geen noodzaak om hier continu te meten. Waar als eerste deze toepassing zinvol kan zijn is mogelijk daar waarbij het milieu-impact bij calamiteiten het grootst is. In dat geval komen bedrijventerreinen en pompstations in aanmerking, echter alleen dan wanneer de calamiteiten zich sporadisch voordoen. Indien hier sprake is van een continue vervuiling is het zinloos om te meten en actief te sturen. Infrastructurele maatregelen (aanleg van vaste systemen) is dan economisch rendabeler.



Figuur 4. Voorbeeld van een straatput, met extreme verontreinigingen (Foto: Tauw).

Overstort en / of pompput

Overstorten lozen hun water doorgaans op beken, vijvers of grachten in het nabije stedelijk gebied. Alhoewel dit in principe niet hoeft, zijn overstort en pompput vaak gecombineerd tot een complex (bv pompemaal Ridderkerk). Zowel pomp en overstort (vaste of beweegbare schuif) zijn als actuatoren te beschouwen. Beiden kunnen actief de waterstoomhoeveelheden (flows, debieten) of waterniveaus in regenwaterstelsels beïnvloeden. Pompen kunnen in snelheid geregeld worden, en schuiven (ventielen) kunnen een instelhoogte (stand) hebben. Met andere woorden, ze hebben een analoge instelgrootheid. Kleppen daarentegen zullen gesloten of open zijn, en hebben daarmee een “digitaal” karakter.

miljoen Nederlanders. In 1996 hadden deze een totale capaciteit van 24.4 miljoen inwonerequivalenten voor het zuiveren van afvalwater van huishoudens en bedrijven.

RWZI's worden gehouden aan normen voor de kwaliteit van hun effluent. Voor de handhaving worden regelmatig (wekelijks) watermonsters genomen welke door erkende laboratoria geanalyseerd worden. Ook voor de procesvoering worden on-line metingen aan de waterkwaliteit uitgevoerd. In principe zullen RWZI's geïnteresseerd zijn naar sensoren voor waterkwaliteit, zoals bijvoorbeeld een N-, of P-meting. Er gebeurt ook veel onderzoek naar monitoring en sturing van (riool) water zuiveringsinstallaties. Deze toepassingen vallen niet zo direct binnen de "scope" van dit onderzoek. Wat wel mogelijk interessant zou kunnen zijn is het monitoren van het influent. Immers, de RWZI is er niet in geïnteresseerd om grote hoeveelheden schoon water te verwerken. Het zuiveringsproces kan hiermee, maar ook met toxische stoffen, verstoord worden. Op basis van een actuele kwaliteitsmeting zou de RWZI actief kunnen beslissen om rioolwater niet toe te laten tot het proces. In het uiterste geval zou met kennis van de kwaliteit zelfs het zuiveringsproces beter gestuurd kunnen worden.

Infiltratie en bodempassage

Bij infiltratie en bodempassage vindt ophoping van aan deeltjes (zwevend stof) gebonden verontreinigingen. Na verloop van tijd kunnen deze deeltjes alsnog uitspoelen naar het grondwater (doorslag). Om dit te voorkomen moet de bodem onderhouden worden en regelmatig gecontroleerd worden op stofsamenstelling. Continue monitoring van de concentratie van gebonden verontreinigingen is mogelijk een alternatief hier.

Ontvangend (oppervlakte) water

Door kwaliteit van ontvangend water te bepalen kunnen de effecten van overstorten in kaart gebracht worden. Momenteel is daarvoor monsternamen en -analyse de aangewezen methode. Continue monitoring zou gebruikt kunnen worden om langdurig en met kleinere intervallen tegen lagere arbeidskosten dit type monitoring uit te voeren. Iets soortgelijks gebeurt nu al bij de grotere rivieren waar Rijkswaterstaat continu de waterkwaliteit observeert.

Momenteel wordt overgestort onafhankelijk van de kwaliteit van het ontvangende water en vindt in een aantal gevallen afrekening plaats op basis van de dimensionering van het stelsel en een schatting van het jaarlijks aantal overstorten. In het kader van het principe dat de vervuiler betaalt, kan ook gekeken worden of het effluent (overstortwater) schoner is dan het ontvangende water zelf. Het is niet ondenkbaar dat in een toekomstige situatie daarom de kwaliteit van het ontvangende water mee kan wegen bij het vaststellen of het effluent al of niet vervuild is, en of een overstort heffingsplichtig is. Indien deze technische mogelijkheden er komen, zal binnen het beleid de vraag ontstaan of dit een zinvolle aanpak is en zal er desgewenst nieuwe regelgeving moeten worden ontwikkeld.

3.1.4 Waterbeheer, beleid en uitvoering

De rijksoverheid (VROM) geeft de kaders (wetten) waarbinnen we in Nederland met water omgaan. In 1999 is door de overheid de vierde nota waterhuishouding uitgebracht³ (NW4). Deze nota pleit voor een herstel van de veerkracht van watersystemen. Concreet moet schoon water zo lang mogelijk worden vastgehouden in de wijk door infiltratie en afvoer naar oppervlaktewater. Aandachtpunten daarbij zijn: de waterketen met in het bijzonder de riolering, het terugdringen van overstorten en het gescheiden afvoeren van regen- en vuilwater (afkoppelen), door bijvoorbeeld afstromend regenwater van verharde oppervlakken te laten infiltreren in de bodem. De ambitie daarbij is in bestaand stedelijk gebied 20% en in nieuw stedelijk gebied 60% af te koppelen. Daarbij dient rekening gehouden te worden met de waterkwaliteiten van de verschillende bronnen. Medio 2004 (Clemens, 2004) heeft de ministerraad ingestemd met het beleid voor gescheiden systemen voor het water uit de dakgoot en voor de straat (hemelwater), en voor afvalwater uit toiletten, wasmachines en douches (huishoudelijk afvalwater). Voorlopende gemeenten zijn al veel vroeger gestart met afkoppel maatregelen (Welcker, 2004).

De provincie houdt toezicht op het waterbeheer. Zij stelt het waterbeleid vast waar het beheer van waterschappen op afgestemd dient te worden. Elke vier jaar komt de provincie met een nieuw waterhuishoudingsplan, waarin grond- en oppervlakte water en kwantiteit en kwaliteit benoemd worden.

Waterkwantiteitsbeheerders (waterschap, hoogheemraadschap) beheren de grotere watergangen (reguleren het peil. Waterkwaliteitsbeheerders (RWZI's) controleren lozingen op oppervlaktewater, aan de hand van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren. Momenteel zijn de waterschappen georganiseerd tot integrale waterbeheerders, en beheren dan zowel kwaliteit als kwantiteit.

³ *Vierde Nota Waterhuishouding (bron: www.waterland.net)*

De Vierde nota waterhuishouding legt de belangrijkste beleidsdoelstellingen voor waterbeheer vast voor met name de periode 1998-2006. Het beleid vervat in de Nota is een directe voortzetting van het beleid geformuleerd in de Derde nota waterhuishouding die in 1989 is vastgesteld. Veranderingen in beleid zijn met name het gevolg van recente ontwikkelingen en te verwachten ontwikkelingen zoals klimaatverandering, zeespiegelstijging en voortgaande bodemdaling.

Evenals de Derde nota waterhuishouding, gaat de Vierde nota waterhuishouding uit van integraal waterbeheer en een watersysteembenadering. De Nota is tevens gebaseerd op het stand-still-beginsel, het voorzorgprincipe en het principe dat de vervuiler betaalt. De hoofddoelstelling van de Nota is het hebben en houden van een veilig en bewoonbaar land en het instandhouden en versterken van gezonde en veerkrachtig watersystemen, waarmee een duurzaam gebruik blijft gegarandeerd.

Bij de lange termijn strategie voor waterbeheer staan twee denklijnen centraal. In de eerste plaats zal worden uitgegaan van het zoveel mogelijk op een natuurlijke wijze omgaan met water en watersystemen. Als tweede gaat het er om vanuit het waterbeleid de watersysteem- en stroomgebiedbenadering (zowel nationaal als internationaal) te benadrukken. De samenhang binnen het waterbeheer en tussen waterbeleid, milieubeleid en ruimtelijke ordening wordt in deze gebiedsgerichte benadering bewerkstelligd.

De gemeente is verantwoordelijk (geregeld in de wet milieubeheer) voor het rioolstelsel en de ontwatering van het stedelijk gebied. In sommige gevallen beheert de gemeente ook het oppervlaktewater.

Waterleidingbedrijven zijn nutsbedrijven met een publieke taak. Zij hebben invloed op het beheer van oppervlaktewater en grondwater daar waar zij dit water gebruiken voor de drinkwaterbereiding. Het waterleidingsbedrijf zuivert grond- of oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding.

3.1.5 *Wet- en regelgeving*

Voor wet- en regelgeving kan onderscheid gemaakt worden tussen internationale (EU) en nationale regelgeving. Zowel nationaal als internationaal is de Kader Richtlijn Water (KRW) leidend voor de problematiek uit deze studie. De KRW kent twee dochterrichtlijnen voor oppervlakte- en grondwater. Verder zijn door de EU een aantal prioritaire stoffen benoemd die speciale aandacht vragen. Uit de internationale regelgeving is de nationale wet- en regelgeving afgeleid. Deze kan in principe per land verschillen. Voor kwaliteit van oppervlakte- en grondwater zijn er in Nederland een aantal wetten voorhanden. Zo kennen we de:

- Wet op de waterhuishouding
- Wet verontreiniging Oppervlaktewater
- Grondwaterwet
- Wet bodembescherming
- Wet milieubeheer

Gebaseerd op de nationale wetten en regelgeving ontwikkelen gemeentes verordeningen die voor handhaving naar burgers en bedrijven gehanteerd worden. Een voorbeeld is de rioolaansluitverordening.

EU-Kader richtlijn water

Het huidige stedelijke en nationale waterbeleid staat volledig in het teken van de invoering van de Europese kader richtlijn water (KRW, december 2000). Deze Europese richtlijn (art. 4) geeft o.a. aan dat in 2015 een goede ecologische toestand van oppervlakte- en grondwater bereikt moet zijn (www.kaderrichtlijnwater.nl). Voor het bereiken van Goede Ecologische Toestand zijn door de EU prioritaire stoffen aangewezen, met een daarbij horende norm. Voor relevante stoffen, die door de lidstaten moeten worden aangewezen, is een methodiek aangereikt om de norm te bepalen. De Goede Ecologische Toestand geldt voor alle wateren. Volgens een door de KRW voorgeschreven methodiek moet de Goede Ecologische Toestand voor natuurlijke wateren (meren, rivieren, overgangswateren en mariene wateren) worden bepaald aan de hand van een aantal voorgeschreven biologische parameters. Nutriëntconcentraties mogen nooit zodanig hoog zijn dat ze het bereiken van de Goede Ecologische Toestand in de weg staan.

De KRW kent tevens twee dochter richtlijnen voor zwem- en grondwater. De ontwikkeling en implementatie van allerhande maatregelen voor monitoring is op dit moment in volle gang. Uitwerking hiervan gebeurt o.a. in de werkgroep MIR (subgroep KRW-monitoring), waarin allerlei actoren (waterschappen, provincie, VROM, RIZA, RIKZ e.d.) in zijn vertegenwoordigd. Verwacht wordt dat de eerste maatregelen rond 2012 volledig operationeel zijn. De KRW is een brede richtlijn, maar op het gebied van de kwaliteit van oppervlakte en grondwater (concentraties van individuele stoffen) worden in de richtlijn twee waarden genoemd: een grenswaarde en een richtwaarde. De grenswaarde geeft de kwaliteit die op een bepaald moment moet zijn bereikt of in stand moet worden gehouden. Dit is een resultaatsverplichting, en de grenswaarde is een absolute drempelwaarde die nooit mag worden overschreden. De richtwaarde (of ook wel streefwaarde), is de kwaliteit die zoveel mogelijk moet zijn bereikt of in stand moet worden gehouden. Deze waarde ligt veelal ver onder de grenswaarde. Dit vatten we onder een inspanningsverplichting.

De impact van de KRW op gemeentes is voor alle gemeentes nog onbekend, ondanks het feit dat op relatief korte termijn maatregelen beschreven en genomen moeten worden. Om die reden worden er in Nederland bij sommige gemeentes pilots gestart om inzicht te krijgen in de hindernissen die gemeentes moeten nemen als gevolg van de KRW. Een voorbeeld is de gemeente Roosendaal die samen met de provincie Noord-Brabant en het waterschap Brabantse Delta onder begeleiding van het adviesbureau ARCADIS het gehele proces doorloopt ten aanzien van de doelstelling MEP, GEP voor de waterlichamen in het stedelijk gebied van de gemeente. Deze pilot loopt tot oktober 2005.

Prioritaire stoffen

De KRW benoemt een groot aantal (184) stoffen met daarbij de grens- en streefwaarde (zie Bijlage 9.8). De Europese Unie heeft binnen deze stoffen een kleiner aantal stoffen (34) benoemd waarvoor speciale aandacht gevraagd wordt, de zogenoemde prioritaire stoffen. Deze stoffen moeten op korte termijn zoveel mogelijk uit ons milieu verbannen worden (zie Bijlage 9.7). De werkgroep MIR stelt voor dat alle prioritaire stoffen op alle locaties tenminste één keer per 18 jaar gemeten moeten worden (monitoring t.b.v. controle, handhaving, lange termijn effect monitoring).

EU-Grondwaterrichtlijn

De EU werkt momenteel aan een dochter-richtlijn van de KRW: de grondwaterrichtlijn (17 februari 2005, mevr. mr. Marleen van Rijswijk, universiteit van Utrecht). Verwacht wordt dat hiermee strengere beperkingen voort zullen komen ten aanzien van het afkoppelen van regenwater naar de bodem. Het afstromend regenwater van daken en verhardingen zal niet vuiler mogen zijn dan het aanwezige grondwater. Het wordt daarom voor gemeentes nog interessanter om te weten hoeveel vervuiling het afvoerend oppervlak toevoegt aan het regenwater, de herkomst van de vervuiling te achterhalen en passende maatregelen te nemen.

EU-richtlijn zwemwater

Zwemwater van erkende zwem- en recreatievijvers moet voldoen aan de normen die vastgelegd worden in de EU-richtlijn inzake zwemwaterkwaliteit (76/160/EEG). De zwemwaterrichtlijn heeft betrekking op vier belangrijke parameters: totale colibacteriën, fecale colibacteriën, fecale streptokokken en salmonella. Ook parameters als minerale oliën, oppervlakte-actieve stoffen en fenolen worden hierbij onder de loep genomen. De richtlijn omvat twee waarden. Enerzijds zijn er de imperatieve waarden die wettelijk niet mogen overschreden worden. Volgens deze wettelijke normen mag het zwemwater maximum 10.000 totale colibacteriën per 100 ml, 2.000 fecale colibacteriën per 100 ml en 0 salmonella per liter bevatten (tabel 1). Daarnaast zijn er ook de streefwaarden. Die geven aan welke waterkwaliteit er op termijn moet nagestreefd worden. Het is een kwaliteitsideaal.

Tabel 1. Zwemwater normen voor bacteriologische parameters

Aantallen per 100 ml	totale colibacteriën	fecale colibacteriën	fecale streptokokken	salmonella
Imperatieve waarde	10.000	2.000	-	0
Streefwaarde	500	100	100	-

Riolaansluitverordening

In een riolaansluitverordening kan de gemeente een aantal specifieke eisen vastleggen waaraan het te lozen afvalwater dient te voldoen (naar een voorbeeld van de gemeente Oldebroek, <http://www.oldebroek.nl>). Voor het lozen van afvalwater gelden de algemene voorwaarden zoals ze zijn gesteld in de Wet milieubeheer. Voor bepaalde inrichtingen (bedrijfsmatig) is volgens deze wet een vergunning vereist, waarin wordt verwezen naar deze voorwaarden. In het algemeen kan gezegd worden dat een lozing op het gemeentelijk rioelstelsel de goede werking van de riolering niet in gevaar mag brengen. Dit kan zowel zijn op kwalitatief (de aard van het afvalwater) als kwantitatief (hoeveelheid) gebied. Voor een aantal riolaansluitingen zijn echter wel specifieke eisen vastgesteld. Deze worden in voorkomende gevallen schriftelijk aan de aanvrager meegedeeld.

Drukriolering: in het buitengebied zijn veel woningen aangesloten op het drukrioolstelsel. Bij dit stelsel is het verboden om hemelwater te lozen op de riolering. Een en ander houdt verband met de beperkte afvoercapaciteit van een dergelijk stelsel.

Bij een (verbeterd) gescheiden rioelstelsel gelden de volgende eisen:

- Op het hemelwaterriool (hwa-riool, ook wel regenwaterriool, rwa-riool, genoemd) mag alleen (relatief schoon) hemelwater worden aangesloten. Aansluiting van vuilwater is verboden.
- Op het vuilwaterriool (vwa-riool, ook wel droogweerafvoerriool, dwa-riool, genoemd) mag in principe alleen huishoudelijk en/of bedrijfsafvalwater worden aangesloten. In specifieke gevallen kan voor een betere doorspoeling van het stelsel worden gekozen voor het

aansluiten van een of meerdere kolken. Dit dient altijd in overleg met de gemeente te geschieden.

Er zijn ook limieten gesteld aan de afvoer van afstromend water. De norm voor de afvoer van regenwater naar een RWZI ligt in de orde van grootte van 0,8 l/s.ha voor een verbeterd gescheiden rioolstelsel en op 1,9 l/s.ha voor een (bestaand) gemengd rioolstelsel ten opzichte van het aangesloten verharde oppervlak. Het overschot moet in het plangebied geborgen worden.

Wetgeving in het buitenland (Europa)

In Zwitserland heeft de overheid besloten dat het verboden is om "niet-verontreinigd afvalwater" te lozen op het riool. Hiermee komt direct de vraag op: "wat is niet-verontreinigd afvalwater" en is dat bijvoorbeeld afstromend hemelwater? Terecht start Zorbist et. al (2000) dan ook een onderzoek naar de waterkwaliteiten van afstromend hemelwater.

Kwaliteitsnormen

In voorgaande paragrafen is gesproken over twee normen:

- de grenswaarde – een norm die in acht moet worden genomen; en
- de richtwaarde – een norm waar rekening mee gehouden dient te worden.

Naast deze wettelijke normen wordt er ook nog vaak melding gemaakt van een andere norm:

- het Maximaal Toelaatbare Risico (MTR) en
- de Streefwaarde.

De MTR is een wetenschappelijk afgeleide waarde voor een stof, die aangeeft bij welke concentratie geen negatief effect te verwachten is, of een kans van 10^{-6} of kleiner op sterfte kan worden voorspeld. De streefwaarde, geeft aan wanneer er sprake is van verwaarloosbare effecten op het milieu. In het Derde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP3, 1998) is vastgelegd dat op zeer korte termijn het MTR niet meer mag worden overschreden en dat de langere termijn de streefwaarde niet meer mag worden overschreden als gevolg van emissies. De termijnen zijn echter nog niet vastgelegd. Voor een aantal (zware) metalen zijn de MTR-waarden, en streefwaarden voor de verschillende typen water vermeld in Tabel 2. In het NW4 zijn de MTR en streefwaarden opgenomen als instrumenten in het waterbeleid.

3.1.6 Waterkwaliteiten

In de "Leidraad Monitoring – algemeen deel" (Riza, Wagemaker, 2001), wordt vermeld welke laboratoriummethoden gebruikt worden om de verschillende parameters te bepalen. Hier onderscheid met drie typen analyses: Chemische monitoring, Biologische monitoring, en Fysische monitoring. Biologische monitoring richt zich op het traceren van allerlei levende micro en macro componenten zoals plankton, macrofyten, algen, en de flora en fauna. Onder fysische monitoring wordt verstaan waterhoogte en afvoeren (debieten) evenals de hydromorfologie zoals

oeververhardingen en grindbodems. Binnen deze rapportage richten we ons op chemische monitoring.

Tabel 2. MTR-waarden (Bron: van Beurden et. Al, 2000).

MTR-WAARDEN	OPPERVLAKTEWATER			SEDIMENT			GRONDWATER	
	ACHTERGROND	LANDELIJKE	MTR	LANDELIJKE	MTR	LANDELIJKE	MTR	LANDELIJKE
	CONCENTRATIE- NOORDZEE	STREEF- WAARDE	OPGELOST	STREEF- WAARDE	TOTAAL IN	STREEF- WAARDE	TOTAAL IN	STREEF- WAARDE
METALEN	OPGELOST IN µG/L	OPGELOST IN µG/L	OPGELOST IN µG/L	TOTAAL IN µ/L	TOTAAL IN µ/L	DROGE STOF IN MG/KG	DROGE STOF IN MG/KG	OPGELOST IN µG/L
CADMIUM	0,03	0,08	0,4	0,4	2	0,8	12	0,06
ANORGANISCH KWIK	0,003	0,01	0,2	0,07	1,2	0,3	10	0,01
METHYL-KWIK	-	0,01	0,02	0,06	0,1	0,3	1,4	0,01
KOPER	0,3	0,5	1,5	1,1	3,8	36	73	1,3
NIKKEL	-	3,3	5,1	4,1	6,3	35	44	2,1
LOOD	0,02	0,3	11	5,3	220	85	530	1,7
ZINK	0,4	2,9	9,4	12	40	140	620	24
CHROOM	-	0,3	8,7	2,4	84	100	380	2,5
ARSEEN	-	1	25	1,3	32	29	55	7,2

Om een indruk te krijgen welke chemische stoffen (en welke concentratie) in hemelwater, afstromend regenwater en rioolwater voorkomen, is een inventarisatie gemaakt aan de hand van Boogaard & de Jong (2002). Ook is gebruik gemaakt van onderzoek van RIZA (Teunissen/Vermij, 2003) welke de diffuse bronnen beschrijven en de daarbij voorkomende concentraties van vervuulende stoffen. Zij onderscheiden de volgende waterstromen:

- hemelwater in het landelijk en stedelijk gebied;
- afstromend regenwater van daken, wegen en gemengde oppervlakken en afstromend regenwater van bijzondere oppervlakken (parkeerplaatsen, bushaltes, industrieterreinen etc.);
- rioolwater uit het regenwaterriool en een (V)GS.

De componenten in de verschillende waterstromen kunnen onderverdeeld worden in een aantal categorieën (naar: www.vrom.nl en NW4-bijlagen). Achtereenvolgens zal hiervan de aard, de oorsprong en de invloed gezondheid en milieu toegelicht worden.

Zware Metalen

Zware metalen zijn metalen met een relatief grote dichtheid, zoals lood (Pb), kwik (Hg), zink (Zn), arseen (As) en cadmium (Cd). Ze komen in de natuur voor en zijn vaak nodig voor bepaalde natuurlijke processen. In hogere concentraties zijn ze meestal giftig. Zware metalen komen vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen en bij industriële processen (raffinaderijen en metaalindustrie). Ook zitten zware metalen bijvoorbeeld in vuurwerk, verfpigment (cadmium), batterijen, of dakbedekking (zink). De metalen zijn meestal gebonden aan kleine stofdeeltjes, waardoor ze gemakkelijk in de longen doordringen. De gevolgen van blootstelling aan zware metalen kunnen ernstig zijn. Zware metalen tasten het immuunsysteem,

de stofwisseling, het zenuwstelsel en de hormoonhuishouding aan. Ook kunnen ze leiden tot aangeboren afwijkingen en gedragsstoornissen. De concentraties zware metalen in de lucht dalen. Met name de loodconcentratie is na invoering van loodvrije benzine drastisch afgenomen: met meer dan 92% sinds 1984. Andere, minder belangrijke, metalen zijn: Aluminium (Al), Boor (B), Barium (Ba), Berillium (Be), Chroom (Cr), Cobalt (Co), Koper (Cu), IJzer (Fe), Mangaan (Mn), Nikkel (Ni), Stibium (Sb), Scandium (Sc) en Vanadium (V).

Persistent organic pollutants (POP's)

POP is een verzamelnaam voor vaak giftige (toxische) chemische verbindingen. Persistent betekent "blijvend, volhardend". POP's zijn biologisch niet of zeer slecht afbreekbaar en hopen zich op in het vetweefsel. Voor deze stoffen is in 1998 een protocol opgesteld. Er zijn honderden verschillende POP's die in drie groepen verdeeld zijn:

- bestrijdingsmiddelen en medicijnresten (bijvoorbeeld endosulfen, lindaan, atrazine en DDT)⁴;
- industriële chemicaliën zoals gehalogeneerde koolwaterstoffen (VOX, AOX, EOX), polychloorbifenylen of PCB's, ook de vluchtige organische stoffen (VOS)⁵, minerale olieën en
- stoffen die vrijkomen bij verbranding. Hieronder vallen dioxinen en poli-aromatische koolwaterstoffen (PAK's)⁶.

De gevolgen van blootstelling aan POP's kunnen ernstig zijn. POP's kunnen het immuunsysteem, de stofwisseling, het zenuwstelsel en de hormoonhuishouding van mensen en dieren aantasten. Ook kunnen ze leiden tot aangeboren afwijkingen, gedragsstoornissen en kanker.

⁴ Pesticiden worden meestal direct na toepassing in de landbouw gevonden in het afstromend bemelwater van daken (Bucheli, 1998 en Zobrist, 2000). Veel gebruikte klassen van pesticiden zijn: triazines, acetamides en phenoxy acid. Het bodemvervuilingseffect van de gevonden concentraties wordt even groot of kleiner geacht dan de directe vervuiling op landbouwbodems.

⁵ Vluchtige organische stoffen (VOS) komen vrij bij verdamping van aardolieproducten en andere organische stoffen en bij onvolledige verbranding. Voorbeelden zijn benzine, verf, oplos- en schoonmaakmiddelen, boenwas, cosmetica en nagellakremover. Belangrijke 'producenten' van VOS zijn de aardolie-industrie, benzinstations, metaalindustrie, verkeer, schildersbedrijven en huishoudens. Benzeen is een van de beruchtste VOS. Het is een vluchtig bestanddeel van benzine en diesel en kan leiden tot leukemie. Bij de huidige concentraties van benzeen in de buitenlucht is het kans op kanker zeer klein. VOS reageren onder invloed van zonlicht met onder andere stikstofoxiden. Daarbij komt het voor mens, plant en dier zeer schadelijke ozon (O₃) vrij. Bij zonnig en windstil weer leidt dit tot smog.

⁶ PAK's staat voor polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Zoals alle koolwaterstoffen bestaan ze uit koolstof (C) en waterstof (H). PAK's zijn teerachtige stoffen die ontstaan bij onvolledige verbranding van koolstofhoudende stoffen zoals fossiele brandstoffen, hout, tabak en voedsel. De belangrijkste bronnen zijn de industrie, de consumenten (onder andere via openhaarden), het verkeer en de landbouw. Er zijn honderden PAK's. De meeste PAK's zijn giftig en kankerverwekkend, al is de kans op kanker door blootstelling aan PAK's klein (roken uitgezonderd). PAK's zijn persistent: ze worden in de natuur slechts langzaam afgebroken. Ongeveer 90 procent van de PAK's ontstaat door menselijk handelen. Vooral bij de productie van cokes en aluminium komen PAK's vrij. Bij de analyse van PAK's wordt het aantal stoffen vaak beperkt tot 16 (PAK16). In dat geval wordt gekeken naar: Nafstaleen, Acenafstylene, Acenafsteen, Fluoreen, Fenantreen, Anthraceen, Fluoranteen, Pyreen, Benz[a]anthraceen, Chryseen, Benzo[b]fluoranteen, Benzo[k]fluorantbeen, Benzo[a]pyreen, Indeno[123cd]pyreen, Dibenzo[ah]anthraceen, Benzo[ghi]perylene.

Nutriënten & Eutrofiëringsparameters en zouten

Vermesting of overbesteding verrijkt het milieu met voedingsstoffen, met name met fosfor en stikstof (P, N) en in mindere mate met kalium (K). Dit wordt ook wel eutrofiëring genoemd. Teveel voedingsstoffen in de bodem tast de soortenrijkdom van planten en bomen aan. Vooral arme of schrale bodems zoals heidegronden en de bodems van vennen, zijn gevoelig voor eutrofiëring. Een teveel aan stikstof leidt ertoe dat plantensoorten die goed gedijen op arme gronden worden verdrongen door soorten die meer stikstof nodig hebben. Daardoor is een groot deel van de heidevelden in Nederland al 'vergrast'. Grassen die veel stikstof gebruiken, hebben de andere plantensoorten verdrongen. In bossen sterven hierdoor mossen, planten en paddestoelen uit. Bovendien kunnen de voedingsstoffen terecht komen in ('uitspoelen naar') het oppervlakte- en grondwater. Daardoor ontstaat overmatige algengroei. Teveel stikstof (in de vorm van nitraat) in het water is schadelijk voor de gezondheid. Het water zal dus moeten worden gereinigd, voordat het als drinkwater kan worden gebruikt. Bij deze groep behoren naast de derivaten van stikstof en fosfor: ammonium (NH_4), nitraat (NO_3) en nitriet (NO_2)⁷, ammoniak (NH_3)⁸, fosfaat (PO_4) ook de andere nutriënten en zouten zoals o.a. Fluoride (F), Chloride (Cl), Natrium (Na), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Bromide (Br), Cyanide (Cy), Sulfaat (SO_4)⁹ en waterstof carbonaat (HCO_3). Verder kan onder deze groep genoemd worden koolstof (C), met een verfijning naar organisch koolstof (TOC) en opgelost organisch koolstof (DOC).

⁷ Stikstofoxiden (NO_x) is de verzamelnaam voor verbindingen tussen zuurstof en stikstof. De voornaamste zijn stikstofmonoxide en stikstofdioxide. Stikstofoxiden ontstaan net als zwaveldioxide bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Stikstof zit ook voor een deel in de brandstof (zoals zwavel). Het grootste deel van de stikstofoxiden ontstaat echter als gevolg van de verbranding van de stikstof in de bij de verbranding gebruikte lucht. Lucht bestaat voornamelijk uit stikstof (N_2) en zuurstof (O_2). Bij ieder verbrandingsproces - van lucifer tot vuilverbrandingsinstallatie - verbinden ze zich tot stikstofoxiden. Hoe hoger de temperatuur, hoe makkelijker die verbindingen ontstaan. Stikstofoxiden zijn zeer schadelijk voor het milieu, zeker als ze zich binden met water. Dan ontstaat salpeterzuur (HNO_3) (Zie ook dossier Emissiehandel)

⁸ Ammoniak is een scherpriekend gas, een verbinding tussen stikstof en waterstof. Ammoniak is een restproduct bij de verbranding van eiwitten. Het zit onder andere in urine en daarom ruikt bijvoorbeeld kattenpis naar ammoniak. Ruim 90 procent van de ammoniakemissie in Nederland komt vrij uit mest van vee. Het komt ook vrij bij industriële processen en uit huishoudelijke producten. De uitstoot van ammoniak is de afgelopen jaren gedaald. Dat komt door de inkrimping van de veestapel en de bouw van stallen waar minder ammoniak uit vrijkomt (zogenaamde ammoniakvrije stallen). Ook door mest in de grond te injecteren en hem niet langer op het land uit te rijden komt minder ammoniak vrij. Ammoniak slaat ook neer op natuurgebieden, waar het de biodiversiteit aantast (door vermisting en verzuring). Daarnaast spoelt ammoniak, nadat het in de bodem is omgezet in nitraat, onder andere uit naar het grondwater onder akkers. Hierdoor wordt de nitraatgezondheidsnorm (50 milligram per liter of mg/l) voor drinkwater op veel plaatsen overschreden.

⁹ Zwavelzuur en Zwaveldioxide (SO_2) ontstaat bij de verbranding van fossiele brandstoffen (onder andere aardolie, diesel en steenkolen bevatten zwavel) en bij een aantal chemische processen. Kolen- en oliegestookte elektriciteitscentrales, verkeer (met name scheepvaart en verkeer dat op diesel rijdt), raffinaderijen en de industrie zijn de voornaamste producenten van zwaveldioxide. Een deel van de zwaveldioxide slaat rechtstreeks neer op de aarde. Een ander deel lost op in de wolken en komt met regen, mist of sneeuw naar beneden. Zwaveldioxide dat zich bindt met water (grondwater of water van meren en rivieren) wordt omgezet in zwavelzuur (H_2SO_4).

Algemene parameters

In deze categorie worden ondergebracht de parameters die vaak als gevolg van een bepaalde stofsamenstelling aan water toegekend kunnen worden. Hieronder vatten we: kleur, geur, schuim, vaste/zwevend stof, troebelheid, onopgeloste bestanddelen, temperatuur, zuurgraad, zuurstof en doorzicht. Daarnaast zijn er nog andere parameters zoals geleidbaarheid (EC), Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) en Biologisch Zuurstof Verbruik (BZV). Gebaseerd op monsteranalyses wordt ook wel gebruikt: gloeirest, bezinksel, indamprest en korrelgrootteverdeling. Deze parameters geven niet aan wat de concentratie aan stoffen zijn, maar geven wel indirect een indicatie over de kwaliteit van het water. Traditioneel worden deze parameters gebruikt om kwaliteit van water aan te duiden omdat daarvoor vaak wel eenvoudige on-line meetmethoden en sensoren of labanalyses voor handen zijn.

Bacteriologische parameters

Bacteriën en virussen komen in allerlei vormen voor in stedelijk regenwater door uitspoeling van uitwerpselen van huisdieren en ook door vermenging met het huishoudelijk afvalwater. De meest bekende zijn: coli's, vaak ook nog onderscheiden door de thermotolerante varianten, feacale streptococci, salmonella, entero-virussen/fagen en clostridium.

Radio-actieve stoffen

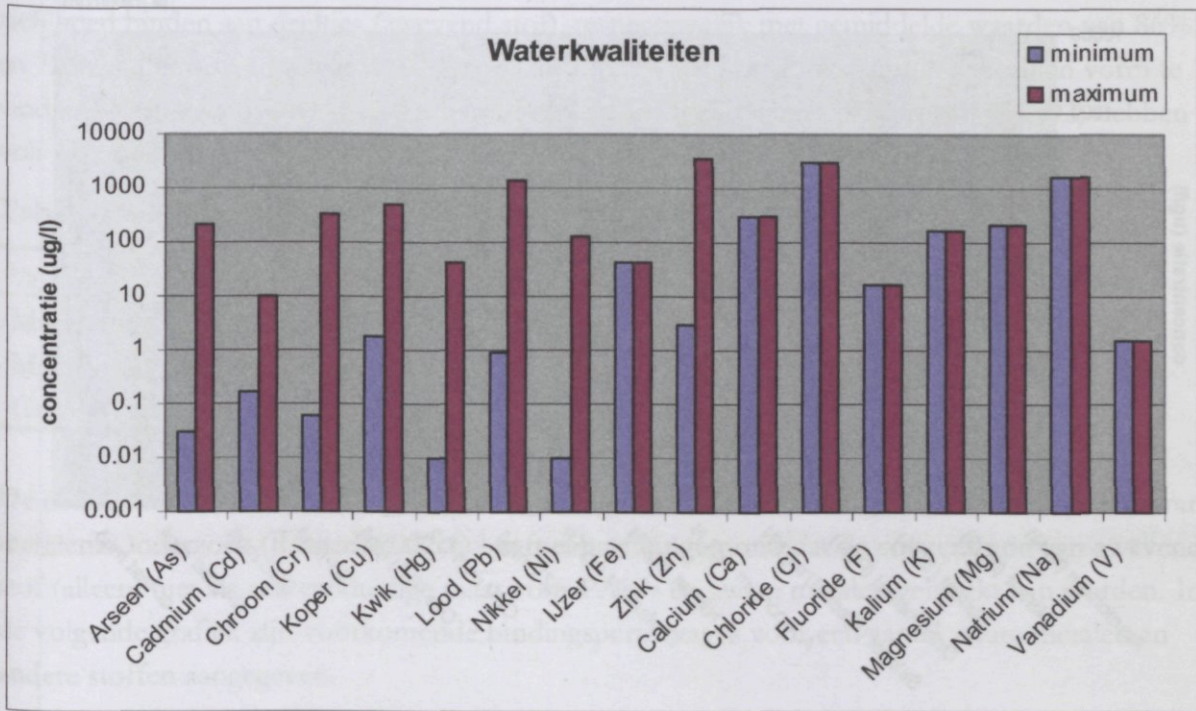
Hieronder verstaan we alpha, betha en gamma straling of de straling afkomstig van de isotopen Strontium (Sr-89, Sr-90), Polonium (Po-210) of Lood (Pb-220). Deze parameters worden verder niet nader beschouwd in deze studie.

Minimale en maximale voorkomende concentraties

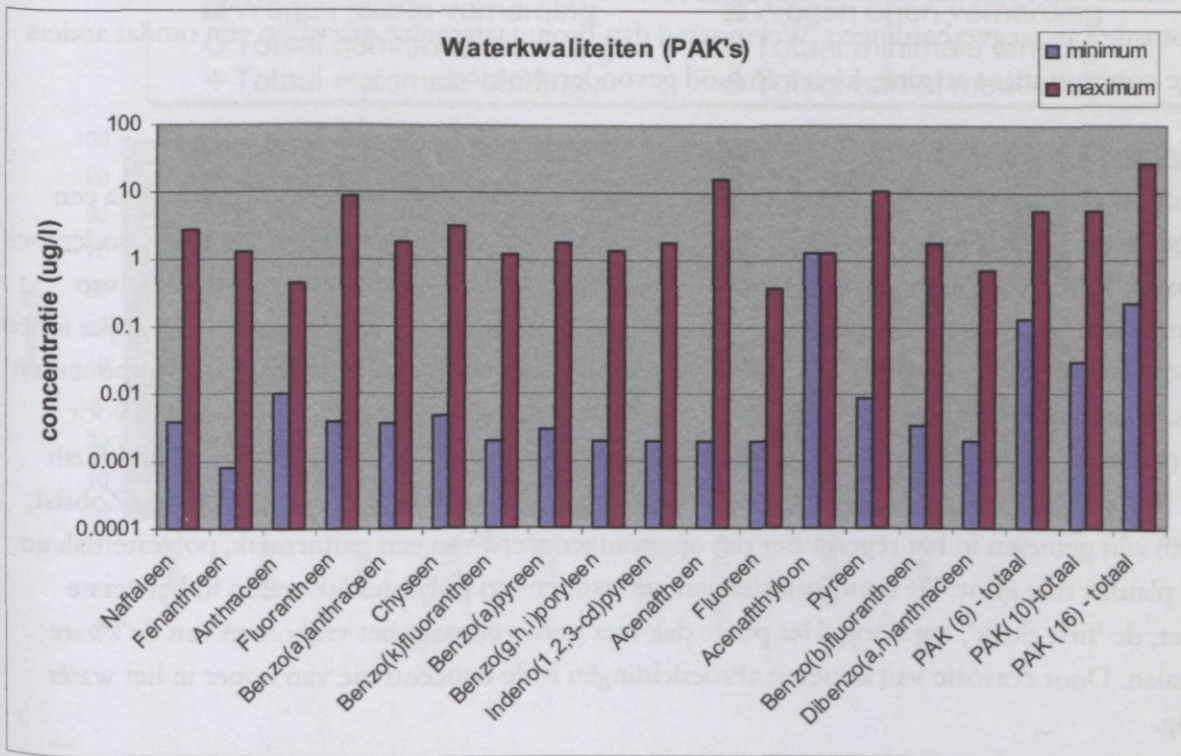
Er is de afgelopen jaren veel onderzoek in Europa uitgevoerd naar het meten van de kwaliteit van afstromend hemelwater van verharde oppervlakte in stedelijk en landelijk gebied. (o.a. Polkowska, 2002). Daarbij is ook gekeken naar het effect van het type dakbedekking op de waterkwaliteit (Polkowska, 2004), en zijn correlaties tussen type dak en vervuilingsgraad aangetoond. Ook in Nederland zijn diverse onderzoeken geweest. In Bijlage 9.5 is een overzicht gegeven van recent uitgevoerde projecten in Nederland waarbij in plaats van steekmonsters continue meetmethoden zijn toegepast met een meetfrequentie hoger dan één uur (Touw, 2004; schriftelijke communicatie). Resultaten van deze onderzoeken zijn gebruikt om een indruk te krijgen van de minimaal en maximaal voorkomende concentraties van de verschillende stoffen.

Voor die waterstromen waarbij stoffen gemeten zijn, zijn de stofconcentraties genoteerd evenals de minimale en maximale waarden die over alle plekken gemeten zijn. Hierbij is geen onderscheid gemaakt in opgeloste dan wel gebonden verontreinigingen. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in een tabel opgenomen in Bijlage 9.6. Vervolgens zijn de minimale en maximale waarden opgenomen in grafieken welke hieronder gegeven worden. Deze waarden moeten niet beschouwd worden als absolute getallen maar moeten gezien worden als indicatie voor de kwaliteiten we waar te maken hebben, en over welk bereik de verschillende stoffen voorkomen.

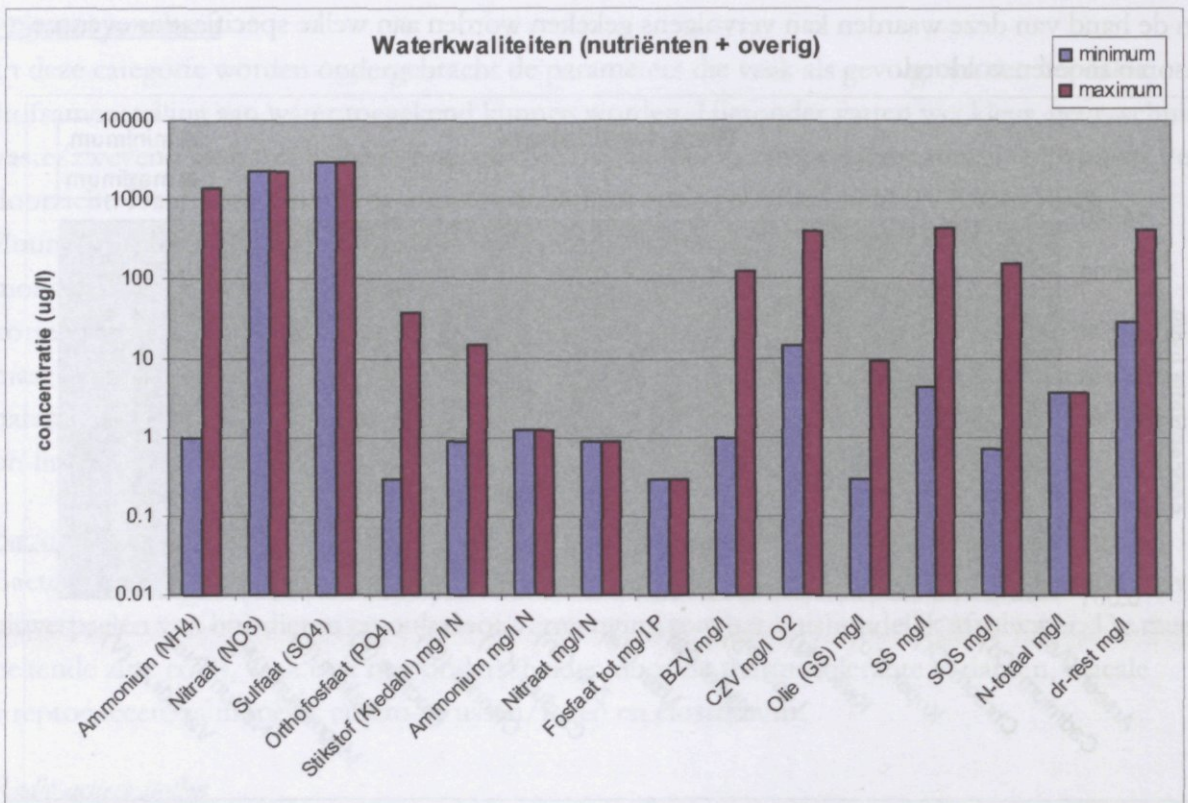
Aan de hand van deze waarden kan vervolgens gekeken worden aan welke specificaties eventuele sensoren moeten voldoen.



Figuur 6. Overzicht waterkwaliteiten voor (zware) metalen en anorganische microcomponenten.



Figuur 7. Waterkwaliteiten voor PAK's.



Figuur 8. Waterkwaliteiten voor nutriënten en overige stoffen.

Uit onderzoek blijkt dat afstromend regenwater van daken doorgaans schoner is dan regenwater afkomstig van wegverhardingen. Wel moeten dan bronmaatregelen getroffen zijn omdat anders hoge concentraties van zink, koper en lood gevonden worden.

First-Flush waterkwaliteit

Eerder is al aangegeven dat afstromend regenwater ten gevolge van de eerste regenbui na een lange droge periode ("first flush") een afwijkende (slechtere) kwaliteit kan hebben. Uit onderzoek (Mason, 1999) blijkt dat in de first flush aan het begin van een regenbui de concentratie van zware metalen (Cd, Cu, Zn, Cr, Pb), nutriënten (organisch C, P, N) en de meest belangrijke ionen in het afstromend hemelwater van verharde daken het grootst is. De verschillende componenten blijken een verschillend infiltratiegedrag in de bodem te hebben. Grüning (2002) meldt voor overstorten in gecombineerde rioolstelsels in Duitsland waarden voor de first en second flush van 3000, 15000 mg/l (SS) en 1400, 14000 mg/L (CZV). Pesticiden en zware metalen (Zobrist, 2000) zijn gemeten in het regenwater dat opgevangen werd van een pannendak, polyesterdak en een platdak met grind. De concentraties van het pannen- en polyesterdak waren in het eerste water, de 'first flush', erg hoog. Het platte dak met grind vertraagt het vrijkomen van de zware metalen. Door corrosie van koperen afvoerleidingen is de concentratie van koper in het water hoog.

Binding van stoffen

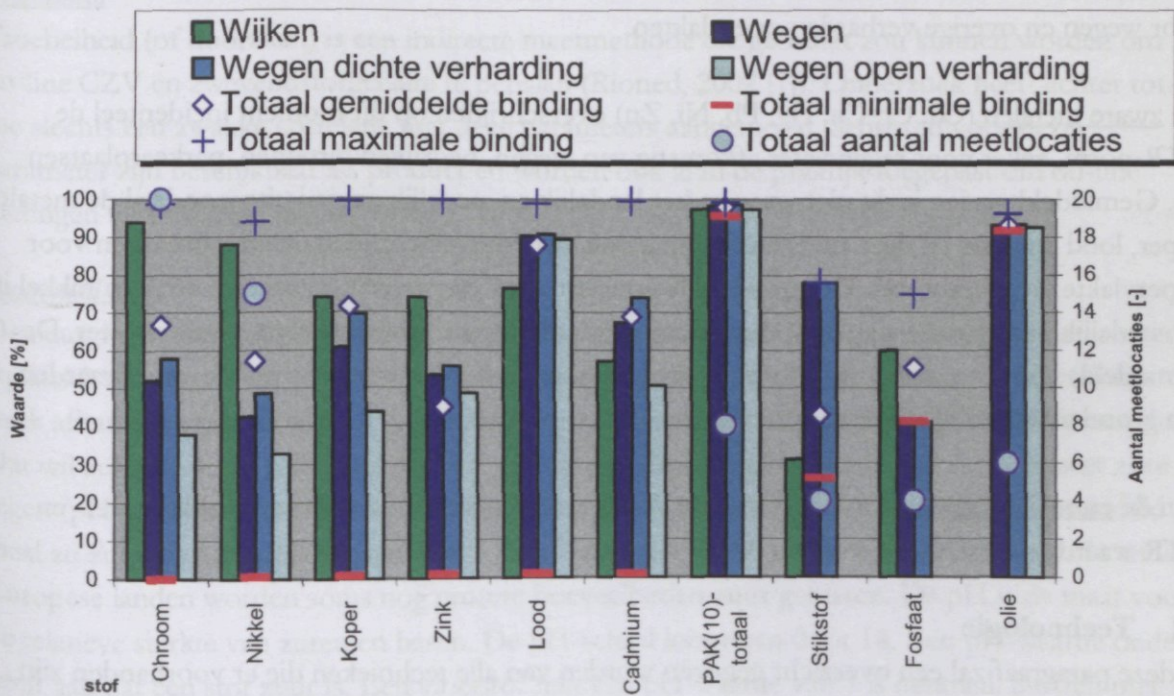
Stoffen komen voor in water in gebonden of ongebonden vorm. PAK's en zware metalen laten zich goed binden aan deeltjes (zwevend stof), respectievelijk met gemiddelde waarden van 86% en 72% in afstromend regenwater. Vooral lood (92%) en ijzer (98%) zijn in gebonden vorm te vinden. Voor stikstof (41%) en fosfaat (55%) ligt dit lager. Boogaard en de Jong (2002) hebben ook naar de binding gekeken. Resultaten hiervan staan in de volgende tabel.

Tabel 3. Binding aan deeltjes in procenten

%	Metalen	PAK	nutriënten	Olie
Minimum	24	50	26	92
Maximum	99	99	78	96
Gewogen gemiddelde	72	86	48	93

De concentratie van zwevend stof heeft dus enige correlatie met het gehalte aan PAK's en zware metalen. Onderzoek (Rioned, 2002-1) heeft echter aangetoond dat de concentratie van zwevend stof (alleen) niet als een eenduidige maat voor PAK's en zware metalen gebruikt kan worden. In de volgende grafiek zijn voorkomende bindingspercentages voor een aantal zware metalen en andere stoffen aangegeven.

Verontreinigingen in gebonden fase



Figuur 9. Verontreinigingen in gebonden fase (Tauw).

3.1.7 Regenwaterkwaliteit, de huidige situatie (Conclusies)

Rekening houdend met de streefwaarden voor grond- en oppervlakte water en de MTR-normen (Bijlage 9.6) kunnen we op basis van een beperkt aantal onderzoeken (Bijlage 9.5) het volgende concluderen:

“De concentraties in afstromend regenwater overschrijden in de regel de streefwaarden voor oppervlaktewater. Voor de MTR zien we een gedifferentieerder beeld. Globaal de helft van het aantal bekende stoffen overschrijdt wel eens de MTR-norm. Bij bijzondere verharde oppervlakken (industrie, tankstations e.d.) worden soms heel hoge concentraties van verontreinigingen aangetroffen die de MTR veelvoudig overtreffen. Stoffen die met name aandacht zullen vragen zijn: PAK's, zware metalen en stikstof. Hierbij moet opgemerkt worden dat er lokaal en in de tijd gezien hele grote verschillen zijn, en dat in specifieke gevallen altijd nader onderzoek noodzakelijk is om lokale details te onderkennen”.

Het gemiddelde van de concentraties van PAK in het stedelijk hemelwater (natte depositie) overschrijden de streefwaarden van zowel grondwater als oppervlaktewater. De concentratie van PAK zijn in de regel wel lager dan de interventiewaarden voor grondwater en de MTR voor oppervlaktewater. Alle PAK's (PAK-16) overschrijden de streefwaarden op alle gebieden (wegen, daken, landelijk, stedelijk en industrie). In enkele gevallen overschrijden deze (Fluorantheen, Benzo(a)anthraceen, Benzo(k)fluorantheen, Benzo(a)pyreen) ook de MTR-waarde, met name voor wegen en overige verharde oppervlakten.

De zware metalen (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn) overschrijden op dit moment incidenteel de MTR-norm, zeker voor regenwater afkomstig van wegen, bedrijven terreinen, parkeerplaatsen e.d. Gemiddeld gezien is dit niet zo voor het landelijk en stedelijk gebied uitgezonderd de metalen koper, lood en zink. Al deze metalen en bijna ook arseen overschrijden de streefwaarden voor oppervlakte en grondwater. De gemiddelde concentraties van arseen, cadmium, kwik en nikkel in het stedelijk hemelwater zijn lager dan de streefwaarden voor grond- en oppervlakte water. De gemiddelde concentraties van chroom, koper, lood en zink overschrijden wel de streefwaarden van grondwater en/of oppervlaktewater.

Van de eutrofiërende stoffen blijkt met name Stikstof een stof te zijn die veelvuldig streef- en MTR-waarde overschrijdt.

3.2 Technologie

In deze paragraaf zal een overzicht gegeven worden van alle technieken die er voorhanden zijn om actieve regenwatersturing te kunnen realiseren. Nadruk ligt daarbij op de monitoringstechnieken (sensoren) die beschikbaar zijn (producten), of die vanuit onderzoek en ontwikkeling beschikbaar kunnen komen (ook patenten). Daarnaast is geïnventariseerd welke technieken er voor sturing zijn, wat kan variëren van hardware (ICT-apparatuur, pompen, kleppen...) of software (modellen, regelalgoritmen ...).

3.2.1 Meettechnologieën (Sensoren en parameters)

In de literatuur wordt melding gemaakt van een groot aantal ontwikkelingen van sensoren die toepasbaar zijn voor monitoring van stoffen in waterige oplossingen (bv. regenwater). Hier volgt een niet uitputtend overzicht gerangschikt naar de parameter die gemeten kan worden.

Elektrische geleidbaarheid (EC)

Geleidbaarheidsmeters zijn in allerlei vormen verkrijgbaar. Een voorbeeld is de WQ547a van Campbell Scientific Inc. Met een bereik van 0.005 - 7 mS/cm (0 - 50 °C; pH 3,0 – 9,0) en een nauwkeurigheid van 5-10%. De meters worden geijkt met KCl of NaCl standaard vloeistoffen. Een ander bekend merk is WTW (Duitsland). De CTD-Diver heeft een bereik van 0-80 mS/cm. In de (glas)tuinbouw worden deze meters gebruikt om het totaal aan meststoffen in het gietwater te meten.

Zwevend stofgehalte (suspended solids, SS)

Zwevend stofgehalte wordt gezien als een maat voor de vervuilingsgraad omdat zware metalen aan het zwevende stof gebonden kunnen zijn. Uiteindelijk komt stof als sediment in de bodem van het oppervlaktewater terecht waar het een bedreiging voor het ecosysteem kan zijn. Zwevend stof wordt gemeten met een turbidity of troebelheidmeter. Onopgeloste zwevende stoffen (SS) worden in het lab geanalyseerd via NEN 6621.

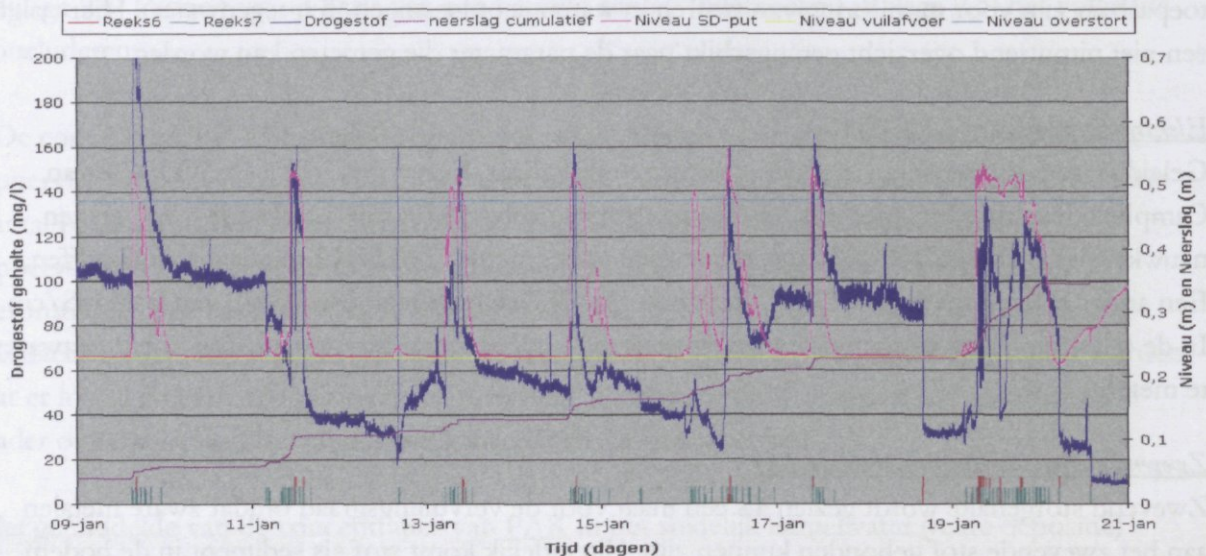
Troebelheid

Troebelheid (of doorzicht) is een indirecte meetmethode die gebruikt zou kunnen worden om on-line CZV en zwevendstofgehalte te bepalen (Rioned, 2002 [1]). Onderzoek heeft echter tot nu toe slechts een zwakke correlatie met deze parameters aangetoond. Sensoren voor deze parameter zijn beschikbaar als product en worden ook al in de praktijk toegepast om on-line metingen uit te voeren (zie figuur 10).

Zuurgraad (pH)

De zuurgraad (uitgedrukt met de pH-waarde) wordt gezien als de belangrijkste parameter voor aquatische ecosystemen en oppervlaktewateren (www.vrom.nl). De mobilisatie van metalen is sterk afhankelijk van de pH. De pH-waarde is een zogenaamde negatieve logaritmische waarde. Dat wil zeggen: als de zuurgraad 10 keer zo hoog is, daalt de pH-waarde met 1. Zo is zeer zure regen (pH 4) 100 maal zuurder dan natuurlijke regen (pH 6). Regen in Nederland is gemiddeld 20 maal zo zuur als natuurlijke regen. Soms vallen er buien die 50 tot 80 keer zuurder zijn. In andere Europese landen worden soms nog grotere hoeveelheden zuur gemeten. De pH is de maat voor de relatieve sterkte van zuren en basen. De pH-schaal loopt van 0 tot 14. Een pH-waarde onder 7 geeft aan dat een stof zuur is. Een vloeistof met een pH-waarde van 7 is neutraal. Stoffen met een pH-waarde hoger dan 7 zijn basisch of alkalisch. pH-meters zijn beschikbaar om on-line metingen uit te voeren. Zij vergen wel onderhoud en regelmatige controle en ijking. Martz et al. (2003) passen o.a. een autonome, onderdompelbare spectrophotometrische pH-sensor toe voor het monitoren van oppervlaktewater.

Lambertus Zijlplein Unit: Parkeerplaats, Januari 2004



Figuur 10. Voorbeeld van een on-line meting op basis van een troebelheidsmeter (Tauw).

Zuurstof

Zuurstof is een belangrijke parameter bij biologische afvalwaterbehandeling. Normaliter wordt deze gemeten via polarografische of galvanische meetcellen (Clark-type). Deze techniek is onderhevig aan regelmatige kalibratie. Haeck (2004) beschrijft een nieuwe methode, luminescent dissolved oxygen (LDO) welke driftvrij en zonder kalibratie zou zijn. De Diver is ook verkrijgbaar met een opgeloste zuurstofsensoren. De nauwkeurigheid is $\pm 0,1$ mg/l met een lange termijnstabiliteit en een kalibratie-interval van 1 x per jaar.

Biochemische Zuurstof Verbruik (BZV of BOD)

De BZV wordt veel gebruikt voor de bepaling van waterkwaliteiten in het afvalwaterzuiveringsproces (RWZI). Voor on-line detectie is de toepassing van chemische methoden niet zo geschikt, deze methode kost vaak enkele dagen voordat een resultaat verwacht wordt. Rastogi (2003) gebruikt een on-line microbial BOD-sensor voor dit doel welke binnen minuten tot een meetwaarde kan leiden met een nauwkeurigheid tot 5%. De stabiliteit is onderzocht tot 180 dagen en het membraan kon 200 keer voor een meting gebruikt worden. CZV wordt geanalyseerd in het lab (NEN 6633) via monsternamen.

Oxygen Reduction Potential (ORP)

Vanwege de onderhoudsgevoeligheid is deze (redox) methode niet geschikt voor on-line meten.

Vlokkengrootte

Sievers et al. (2002) gebruiken een CCD-line scan camera en beeldverwerkingsalgoritmen om het flocculatieproces in afvalwaterzuiveringen te monitoren. Met deze methode kon de vlokkengrootte distributie van 50 μm - 29 mm worden gedetecteerd.

Temperatuur

Een alom verkrijgbare sensor welke vaak samen gemonteerd is met een andere technologie, b.v. geleidbaarheid. De temperatuurmeting wordt dan gebruikt voor het corrigeren van de andere meting.

Waterhoogte, stroomsnelheid (flow) en debiet

Voor waterhoogtemetingen leveren allerhande bedrijven sensoren. Een bekende sensor voor toepassingen in riolen en waterbeheer is de Diver (www.vanessen.com). Ook Eijkelkamp levert een waterhoogtemeter voor hun E+sense concept. Deze sensor kan worden gecombineerd met apparatuur om parameters als temperatuur, opgeloste zuurstof en geleidbaarheid te meten. Sensoren voor flow en debiet worden alom toegepast in de procesindustrie. Ook in het waterbeheer komen we deze tegen in allerlei soorten en maten. Een nadere analyse van deze sensoren is niet noodzakelijk.

Zware metalen

Inui et al. (2002) schrijven over de toepassing van een biosensor voor de vervuiling van het influent van afvalwaterzuiveringen. In de sensor werd een nitrificerende bacterie gebruikt samen met een dissolved oxygen (DO) elektrode en een "immobilized microbial membrane". Ze onderzochten de gevoeligheid van de methode voor Chlorophenolen (Phenol, 2,3,4-(D)CP) en zware metalen (Zn, Ni, Cd en Cu) waarbij ammonium-stikstof (NH_4^+ -N) gebruikt werd als vervangend medium voor afvalwater. Ze melden dat de methode geschikt is, reactietijden heeft van ca. 30 minuten en dat de testen een stabiliteit vertoonden over een periode van één maand. Tanaka et al. (1997) melden de toepassing van dezelfde sensor voor schoon water en rivierwater.

Bonson (1999) rapporteert het gebruik van een "multisensor" bestaande uit o.a. een elektrochemische sensor die in staat is om in-situ monitoring te doen in mariene systemen en lood-(Pb) concentraties te meten tot beneden de veiligheidsgrenzen voor drinkwater.

In een Europees onderzoeksproject in Turkije is onderzocht hoe mosselen gebruikt kunnen worden voor de detectie van zware metalen in kustgebieden (Sunlu, 2002). Het is bekend dat schelpdieren zware metalen accumuleren en daarom worden mosselen vaak gebruikt in monitoringstudies. In deze studie werden de metalen Cu, Cd, Zn, Mn en Pb bestudeerd en gemeten via een "atomic absorption spectrophotometer" uitgerust met een grafietoven.

Prestel et al. (2000) beschrijven de ontwikkeling van een detectiesysteem van zware metalen met behulp van optische vezels. Ze vonden een sensorconfiguratie waarmee Cd^{2+} , Ni^{2+} en Cu^{2+}

konden worden gedetecteerd beneden de waarden die door de nieuwe Water Quality Directive van de Europese Unie waren vastgesteld. De responstijd was 15 – 20 minuten. De sensor was opgebouwd uit een membraan dat de chelator stroom scheidde van het monstervolume.

Het is bekend dat potentiometrische polymeric membraam elektrodes, gebaseerd op elektrisch neutrale ionophoren, een bruikbaar middel zijn bij de analyse van zware metalen in drinkwater. (Ceresa et al., 2001) Ze kunnen concurreren met geavanceerde instrumentenanalyse. Met name Lood en koper werden gemeten.

Norouzi et al. (2004) ontwikkelden een snelle voltammetric detectiemethode voor selectieve en niet selectieve metingen van zware metalen in een flowinjectiesysteem. Het voordeel was dat zuurstof niet uit de monsternamenvloei stof verwijderd hoefde te worden en de methode was snel genoeg voor de bepaling van zware metalen in verschillende chromatografische analysemethoden. De relatieve standaardafwijking bij 50 ppb Pb^{2+} was 4,7% bij 10 runs.

Mason et al. (1999) onderzochten het gedrag van zware metalen gedurende percolatie van runoff water. De concentraties van ionen werden gemeten in regenwater dat van daken afstroomde, en water dat in de grond infiltreerde op verschillende dieptes in de grond. Ondanks een preferentie flow, waren er verschillen in infiltratiegedrag van individuele componenten zoals Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , ortho-fosfaat. De concentratie van Ca, Mg, Na en K werd bepaald door het uiteenvallen van de bodem. De verandering in concentraties Cu, Cd en Cr hadden een beperkte retentie in de bodem en werd voornamelijk bepaald door de infiltratie van dakwater. Dit was in tegenstelling tot Pb en Zn, die een lange retentietijd in de bovenste bodemlaag hadden.

Gobet et al. (2002) beschrijven de ontwikkeling van een microarray sensor voor on-line water kwaliteitmonitoring. De silicium chip kan o.a. toegepast worden voor detectie van sporen van Arseen.

Ros-Lis e.a. (2004) beschrijven een hoog selectieve chromogenische meetmethode voor Hg^{2+} in waterige media op nanomoleculaire schaal.

PAK:

De bevindingen van Inui et al. (2002) zijn beschreven bij het onderdeel zware metalen. De gevoeligheid van de methode werd onderzocht voor Chlorophenolen (Phenol, 2,3,4-(D)CP).

Vluchtige organische stoffen (VOS) en kool-waterstoffen (Hydro-Carbons)

Ogawa (2002) meldt het gebruik van een elektronische neus. Steiner (2002) beschrijft een prototype systeem (Fourier transform infrared spectrometer) voor het in-line monitoren van vluchtige organische componenten uit vervuild grondwater.

Olie

Ueyama et al. (2002) en Ogawa (2002) gebruiken een elektronische neus om olie en vluchtige koolwaterstoffen te detecteren in water. Sanuki (2002) gebruikt een contactloze polarisatie methode met laserlicht voor de detectie van dunne, tot 0.05 μm , laagjes olie op (rivier-)water met een troebelheid tot 100 mg/L.

Nutriënten (Fosfor, Stikstof, Nitraat)

Scholefield et al. (1999) rapporteert over de toepassing van een nitraatsensor gebaseerd op een polymeermembraan wat gemonteerd was in een standaard verkrijgbare elektrodebehuizing, een temperatuursensor en een referentie-elektrode. Het onderzoek, bedoeld om uitspoeling vanuit gras- en landbouwgronden te meten, concludeert dat de nauwkeurigheid minder is dan een labanalyse, maar acceptabel voor continue en routinematige monitoring. Een soortgelijke methode is door Rieger et al. (2002) beschreven voor de meting van ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) en nitraat ($\text{NO}_3\text{-N}$). Deze ion-gevoelige sensoren maken gebruik van een meet- en referentie-elektrode in combinatie met een polymeermembraan. De sensoren zijn bedoeld als on-line sensor voor directe meting in de vloeistof, maar vragen 15 minuten onderhoud per drie maanden (membraan en elektrolyt vervangen). De response tijd is minder dan 5 s. De sensoren zijn getest over het bereik van 4,7-32,6 mgN/L en hebben een nauwkeurigheid van beter dan 2%. Troebelheid en kleur hebben geen effect op de meting.

Het nitrificatieproces in de afvalwaterbehandeling verloopt via twee stappen, de oxidatie van ammonia tot nitriet en van nitriet tot nitraat. Gapes (2003) gebruikt de "online titrimetric and off-gas analysis (TOGA)" methode voor de monitoring van dit proces. Sin et al. (2002) en Vanrolleghem e.a. (2002) beschrijven ook de respirometric-titrimetric methode om het stikstofverwijderingsproces in afvalwaterzuiveringen te monitoren. Nielsen et al. (2002) rapporteren over de toepassing van een elektrochemische biosensor (met een *Agrobacterium Radiobacter* interface) voor nitriet (NO_2^-) in afvalwaterbehandeling. Tijdens de test was de sensor zes weken stabiel. De detectie-ondergrens voor NO_2^- was 0,1 μM . De sensor was redelijk lineair en werd getest tot 1 mM. De reproduceerbaarheid van de bacterie en de stabiliteit van de elektrochemische sensor moet verbeterd worden.

Chloride

Gobet et al. (2002) beschrijven de ontwikkeling van een micro-array sensor voor on-line monitoring van waterkwaliteit. De silicium chip kan worden toegepast voor chloride in drinkwater.

Pesticiden

Palmsens heeft een meettechnologie (sensoren) voor zware metalen en pesticiden op basis waarvan een prototype on-line analyzer zou kunnen worden ontwikkeld.

Microbiële componenten

Voor de detectie van E-coli (*Escherichia coli*) in water hebben Nistor et al. (2002) een biosensor ontwikkeld. De biosensor werkt via een amperometrische en chemoluminiscentie methode. Het onderzoek rapporteerde een lineaire correlatie en een detectiedrempel van $>10^4$ cfu/100 mL. De biosensor kon resultaten geven binnen 1 dag.

3.2.2 Meetmethoden (Fysische principes)

Bij het onderzoek naar mogelijke meettechnieken en sensoren is een onderverdeling gemaakt naar technieken die direct een stof kunnen meten of die indirect een stof kunnen meten en technieken die on-line of in-line (continu) of off-line (bemonstering) kunnen werken. Nadeel bij indirecte methoden is vaak dat ook andere stoffen invloed kunnen hebben op de nauwkeurigheid van de meting. Off-line of analytische methoden zijn meetmethoden waarvoor monsters genomen moeten worden die vervolgens in een laboratorium (of in ieder geval buiten het proces) geanalyseerd worden.

Capillaire Elektroforese (CE)

Wang (2004) beschrijft een onderzoeksinstrument voor waterkwaliteit van oppervlakte water, gebaseerd op capillaire elektroforese bestaande uit een miniatuur capillair CE element, een contactloze geleidbaarheidsensor en een flow-injectie sample unit. Het instrument is geschikt om iedere minuut concentraties kationen en anionen (b.v. NH_4^+ , K^+ , Ca_2^+ , Na^+ en Mg_2^+) te meten. De piekhoogte heeft een nauwkeurigheid van 2%. Hoewel het een onderzoeksinstrument is zou het een veelbelovende techniek voor praktische toepassing kunnen zijn.

Kuban et al. (2004) onderzochten de concentratie van anionen en kationen in het drainwater van grasland wat zwaar met dierlijke mest was bemest. De anion- en kationconcentraties konden iedere 10 minuten eenvoudig worden bepaald met een nieuw capillair elektroforesesysteem. De geleidbaarheid kon contactloos worden gemeten met een elektrolytoplossing die voor dit doel was ontworpen. De anorganische ionen Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , NO_2^- , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Na^+ en Mg^{2+} . De detectiegrenzen lagen tussen de 20 en 200 $\mu\text{g/l}$. De herhaling van de piekoppervlaktes en -hoogtes lag binnen 1%. Deze ontwikkeling is een volgende stap naar de ontwikkeling van een volledig geautomatiseerde veldmethode die weinig onderhoud vraagt.

NAHD fluorescentiemetingen

Deze technologie is in onderzoek geëvalueerd voor de detectie van de microbiële activiteit in afvalwaterzuiveringen. Farabegoli (2003) gebruikte een commercieel verkrijgbare NAHD sensor (nicotinamide adenine dinucleotide) en constateerde dat het fluorescentiesignaal sterk afhankelijk was van de heterotrofe biomassaconcentratie.

Gebruik van tracer materialen

Tracer materialen (bv radioactieve isotopen) worden gebruikt om de aanwezigheid en de herkomst van afstromend water en verontreinigingen in de bodem of rioleringen aan te tonen.

Ammann (2003) beschrijft een onderzoek waarbij meerdere tracer materialen (ammonium, strontium, atratone, uranine, bromide en naphthionate) werden gebruikt. Soms kunnen water-eigen componenten ook als tracer gebruikt worden. Het aantonen van een foutief aangesloten afvoer (vuil of schoon water) kan zo bijvoorbeeld aangetoond worden.

Infrarood detectie

Mizaikoff (2002) gebruikt infrarood technieken voor het on-line en insitu monitoren van waterkwaliteit voor onderzoekstoepassingen. Voordeel hierbij is dat de infrarood absorptie specifiek is voor verschillende stoffen. Steiner (2002) beschrijft een prototypesysteem voor het in-line monitoren van vluchtige organische componenten (VOS) uit vervuild grondwater. De gebruikte sensor bestond uit een Fourier transform infrarood spectrometer aangesloten op een 6 m lange infrarood transparant zilver halide optische kabel.

Optische sensor array

Bonson (1999) rapporteert het gebruik van een "multisensor" bestaande uit o.a. een optisch array (fluorosensor) welke in staat is om in-situ monitoring te doen in mariene systemen en hydrocarbon concentraties te meten tot achtergrond concentratie niveaus in schoon zeewater.

WET-labs (www.wetlabs.com) levert een Absorption & Attenuation Meter (AC9) welke in 9 spectrale banden (412-715 nm) de spectrale transmissie en absorptie kan meten van "schoon" tot vervuild water. Specificaties: 69x10.4 cm, 12V, RS232, 6 scans/s.

Grüning (2002) past een spectrale absorptie sensor toe in gecombineerde rioolstelsels (254 nm) en vond een sterke correlatie van de meting met COD.

Een speciale optische sensor, gebaseerd op het Mach-Zehner effect, is onlangs ontwikkeld door de UT-Twente en TNO-FEL binnen het IOP Opto-Elektronica programma en via STW financiering. Op dit moment wordt er door Mierij Meteo, Lionix en 3T gewerkt aan de ontwikkeling en productie van deze sensor voor verschillende toepassingen. Prototypes van deze sensoren zouden voor een demo onderzoek beschikbaar kunnen komen.

Elektro-chemische sensor

Bonson (1999) rapporteert het gebruik van een "multisensor" bestaande uit o.a. een elektrochemische sensor welke in staat is om in-situ monitoring te doen in mariene systemen en loodconcentraties te meten tot beneden de veiligheidsgrenzen voor drinkwater.

Photo-chemische sensoren

Nielsen (2002) gebruikt foto-chemische sensoren van Danfoss Analytical (Denemarken).

Ion Specifieke Elektrode (ISE)

De ISE is een analytische methode om in het laboratorium ionconcentraties te meten in o.a. waterige oplossingen. De methode is direct, waarbij een kalibratiecurve vereist is. Verder is een

referentie-elektrode vereist (soms zelfs ingebouwd samen met de meetelektrode). Voor (regelmatige) kalibratie zijn ijkvloeistoffen beschikbaar. Een enorm aantal selectieve elektroden zijn voorhanden. In de catalogus van Orion products staan zo'n 50 typen elektrodes vermeld variërend van ammonia (NH₃), Cadmium, Nitraat enz.

De ISE techniek wordt o.a. toegepast in on-line proces analysers (Skalar, 2004). Deze apparatuur kan bijvoorbeeld on-line metingen uitvoeren voor ammonium, fosfaat, ijzer, nitraat en chloride (OPA2000) of bijvoorbeeld TOC, Totaal CN, Totaal N, Totaal P (SA9000).

Ion Specifieke Field Effect Transistor (ISFET)

Deze technologie is verwant aan de ISE. Binnen het onderzoek is deze methode al ingezet voor de glastuinbouw (PRIVA, Wageningen-UR). Apparatuur is nog niet op de markt. Een aantal ionen laten zich met inmiddels met succes meten.

Fluorimetrie

Deze methode maakt gebruik van het spectrale fluorescentie meetprincipe. Fluorescentie analyses worden in het lab veelvuldig uitgevoerd met commercieel verkrijgbare apparatuur (b.v. Perkin Elmer, LS50). Vassel en Paet (2002) onderzochten deze methode om de kwaliteit van het effluent bij de afvalwaterzuivering te bepalen. Tussen 320 en 400 nm waren geen goede correlaties met COD en TOD. Bij 280 nm vonden ze een correlatie van $r^2=0.7$ voor N_{ki} (Kjeldahl Nitrogen) wat duidt op het meten van organisch stikstof. Zij concluderen dat er nog meer onderzoek nodig is voor deze technologie daadwerkelijk toegepast kan worden voor on-line monitoring van afvalwater.

Spectral Fluorescent Signature (SFS) technology

De Skalar Fluo-Imager M53B is geschikt om cyanobacteria and cyanotoxins pigmenten te meten. Het on-line instrument is gebaseerd op een unieke Spectrale Fluorescentie Signatuur (SFS) technologie (fluorescentie fingerprinting). Deze technologie is gebruikt door TZW (Technologie Zentrum Wasser) in Dresden binnen een Europees project "Barriers against cyanotoxins in drinking water" om bacteriële vervuiling (algen en phyto-plankton pigmenten) in drinkwater op te sporen. De methode is snel (enkele minuten), gevoelig en gebruikt de visuele band (400 – 650 nm) en de emissie band (530 – 730 nm). De methode levert 2-dimensionele kleurenbeelden en een expertsysteem kan hiermee identificatie- en concentratiebepalingen uitvoeren. De methode is geschikt voor olie in water, BTEX, CZV, Fenolen, PAK's en Chlorofyl. Nieuw zijn sensoren voor pH, geleidbaarheid (μS), Zuurstof en UV.

Colorimetrie

Colorimetrie wordt o.a. toegepast in on-line proces analysers zoals bijvoorbeeld de OPA2000 of SA9000 van Skalar.

Elektronische neus

Ogawa (2002) rapporteert over de ontwikkeling van een water monitoring systeem voor olie en organisch opgeloste stoffen in rivieren, gebaseerd op een elektronische neus werkend met een quartz microbalans. De neus is gevoelig genoeg om petroleum hydrocarbons zonder waterdamp te detecteren in het lage ppb-bereik. De neus blijkt wel erg gevoelig voor vocht en temperatuur. Een snelle detectie van gasoline, kerosine en benzeen (enkele honderden ppb's) was mogelijk en verwacht werd dat vervuiling verder geclassificeerd kon worden door patroonherkenning te gebruiken. De neus is getest onder lab- en praktijkomstandigheden. Ueyama et al. (2002) rapporteren de toepassing van een zelfde sensor en claimen een snelheid van vijf minuten, een stabiliteit van minstens zes maanden voor de detectie van diesel en zware oliën in rivierwater.

Lab on a chip

Lab on a chip is de naam voor een technologie waarbij vloeistof "handling" mogelijk is binnen een chip. De technologie leent zich bij uitstek om in grote aantallen tegen lagere kostprijs on-line meetsystemen te produceren. Op dit moment komen de eerste producten uit het onderzoek beschikbaar. Het meten van zoutsamenstelling hiermee ligt op de plank (Schasfoort, 2004), en het meten van micro-organismen moet nog verder ontwikkeld worden. In Nederland is met name Mesa+ de trekker van het onderzoek, maar ook Wetsus gaat deze technologie toepassen voor het bepalen van waterkwaliteit.

Ion chromatografie

Ion-chromatografie is een veel toegepaste laboratorium methode voor de bepaling van anionen en kationen in waterige oplossingen. Voorbeeld is de HPIC van Dionex 4000i.

Röntgen Fluorescentie analyse (X-Ray Fluorescence = XRF)

Een handanalyse apparaat voor röntgen fluorescentie analyses is een gemakkelijk te bedienen apparaat om het gehalte van zware metalen in diverse materialen te meten. Er zijn twee manieren om XRF te meten: met fundamentele parameters (FP) of via een mathematische en empirische benadering. De FP manier is gebaseerd op het feit dat de gemeten röntgen stralen volledig beschreven kunnen worden door mathematische vergelijkingen. De empirische methode is de meest nauwkeurige methode. Een nadeel van deze methode is dat geanalyseerde monsters nodig zijn met een vergelijkbare samenstelling en concentratie hebben van het onbekende te analyseren monster. Dit is nodig om te corrigeren voor matrix effecten (ref: Princeton University; www.princeton.edu/~jalee/ElecRecy/ElecRecyXRF.htm).

Vloeistofchromatografie en massaspectroscopie (Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy (LC-MS))

LC-MS is een nieuwe analytische methode om polaire componenten in vervuild water te detecteren zoals niet vluchtige, thermisch instabiele met een hoog moleculair gewicht. Bijzonder geschikt voor giftige stoffen en hun afbraakproducten zoals: oplosmiddelen, farmaceutische producten, algenbestrijders, desinfectiemiddelen, benzine toevoegingen en weekmakers (Zweiner, 2004).

Atoomemissiespectrometrie

Met inductief gekoppeld plasma atoomemissiespectrometrie (ICP-AES) kunnen (zware) metalen in een waterige oplossing in het laboratorium gedetecteerd worden. De te analyseren oplossing wordt verstoven en als aerosol met behulp van het draaggas argon naar een inductief gekoppeld plasma geleid. De metalen worden in dit plasma (bij een temperatuur van 6000-8000 K) door de toegevoerde thermische energie, in geëxciteerde toestand gebracht. Bij het terugvallen tot de grondtoestand wordt de excitatie energie terug vrijgesteld in de vorm van lichtfotonen. De golflengte van elke uitgezonden lijn in het emissiespectrum is karakteristiek voor elk aanwezig element. De uitgezonden straling kan zowel in axiale als radiale kijkrichting ontleedt worden. Een kwantitatieve analyse is mogelijk door kalibratie met ijkoplossingen waarbij een groot concentratiegebied (lineair dynamisch meetbereik : 4 tot 6 grootte orden) een lineair verband bestaat tussen de intensiteit van de emissielijn en de metaalconcentratie.

Immunoassays en ELISA testen

Gebaseerd op monsternamen en labapparatuur. Deze relatief goedkope testen worden toegepast voor routinematig laboratorium onderzoek. Onder andere leverbaar zijn bio- and immunoassays voor consumenten veiligheid en milieubescherming. (Biosense, TOXkits MicroBioTests van MicroLAN).

Bio-sensoren

Met deze sensoren worden meetmethoden bedoeld die biologisch actieve materialen of zelfs gehele levende organismen gebruiken om vervuiling van water te detecteren. Er is veel onderzoek en er komen zelfs verschillende technologieën op de markt beschikbaar. Een voorbeeld is de mossel-monitor. De firma MicroLAN levert bijvoorbeeld testapparatuur gebaseerd op luminiscentie bacteriën (Microtox Toxicity test). Zelfs een on-line versie is beschikbaar (TOXcontrol Biomonitor). Deze apparatuur is o.a. door TNO-MEP ingezet bij een regenwaterproject in Den Helder.

Daphnia Magna (watervlooien) worden gebruikt om de verontreiniging water te detecteren. Om rivierwater te monitoren laat men deze door een meetcel stromen en worden ze zenuwachtig of gaan ze dood, dan is er iets mis. Welke stoffen er verantwoordelijk zijn, en in welke concentratie die voorkomen is dan wel nog onbekend. KIWA en RIKILT gebruiken vervolgens daarvoor een Massaspectrometer om verder te zoeken.

Radioactiviteit

Recent (Gaag, 2005) is een sensor toegepast om verontreiniging of asfaltdikte te bepalen. Met deze methode kunnen ook zware metalen, pak's en pcb in waterbodems bepaald worden. De methode maakt gebruik van de natuurlijke radioactieve achtergrondstraling en is ontwikkeld door het Groningse onderzoeksburo Medusa. Wel is het noodzakelijk de methode in te calibreren op basis van lokale monsters die in het lab op de verschillende sporelementen onderzocht moeten worden.

3.2.3 *Patentonderzoek*

Er is een patentsearch uitgevoerd door het Octrooicentrum Nederland naar on-line (continue) meetsystemen voor regenwater (Harte, 2005). Hierbij is gebruik gemaakt van de ECLA code: G01N voor onderzoek en analyse van materialen en specifieke methoden, met name gericht op water (code 33/18). Combinaties van “rain”, “continu” en “on-line” zijn gebruikt bij het zoekproces.

De toepassing van on-line monitoring van regenwater wordt genoemd in een aantal Duitse, Japanse, Amerikaanse patenten. Veel daarvan zijn ouder van 5 jaar. Recent (Biotechnologie 3000 GmbH, DE-A 102.26.731, 14-6-2002) wordt een meetstelsel genoemd voor on-line detectie van biologische contaminanten en hun afvalstoffen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een optisch meetstelsel (transmissie, reflectie of fluorescentie). Toepassingen worden voorzien voor de detectie van allerlei biologische kiemen (*Legionella*, *Salmonella*, *Pseudomonas Aeruginosa* e.d.) die voorkomen in drinkwater. Een Japanse aanvraag meldt de toepassing van sensoren voor watervervuiling en hergebruik van regenwater gebaseerd op een EC-meter (Aoki Toyooki, 16-6-2000, JP-A 2002-5.863).

Voor dis-continue metingen vinden we een patent dat zich richt op een micro-organisme assay sensor bedoeld voor toepassing in de sturing van een industriële (R)WZI (Toshiba Corp., 6-10-2000, JP-A 2002-112.761).

Het blijkt dat deze zoektocht een beperkt aantal octrooien oplevert. In een volgend onderzoek is het wenselijk om deze zoektocht breder in te zetten, waarbij toepassingen voor alle watersectoren worden meegenomen.

3.2.4 *Monitoring regenwater en toepassing van sensoren in de praktijk*

In principe bestaan er technologieën om de aanwezigheid van allerlei stoffen in waterige oplossingen vast te stellen. Vaak is dit lab-apparaatwerk welke alleen op samplebasis ingezet kan worden. Voor on-line monitoring moeten eenvoudige sensoren beschikbaar komen of ontwikkeld worden die kleiner, goedkoper, maar toch betrouwbaar en robuust zijn. Eerder onderzoek naar de technische mogelijkheden van monitoring heeft een beperkt resultaat opgeleverd (b.v. troebelheidsmeting). De huidige metingen geven zeer diverse resultaten op. Er blijken zeer beperkte correlaties te zitten tussen de verschillende stoffen in het hemelwater waardoor er geen “sleutel” parameters kunnen worden geselecteerd die een breder beeld van de kwaliteit van het betreffende hemelwater geven.

Er lopen verschillende meetprojecten in Nederland (zie Bijlage 9.5). Zo loopt er een initiatief bij de gemeente Den Helder, bij de gemeente Roosendaal. Veel van deze projecten zijn nog niet afgerond, er wordt vaak gebruik gemaakt van relatief recent ontwikkelde meetapparatuur en de motivaties tot het meten is vaak onduidelijk en zeker niet door regelgeving al opgelegd.

Voorlopige conclusies over de effectiviteit en mogelijkheden van deze metingen zijn al wel te trekken. Opvallend is dat de toegepaste continue meetbare parameters beperkt zijn (zuurstof,

troebelheid, temperatuur en pH), en de regenwaterkwaliteit vaak met behulp van steekmonsters wordt gemeten in plaats van continue meetmethoden (inzicht in concentraties en geanalyseerde stoffen uit 'samenstelling regenwater in stedelijk gebied', wRw, 2003). Er wordt vrijwel niet kwalitatief gestuurd wordt. De problematiek bij deze genoemde meetprogramma's ligt vaak bij het onderhoud van de instrumenten, de instrumenten zijn vaak onderhoudsintensief. Er liggen kansen om op centrale sturing over te gaan. Over het algemeen wordt geconcludeerd dat vaak het afstromend hemelwater toxisch is en niet voldoet aan de geldende milieueisen voor oppervlakte- en bodemwater (Boogaard en de Jong, 2002).

De "performance" van de meettechnologie

De nauwkeurigheid van de meettechnologie is van grote invloed op de "performance" van een besturings- of regelsysteem. Krajewski (2003) verrichtte onderzoek naar de effecten van meetfouten in de doorstromingsnelheid van rioolbuizen op de uiteindelijk berekende hoeveelheden totaal opgeloste stoffen. Uit experimenten bleek dat ondanks de zorgvuldig gecontroleerde omstandigheden, relatieve marges van 20% in de doorstromingsnelheid, effecten van 6 – 10% voor het volume, 25 – 35% voor de concentratie van de totaal opgeloste stoffen en 18 – 276% voor de verwijdering van de totale opgeloste stoffen gevonden werden.

De gevoeligheid geeft in het algemeen aan wat de laagste detectiedrempel van een sensor is.

We spreken van een slechte selectiviteit wanneer een sensor behalve voor een bepaalde component ook gevoelig is voor andere componenten. Op zich hoeft dit voor onze toepassing niet rampzalig te zijn, mits de componenten waarvoor de sensor gevoelig is ook in dezelfde toxische klasse ligt, met een zelfde grens- of drempelwaarde. Hierbij denken we bijvoorbeeld aan een sensor die gevoelig is voor alle (maar dan ook alleen maar) PAK's.

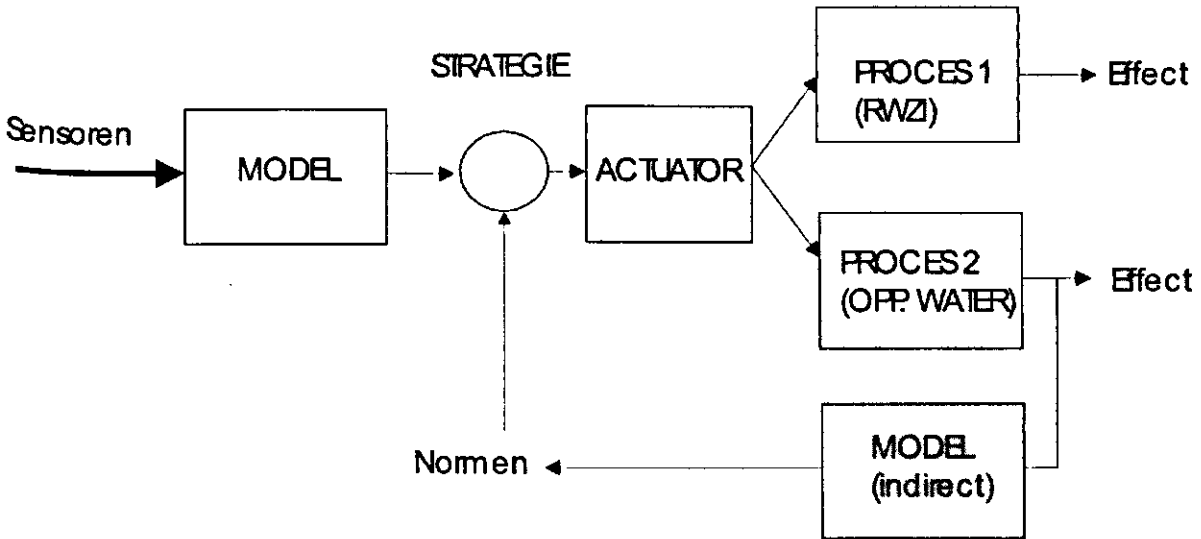
Rieger (2002) geeft aan dat de keuze van besturing- of regelstrategie implicaties heeft voor de specificaties (bv. nauwkeurigheid en snelheid) van de toegepaste sensoren. Hij pleit voor een betere modellering van het sensorgedrag, waardoor de performance van een systeem beter doorgerkend kan worden.

3.2.5 *Strategie (beslissingen)*

Directe of indirecte regelstrategie

Ten behoeve van een actieve regenwatersturing zal er antwoord geven moeten worden op de vraag: "Is dit regenwater schoon?" Theoretisch is hiervoor een goed antwoord te geven wanneer de concentraties van alle in regenwater voorkomende individuele stoffen en de bijbehorende norm daarvoor bekend zijn. Een strategie bestaat dan zuiver uit het één op één controleren van de individuele concentraties en als er geen enkele drempelwaarde is overschreden is het water schoon. Praktisch kennen we vaak alle concentraties niet, maar hebben we alleen de beschikking over een aantal afgeleide parameters. Er zal dus een vertaalslag van deze parameters, via een

model gemaakt moeten worden om tot een goede afweging te komen. Hiervoor bestaan vele technieken. We kunnen deze aanpak typeren als een "directe strategie". In de regeltechniek wordt deze aanpak als "Feed Forward regeling" bestempeld. Een nadeel van deze aanpak is dat er geen directe garantie is dat het uiteindelijke gewenste milieu effect bereikt wordt. Om die reden kiest men in de praktijk dan ook voor voldoende en ruime veilige normen, en voor het regelmatig controleren van de oppervlakte wateren (monitoring).



Figuur 11. Directe en indirecte regelstrategie.

Los van de bovenstaande eenvoudige strategie kan men zich ook de vraag stellen: "Ook al overschrijd ik misschien de lokale norm (op microschaal) voor schoon water, welke milieu-impact heeft de lozing (volume, kwaliteit) van dit regenwater op het water ecosysteem (microschaal) waarop ik loos?" Als het effect verwaarloosbaar klein is, dan kan de lozing wellicht ongestraft gebeuren. Antwoorden op deze vragen zijn vanuit de technologie, en de kennis van de effecten van vervuild water op biologische ecosystemen nog niet gegeven. Eigenlijk proberen we met die methode de "manuele" taak van de huidige waterkwaliteitsbeheerder na te bootsen, door het toepassen van een "teruggekoppeld regelsysteem". Juist daarom ligt het voor de hand dat de KRW kiest voor het benoemen van individuele stoffen en daarbij richtlijnen en normwaarden noemt. Omdat deze ("indirecte") aanpak juist vanuit het beleid een lange en moeizame weg te gaan heeft, zal in dit rapport deze lijn niet verder uitgewerkt worden.

Data-analysemethoden (soft sensors)

Vaak zullen de "ruwe" meetwaarden van één of meerdere sensoren niet direct de concentratie van een individuele stof aangeven. Deze signalen zullen nog bewerkt, vertaald, gecombineerd of geanalyseerd moeten worden. In de meest eenvoudige vorm zou een kalibratie of ijking voldoende kunnen zijn, maar vaak is dit niet mogelijk en moeten we een complexere methode gebruiken. In dit laatste geval spreken we dan van "soft sensors" of, als het om meerdere sensoren gaat ook wel: "sensor fusion". Vertaling is mogelijk naar individuele concentraties, of

naar groepswaarden (bv. totale PAK's of totale zware metalen). In dit laatste geval zijn we dan niet geïnteresseerd in de concentratie van een individuele stof, maar of de groep als geheel de limiet of grens overschrijdt. Deze technieken worden toegepast wanneer bepaalde typen sensoren te duur of zelfs niet beschikbaar zijn. Daarvoor in de plaats komen dus één of meerdere andere goedkopere of verkrijgbare sensoren in combinatie met een stukje software (algoritme of model). Achtereenvolgens zullen nu een aantal methoden voor data analyse gepresenteerd worden welke voor een directe strategie gebruikt kunnen worden.

Principle Component Analyses (PCA)

Het karakteriseren van processen, zoals bijvoorbeeld in de biologische afvalwaterzuivering, is een lastig probleem omdat we te maken hebben met veel variabelen die op hun beurt in de tijd (uren tot seizoenen) wisselende afhankelijkheden en relaties kunnen hebben. Lennox en Rosen (2002) maken hierdoor gebruik van de “Adaptive Multi Scale Principle Component Analyses” methode (AdMSPCA).

Patroonberkenning

Ogawa (2002) maakt o.a. gebruik van patroonherkenning.

Neurale netwerken (NN)

Luccarini et al. (2002) beschrijven het gebruik van een soft-sensor op basis van een neuraal netwerk om het verwijderen van stikstof en fosfor uit afvalwater te kunnen regelen. Als input voor de soft-sensor gebruiken ze ORP en pH. Voor hun toepassing concludeerden ze dat N en P bepaalde concentraties niet volledig nauwkeurig waren, maar dat trendmonitoring perfect mogelijk was. Baeze et al. (2002) doen nagenoeg hetzelfde maar gebruiken temperatuur, biomassa concentratie en flow om de COD of Oxygen Uptake Rate (OUR) te schatten.

Voorspellende modellen

In enkele gevallen kan een model zo ver gaan dat ook voorspellingen gedaan kunnen worden. In dat geval moet informatie meegenomen worden over het proces en de ingangsgrootheden. Een veel gebruikte toepassing is waarbij het weer (in ons geval de regen) voorspeld kan worden. (ref: b.v. Weer- en control, J. Bontsema, Wageningen-UR).

Modellering en Systeemidentificatie

Ten behoeve van het ontwikkelen van een meet- en regelsysteem is het belangrijk te beschikken over het gedrag (statisch en dynamisch) van het proces. Op de eerste plaats zal helder moeten zijn welke stoffen er in het hemelwater aangetroffen kunnen worden, waar en in welke concentraties. Kenmerkende randvoorwaarden moeten worden vastgelegd, die gelden voor de verschillende typen gebieden (wegen, woonwijken, industrie, agrarisch etc.). Verder moet er een definitie van toegestane vervuilingsgraden komen welke in overleg met stakeholders samengesteld zal worden mocht die niet rechtstreeks voorhanden zijn.

Op de tweede plaats moet er een dynamisch model van het proces voorhanden zijn wil een adequate besturing kunnen slagen. Bekend moet zijn welke dynamiek de vervuulende stoffen hebben t.g.v. bijvoorbeeld weersinvloeden (neerslag, temperatuur, instraling etc.), en ook hoe de hemelwaterafvoer en het rioolstelsel reageren op het wisselende aanbod van hemelwater. Veel onderzoek is al besteed aan dit onderwerp, en op basis van een literatuurstudie moet worden vastgesteld welke modellen relevant en geschikt zijn voor precies deze toepassing. Wanneer de modellen beschikbaar zijn, moet verder via systeemidentificatie vastgesteld worden wat de specifieke parameters zijn (reactiesnelheden, verblijftijden e.d.).

3.2.6 Infrastructurele zaken, investeringen en kosten

Bij invoering van on-line sturing van regenwater zal een aangepaste infrastructuur voor het regenwaterriool gemaakt moeten worden. De maten waarin hangt nauw samen met de plaats waar de monitoring en sturing gepositioneerd zal worden in het regenwater riool. Een belangrijk aspect daarbij is de afweging van de investeringskosten die daarmee gemoeid zijn, tegen de meerwaarde die het oplevert. Meerwaarde zou daarbij kunnen zitten in de beperktere (kleinere) dimensionering van het systeem. Naast de directe investering in de meetapparatuur, zal er aandacht moeten zijn voor: ICT-apparatuur, de actuatoren, de aanpassingen van bestaande systemen en de extra beheers- en onderhoudskosten. Voor gemeentes zal het keuzemoment voor invoering van een kwaliteitsgestuurd systeem voor de hand liggen bij de nieuwbouw of een totale vervanging van het regenwater stelsel. Gemeentes zullen daarbij gebruik maken van beslisbomen (Ganzevles e.a., 2004) welke hun helpen bij het maken van de juiste keuze.

Informatie en Communicatie Technologie (ICT)

Monitoring en onderzoek naar automatiseren brengt met zich mee dat de meetsignalen worden verzameld op één observatiepunt. Sensoren, actuator, en regelcentrum hoeven daarbij niet op fysiek dezelfde plek te staan. Daarom moet gebruik worden gemaakt van communicatietechnologieën, die specifiek geschikt zijn voor de toepassing. Het toepassen op bijvoorbeeld pomppunt niveau zal minder hoge eisen stellen aan de ICT-apparatuur, dan wanneer we in een straatkolk een sensor zouden willen aanbrengen en ook uitlezen.

Mogelijkheden daarvoor dienen zich al aan zoals allerlei internet, web-based en vooral draadloze applicaties. Inmiddels beginnen deze technieken gemeengoed te worden, en verschillende leveranciers en installateurs zijn inmiddels vertrouwd hiermee. Binnen het onderzoek richt men zich op het ontwikkelen van kleine, draadloze sensornetwerken (Smart Dust, ZigBee e.d.). Deze kunnen toegepast worden in de utiliteitsbouw, maar ook toepassingen in de landbouw worden onderzocht (www.lofar.nl; Goense e.a., 2005).

Actuatoren (uitvoerende organen) en energievoorziening

Voor de sturing zijn actuatoren noodzakelijk zoals kleppen, pompen etc. Een belangrijk punt daarbij is de energievoorziening van deze componenten, zeker wanneer deze tot diep in de wijk toegepast gaan worden. In Limburg is een gemeente aan het onderzoeken of uit het natuurlijke verval in rioleringsstelsels energie te winnen is.

3.2.7 *Technologie, de huidige stand van zaken*

Monitoring

On-line monitoring wordt slechts beperkt toegepast, vaak alleen nog maar om binnen onderzoek het stelsel te evalueren. Er wordt in dat geval slechts een beperkte hoeveelheid parameters gemeten omdat de beschikbaarheid van sensoren beperkt is (EC, doorzicht, troebelheid, BZV, CZV e.d.). Alle andere parameters die vermeld worden in de KRW worden via monsternamen en lab-analyses bepaald. Monitoring is alleen na de menging van meerdere bronnen toegepast.

Sturing

Het meten van de kwaliteit en actief besturen zo dicht mogelijk bij de bron, levert het beste rendement. Binnen verbeterd gescheiden rioolstelsels wordt wel al in die richting wat gedaan (SMARTDrain® van Tauw) maar een besturing wordt slechts toegepast op basis van hydraulische parameters (flow e.d.). Tot op heden heeft een "feed-forward aanpak" in de praktijk nog niet tot een 100% goede scheiding van hemelwater op basis van kwaliteit geleid. De bronnen (industrieterreinen, woonwijken, flatgebouwen en parkeerterreinen e.d.) zijn niet volledig in kaart gebracht en de mogelijke stuurpunten zijn onbekend. De mate waarin hier een verfijning (van wijk naar individuele putten of regenpijpen) wordt aangebracht bepaalt uiteindelijk de kosten van de implementatie. De techniek daarvoor is nog niet voorhanden. Modelmatig is het rioolstelsel in beeld en zijn de hydraulische eigenschappen daarvan goed bekend, echter de dynamica van de waterkwaliteit en samenstelling is een niet ontgonnen gebied.

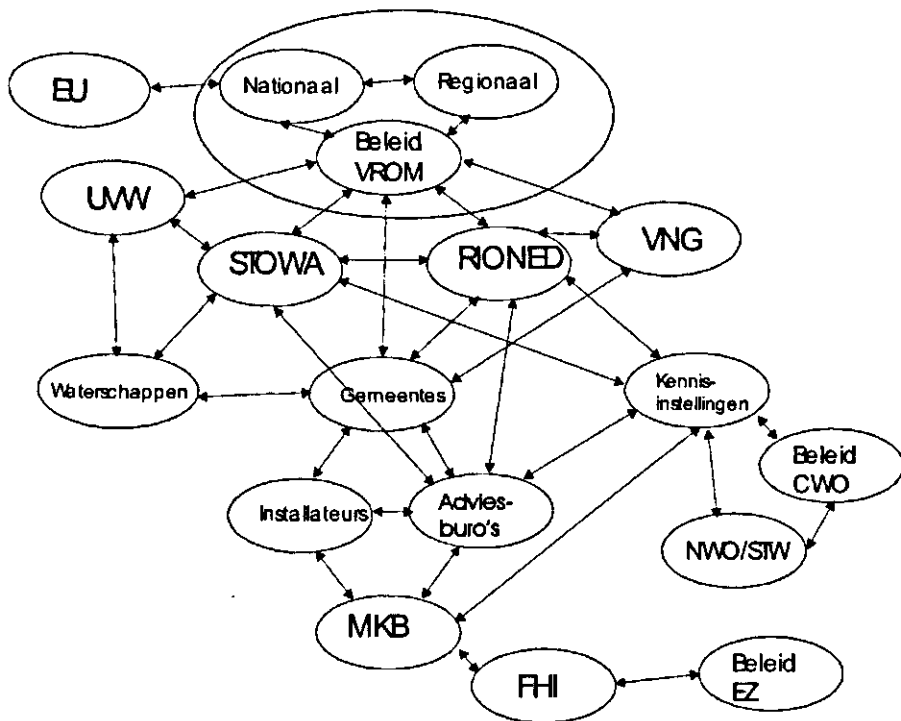
3.3 Stakeholders

3.3.1 *Identificatie stakeholders*

In het speelveld van monitoring en actieve sturing van regenwater zijn een drietal stakeholdergroepen te benoemen:

- Praktijk;
- Beleidsinstellingen;
- Kennisaanbieders;
- Technologie aanbieders.

Achtereenvolgens zullen binnen deze groepen de instellingen benoemd worden. In bijlage 9 worden deze organisaties benoemd met daarbij contactpersonen en adressen. In Figuur 12 wordt een vereenvoudigd overzicht gegeven.



Figuur 12. Identificatie van stakeholders.

Praktijk

Onder de praktijk verstaan we de instanties die de systemen (actieve monitoring en sturing) gebruiken en toepassen. Dat zullen in eerste instantie de gemeentes zijn en daarbinnen de afdelingen die zich met het regenwaterriool bezig houden. In iets mindere mate zullen ook de waterschappen de technologie (monitoring) toe kunnen passen. De gemeentes worden vertegenwoordigd door de koepelorganisatie: de Vereniging van Nederlandse gemeentes (VNG). De waterschappen kennen de koepelorganisatie de Unie van Waterschappen (UvW). In de begeleidingscommissie hebben vertegenwoordigers van de gemeentes Ridderkerk en Roosendaal, en de waterschappen Noorderzijlvest en Reest en Wieden deelgenomen.

Beleidsinstellingen

Het beleid voor waterbeheer wordt gemaakt door de regionale politiek: de Provincies, door nationale politiek: het ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM), en Verkeer en Waterstaat (DG-water) en door de internationale politiek: de Europese Unie (EU). In dit kader hebben we ook te maken met beleid ten aanzien van de economische activiteit: het ministerie van Economische Zaken (EZ). Beleidsinstellingen ondersteunen hun beleid vaak door het geven van subsidies voor toepassing van technologie en ontwikkeling van kennis (o.a. Senter-Novem, EU, EG-Liaison). Recent heeft EZ het Innovatie Platform ingesteld welke een aantal sleutel gebieden voor innovatie heeft benoemd waaronder ook water en "high tech" vallen. Stimulering van deze gebieden vind plaats via Senter-Novem. Als het om het beleid gaat voor kennisontwikkeling dan is het ministerie van Cultuur, Wetenschap en Onderwijs (CWO) daarvoor verantwoordelijk. Zij stelt subsidie middelen beschikbaar via STW en NWO. In strikte

zin zijn er binnen gemeentes en waterschappen ook groepen die zich met beleidsontwikkeling bezighouden. In dat geval gaat het om lokaal beleid en regelgeving. Namens de kennisaanbieders heeft één vertegenwoordiger van Wageningen Universiteit (WUR) deelgenomen in de begeleidingscommissie

Kennis- en technologieaanbieders

Hieronder kunnen we op de eerste plaats de kennisaanbieders uit de watersector benoemen. De stichting Rioned is de kennisaanbieder voor de rioolwatersector en richt zich primair op de gemeentes. Stowa (Stichting Toegepast Onderzoek Water) draagt zorg voor de kennisverspreiding richting waterschappen. Beide instellingen worden door overheid en sector gefinancierd en zetten onderzoek uit bij de onderzoeksinstellingen. Binnen de zuivere onderzoeksinstellingen en universiteiten wordt kennis ontwikkeld. Voor de watersector zijn daarvoor in beeld alle TU's (TUD, TUT, TUE), verschillende andere universiteiten (o.a. WUR), en onderzoeksinstellingen zoals KIWA, TNO, RIKZ, RIZA en het nieuwe top-instituut voor water: WETSUS.

Advies- en ingenieursbureaus zijn de directe aanbieders van kennis aan de gemeenten en waterschappen (Tauw, Haskoning, DHV, Grontmij). Zij voeren in opdracht projecten uit, geven advies en coördineren infrastructurele projecten. Adviesbureaus zijn verenigd in de ONRI (Organisatie van advies- en ingenieursbureaus).

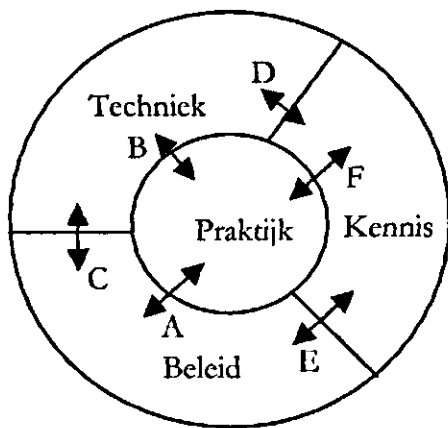
Het Nederlands Water Platform is een onafhankelijk lichaam dat gezamenlijk is opgericht door de Nederlandse publieke en private sector en fungeert als een coördinatie en informatiepunt voor internationale water activiteiten.

Techniekaanbieders

Techniek (sensoren, regelsystemen, gebouwen, netwerken, leidingen e.d.) worden aangeleverd door het midden en kleinbedrijf (MKB). In veel gevallen zullen deze bedrijven niet rechtstreeks aan de gemeentes en waterschappen leveren maar gebruik maken van een intermediair, aannemer of installateur. Dit werk is al- of niet gecoördineerd door een ingenieurs of adviesbureau. Binnen de technologie aanbieders (MKB) vinden we een hele keten van partijen die deelsystemen aan elkaar leveren. Het begint bij het aanleveren van fundamentele kennis vanuit de universiteiten aan ontwikkelaars en “system-integrators” welke prototypen maken (b.v. Lionix). Vervolgens zullen andere partijen produceren en weer anderen zullen voor de distributie zorg dragen (handelaars, distributeurs). Deze sector kent verschillende branche verenigingen. Een belangrijke op het gebied van instrumentatie en sensoren is de Federatie Het Instrument (FHI). Omdat het in deze sector om “handel” gaat, is het ministerie van EZ de partij die deze sector vaak door middel van subsidies steunt.

3.3.2 Actoren, hun motieven en interactie.

Door de ophanden zijnde wet- en regelgeving (KRW) wordt de regenwater sector gehouden aan milieuwetten die de kwaliteit van waterlozingen op oppervlakte en grondwater aan banden leggen. De gehele sector komt daarmee in beweging, maar de verschillende actoren hebben allen daarbij andere motieven. Zo zal het beleid redeneren vanuit ecologische motieven, zich daarmee verantwoordelijk opstellend ten aanzien van de burgers. Zij stelt zich de vraag “Hoe schoon moet het water zijn opdat het milieu niet geschaad wordt?”. Op haar beurt zal het beleid de kaders (wetten en regelgeving) aangeven waaraan de gemeentes en waterschappen (praktijk) zich moeten conformeren (zie Figuur 13, nummer A). De praktijk vraagt zich nu af: “hoe kan ik voldoen aan deze kwaliteitsnormen en het afkoppelbeleid?”. Daarvoor dienen zich allerlei oplossingen aan, waarvan “actieve sturing op basis van kwaliteit” er een is. Zij vraagt zich dan ook terecht af of deze aanpak haalbaar is. Hun motieven zijn zuiver economisch van aard. De vraag is verder: “Als er technologie is, waar en hoe willen we die dan zinvol inzetten?”. De eerste stap daarbij is te kijken of techniek aanbieders deze middelen kunnen aanbieden (B). De motieven die deze techniek aanbieders daarbij hebben zijn ook zuiver economisch van aard. Zij willen graag zoveel mogelijk verkopen. Zij stellen dan ook al gauw de vraag “welke technologie is er nodig en hebben we die beschikbaar?”. In eerste instantie zullen bedrijven via eigen ontwikkeling dit proberen te realiseren, al of niet gesubsidieerd vanuit de overheid (C). Wanneer de technieken niet voorhanden zijn, zullen de bedrijven een beroep op de kennisaanbieders doen (D). In eerste instantie met de vraag: “hoe kunnen we met zo minimaal mogelijke inspanning het huidige aanbod geschikt maken voor deze nieuwe markt?” Dit is mogelijk wanneer kennisinstellingen een pasklaar antwoord hierop op de plank hebben liggen. Wanneer dit niet het geval is, moet er toegepast of zelfs fundamenteel onderzoek gestart worden om die vraag te beantwoorden. De motieven die kennisinstellingen hebben zijn van oorsprong natuurlijk de honger naar nieuwe kennis (technologie). Recent worden deze instellingen natuurlijk ook gedreven vanuit de noodzaak om het onderzoek naast de eerste en tweede (E) ook betaald te krijgen vanuit de derde geldstroom (D,F). Projecten in het kader van Publiek-Private Samenwerking liggen daarbij voor de hand. Wanneer een onderzoek loopt zullen de kennisinstellingen zeker bij toegepast onderzoek veel vragen aan de praktijk hebben over de specificaties waaraan de technologie moet voldoen. Ook zullen ontwikkelde prototypen vanuit de laboratoria aan de praktijk ter toetsing worden aangeboden(F).



Figuur 13. De actoren en hun interactie.

Kijkend naar het diagram in Figuur 13 zien we dat de verschillende actoren heel erg afhankelijk van elkaar zijn. Dit uit zich in het feit dat veel actoren een afwachtende houding aannemen. De motieven die te herkennen zijn, zijn: Ecologie, Economie en Technologie. De stakeholder verkenning richt zich op het nader in kaart brengen van deze 4 actoren en de 6 relaties tussen deze actoren. Daarvoor zijn interviews en een workshop (1) gebruikt.

3.3.3 Interviews

In dit kader zijn er gesprekken en bezoeken geweest met o.a. de opdrachtgevers, leden van de begeleidingscommissie, Tauw, de gemeenten Ridderkerk en Roosendaal, TU-Twente (MESA+), verschillende symposia (Sensor Conferentie Twente, Sense of Contact) er is deelgenomen aan het water initiatief The Bridge (Amersfoort), Senter (IS-senter regelingen), Innovatie bijeenkomst Rotterdam, studiedag WUR-vakgroep milieutechnologie, WUR-bionanotechnologie, Federatie het Instrument, Dumont Advies. De resultaten van deze gesprekken zijn verwerkt in dit hoofdstuk 3.

3.3.4 Workshop 1

In twee workshops hebben deskundigen op het gebied van sensoren en waterkwaliteit met elkaar gediscussieerd over mogelijkheden van onderzoek naar monitoring en sturing van regenwater (zie voor het programma Bijlage 9.2.1). De eerste workshop had een verkennend karakter naar de mogelijkheden voor onderzoek. In de tweede workshop (zie paragraaf 4.4) nader ingegaan welke reële doelstellingen op een termijn van twee dan wel vijf jaar te realiseren zouden zijn.

In de eerste workshop “Monitoring en sturing van regenwater” is gezocht naar mogelijkheden om op termijn te komen tot het sturen van regenwater op basis van de daadwerkelijke regenkwaliteit. Een dertigtal stakeholders uit de watersector en de sensorwereld brainstormden hierover aan de hand van een viertal inleidingen. De thema’s die daarbij aan de orde kwamen waren: “Beleid en Strategie”, “Praktijk en Ontwikkeling” en “Techniek en Onderzoek”. De conclusies (Bijlage 9.2.2) daarvan zijn samen te vatten in een viertal statements:

- Er is behoefte aan meer duidelijkheid omtrent de (on-)mogelijkheden van regenwater monitoring en sturing.
- Er is behoefte om te komen tot samenwerking op alle terreinen en een drijvende kracht daarbij is noodzakelijk.
- Beleid en uitvoering sluiten niet goed op elkaar aan.
- Er zijn voldoende (rijpe) kansen en initiatieven om mee te starten, en stakeholders zijn gemotiveerd.

Op basis van deze statements is voorgesteld om een routekaart uit te werken met twee scenario's met elk een eigen tijdshorizon, één voor de korte termijn (0-5 jaar), en één voor de lange termijn (0-15 jaar). De eerste jaren zal er aandacht zijn (in projecten) voor doelgerichte ontwikkelingen, waarbij implementatie van bestaande technologie en beleid, technologie ontwikkeling (monitoring en sturing), kennisopbouw, kennisuitwisseling en demonstratie centraal zullen staan. Voor toekomstige jaren zal de nadruk liggen op strategische ontwikkelingen zoals sensoronderzoek en implementatie van nieuwe technologieën, regelstrategieën en aanpassing van beleid en regelgeving. Beide scenario's sluiten op elkaar aan, en op regelmatige tijdstippen (3-5 jaar) zullen de scenario's voor korte en lange termijn worden bijgesteld.

3.3.5 Breakout sessie: Sense of Contact

Deze workshop (break-out sessie) was gericht op de aanbieders van technologie en kennis voor sensoren, en werd gehouden tijdens de conferentie "Sense of Contact" in Wageningen. In bijlage 9.3 is het programma verder uitgewerkt. De resultaten zijn gebruikt bij de stakeholder analyse in de volgende paragraaf.

3.3.6 Workshop 2

Tijdens de tweede workshop is gesondeerd bij de aanwezige stakeholders (35 personen) of zij de toepassing van een actief gestuurd regenwater systeem op termijn zien zitten (zie bijlage 9.4.2). Verder is gevraagd of zij daarbij een actieve rol zouden willen spelen. Deze stakeholders zijn verdeeld in een 5-tal groepen: Gemeentes, Waterschappen (Praktijk); Onderzoek, Advies (Kennisaanbieders); MKB (Technologie aanbieders). De gemiddelde scores zijn bepaald voor de mate van activiteit (passief = 1; actief = 10) en de vraag of de stakeholder de toepassing ziet zitten (tegen = 1; voor = 10). Bij de conclusies moet rekening gehouden worden met de beperktheid van deze methode (35 personen), en de beperkte representativiteit voor de verschillende actoren groepen. Met name het Beleid was tijdens de workshop niet vertegenwoordigd. Het volgende beeld komt uit de analyse:

Tabel 4. Stakeholder analyse naar actor (A) en catagorie (B)

A	Gemeente	Waterschap	Advies	Onderzoek	MKB
Voor	6.8	3.8	5.5	10	6.9
Actief	7.5	9.0	8.8	8.6	8.8

B	Praktijk	Kennis	Techniek	Beleid
Voor	5.5	8.5	6.9	-
Actief	8.2	8.7	8.8	-

De techniekaanbieders (het Midden en Kleinbedrijf) ziet de toepassing wel zitten (6.9) en wil hieraan ook actief meewerken (8.8). Dit komt voort uit hun drang om geld te verdienen door mogelijke marktkansen, en hun optimisme dat er wel een product te ontwikkelen zal zijn. Wel is tijdens de workshops gebleken dat ze veel vragen hebben richting de afnemers, en met name de ontwikkelaars willen graag van de afnemers concrete beantwoording van deze vragen zien. Omdat deze nog niet gegeven zijn, zijn zij daarom negatiever gestemd over de haalbaarheid.

De kennisaanbieders zien de toepassing wel zitten (8.5) en willen ook graag meedoen aan de verdere ontwikkeling daarvan (8.7). Wel is er verschil tussen de adviesbureaus en de universiteiten te onderkennen ten aanzien van de haalbaarheid. De adviesbureaus zien de haalbaarheid nog niet, maar wijzen die op voorhand ook niet direct af (5.5). Het onderzoek daarentegen ziet qua haalbaarheid (zeker op de lange termijn) geen obstakels voor de toepassing (10).

Analyse van de stakeholder interacties

In Figuur 13 zijn de 6 interacties tussen de vier categorieën actoren geschetst. Uit de interviews en workshops is alle informatie gebruikt om de interacties op dit moment in kaart te brengen. Met name is ook gebruik gemaakt van de analyse van workshop 2 (zie Bijlage 9.4.3). Deze zullen nu verder uitgewerkt worden:

A – Beleid – Praktijk

De praktijk krijgt vanuit het beleid wetgeving opgelegd over ecologische kwaliteit van oppervlaktewater (KRW), maar er zijn nog geen hanteerbare waterkwaliteitsnormen voor overstorten. Er is een goede definitie nodig van “schoon water”, en er moet duidelijk worden welke de emissierelevante parameters zijn. Op actieve (on-line) sturing op basis van kwaliteitsmonitoring is nog geen beleid en een goede strategie (beslissing voor sturing) ontbreekt.

B – Praktijk – Techniek

Het economisch perspectief voor de toepassing is nog niet inzichtelijk. Zowel praktijk als techniek en beleid wachten daarom op een goede kosten-baten analyse (marktanalyse). De praktijk vraagt welke technologie beschikbaar is (robuust, nauwkeurig, onderhoudsvriendelijk), en of daarmee voldaan kan worden aan de (toekomstige) normen. In feite zou de praktijk willen zien dat de technologie aantoonbaar werkt (demonstratie). De techniek vraagt aan de praktijk de gewenste specificaties van de technologie (sensoren) en zoekt naar een breder afzetgebied (andere watergerelateerde sectoren).

C – Techniek – Beleid

Het MKB vraagt aan het beleid met name ondersteuning in de vorm van subsidies bij marktonderzoek, verkenningen en ontwikkeling. Verder vragen over de normstelling voor de kwaliteit van water. Bedrijven zijn vaak onbekend met de sector en zijn op zoek naar concrete informatie. Het beleid wordt dan ook gevraagd de kennisuitwisseling tussen universiteiten, praktijk en bedrijfsleven te structureren en te faciliteren.

D – Techniek – Kennisinstelling

Het MKB vraagt de kennisinstellingen naar de technologie die zij op de plank hebben liggen. Het MKB zou daar prototypen van kunnen maken en gaan testen in de praktijk. Sensoren die nu nog niet beschikbaar zijn, zouden door de universiteiten ontwikkeld moeten worden.

E – Kennisinstelling – Beleid

Het ontwikkelen van sensoren voor alle genoemde individuele stoffen uit de KRW is een ondoenlijke zaak. Het onderzoek is daarom momenteel op zoek naar biosensoren die rechtstreeks “biologische waterkwaliteit” kunnen bepalen. Richting beleid is daarom de vraag “mogen dit type sensoren (die niet direct individuele stoffen meten) gebruikt worden om de mate van vervuiling van (het te lozen) water te bepalen, en mogen deze dan ook ingezet worden in automatische besturingen?”

F – Kennisinstelling – Praktijk

De praktijk is nog onbekend met de toepassing en vraagt zich af waar moeten we meten, met wat moeten we meten, op welke stoffen moeten we controleren? Antwoorden die het onderzoek zou moeten geven. De praktijk vraagt aan de kennisinstellingen welke sensoren nog ontbreken (witte vlekken) en of die binnen afzienbare tijd op de markt kunnen komen tegen acceptabele kosten. Verder de vraag van de praktijk waar de technologie zinvol en economisch verantwoord toegepast kan worden. Deze vraag is vooral aan de advies- en ingenieursbureaus gericht die via “beslisbomen” en decision support systemen tools maken voor gemeentes om investeringen te ondersteunen.

SWOT-analyse en conclusie

We zien duidelijk dat de interacties tussen de actoren in het teken staan van het hebben van vragen aan elkaar. Het ziet er naar uit dat deze vragen op dit moment vooral vanuit de praktijk

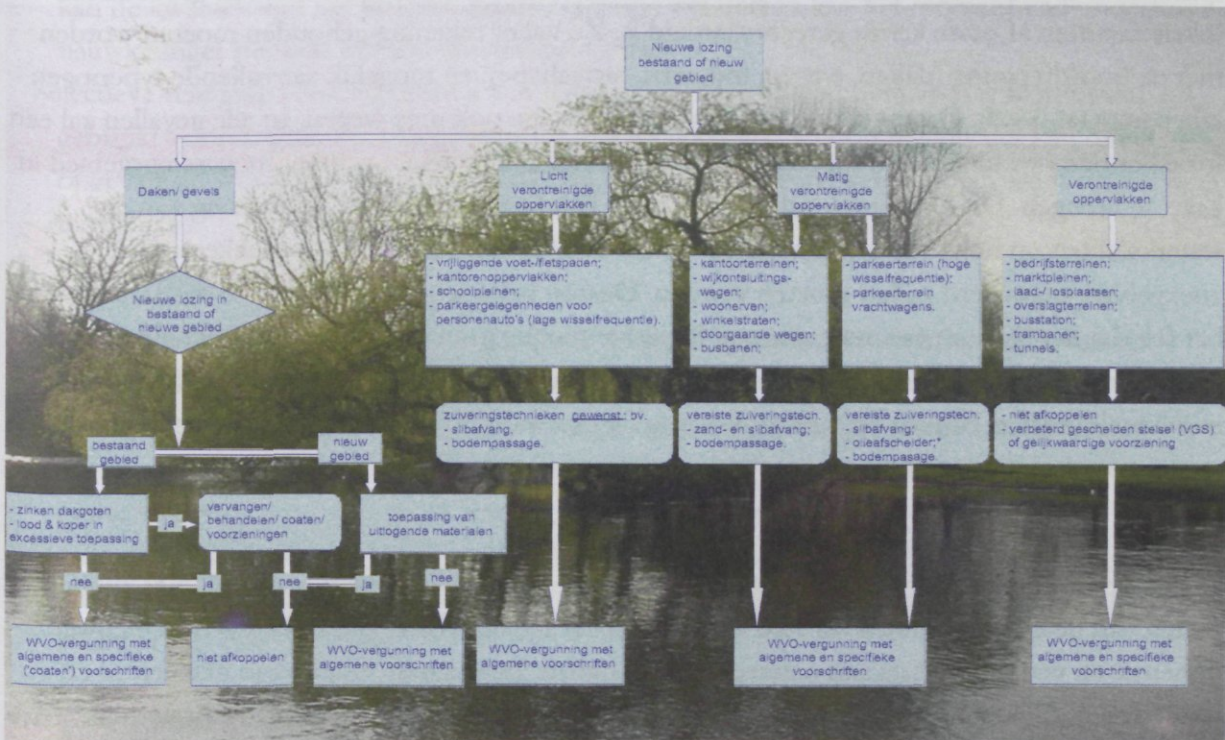
komen naar aanleiding van de nieuwe water wetgeving (KRW) en het zien van kansen door toepassing van nieuwe technologie. Het beleid neemt daarin juist een afwachende positie in, en wacht af wat de praktijk gaat doen. Juist doordat de vragen onbeantwoord blijven, lijkt de haalbaarheid van de actieve sturing daarom ver weg, wat een aantal actoren weer negatiever stemt. Daartegenover staat dat ook weer een groot aantal actoren actief aan de slag wil. Over het algemeen zien we voldoende momentum om de toepassing van actieve sturing op basis van monitoring verder uit te werken. Belangrijk daarbij is dat alle actoren nu een gezamenlijke weg kiezen en volgens een plan gaan werken. Hierbij zou beleid juist wel een sturende, coördinerende en stimulerende rol kunnen vervullen. Bij de uitwerking van scenario's in het volgende hoofdstuk moet dan ook rekening gehouden worden met juist het beantwoorden van de vragen. Het communiceren van deze antwoorden en het informeren van een brede groep actoren (inclusief beleid) is echter even belangrijk. Daarmee zou een actieve sturing op basis van monitoring wel eens dichterbij kunnen liggen dan nu in het algemeen verwacht.

4 Analyse (mogelijkheden, scenario's en vragen)

4.1 Sturen op basis van kwaliteitsmonitoring, beslisbomen en voorbeelden

4.1.1 Beslisbomen

De eerste vraag die een gemeente zal stellen zal zijn: "Waar pas ik wat toe, en wat is economisch zinvol?" Doorgaans maken gemeentes voor het maken van deze beleidsbeslissingen gebruik van beslissingsondersteunende systemen, al of niet geholpen door adviesbureau's. Ook voor het nemen van de beslissing of actieve sturing zinvol is, zal zo'n systeem (beslisboom) ontwikkeld moeten worden. Omdat er ook andere maatregelen denkbaar zijn, en ook al toegepast worden, zal dit in de praktijk een uitbreiding van de bestaande beslisbomen moeten worden.



Figuur 14. Voorbeeld van een beslisboom.

Het toepassen van actieve sturing ligt niet altijd voor de hand. Daar waar heel duidelijk is dat water schoon is, of juist zeker vervuild is, is het toepassen niet zinvol. In die gevallen is het nemen van permanente infrastructurele maatregelen (misschien wel passieve sturing te noemen). Daar waar actieve sturing zinvol kan zijn is juist in het grijze gebied, daar waar de kwaliteit van water niet zo goed bekend is. Juist omdat de waterkwaliteit nu nog niet actueel bekend is, kiest men immers vaak voor het veilige in plaats van het onzekere en bestempelt het water met het predikaat "vervuild", met alle gevolgen van dien. Actieve sturing kan dan voorkomen dat dit water ten onrechte als vervuild wordt aangemerkt en juist als "schoon water" alsnog behandeld kan worden. In principe zijn we dan bezig om het grijze onzekere gebied voor waterkwaliteit kleiner te maken.

Tabel 5. Uitbreiding beslisboom voor actieve regenwatersturing.

Norm	Afstromend regenwater		
	Wit	Grijs	Zwart
Categorie waterkwaliteit			
Kwaliteit	“Goed”	Onbekend	Slecht
Actie	Permanent afkoppelen naar oppervlaktewater	Monitoren op kwaliteit en actief sturen bij overstort	Permanent afkoppelen naar (R)WZI

Naast deze globale keuze (als er een grijs gebied is) hangt het vervolgens van een groot aantal lokale factoren af of de keuze gerechtvaardigd is. Zo zal er rekening gehouden moeten worden met de hoofdtypering (daken, wegen, industrie, stelseltype), en mogelijk aanvullende typering (zie paragraaf 3.1.2). Daarnaast zal het investeringsplaatje ook mee wegen. In alle gevallen zal een lokaal onderzoek uitgevoerd moeten worden en de karakteristieken van het toepassingsgebied in kaart te brengen. Dit onderzoek zal inhouden dat karakterisering en kwantificering van de waterkwaliteit op basis van steekmonsters en lab-analyses op verschillende plekken in het zoekgebied uitgevoerd zullen moeten worden. Daarbij behoort een risicoanalyse ten aanzien van het feit dat het hier om een eenmalige en beperkte meting gaat. Om meer duidelijkheid over de lange termijn kwaliteit van water te krijgen kan nieuwe meettechnologie (sensoren) die on-line individuele stoffen kunnen bepalen ook nuttig ingezet worden om voor een beperkte duur in te zetten voor het onderzoek.

4.1.2 Waar kan monitoring en actieve sturing toegepast worden?

Sturen op kwantiteit van water is al honderden jarenlang gemeengoed in ons land. Het kunnen meten van de exacte kwaliteit op elke locatie en ieder tijdstip geeft hieraan een geheel nieuwe dimensie en een groot scala aan nieuwe mogelijkheden. Een van de vragen van gemeentes en waterschappen was daarom ook: “Waar kan de actieve sturing en monitoring op basis van kwaliteit zinvol ingezet worden?”. Hier zullen een aantal voorbeelden gegeven worden die in eerste instantie voor de regenwaterketen gelden. In een bredere context kunnen natuurlijk nog veel meer toepassingen genoemd worden, die ook voor het MKB interessant kunnen zijn. Hierbij kunnen genoemd worden de toepassing bij oppervlaktewateren (zwemwater, irrigatie, beregening, veedrenking), proceswater (kassen, visvijvers en koelwater), en in het extreme geval zelfs de drinkwatersector (b.v. legionella monitoring).

On-line monitoring kan ook voor verschillende doelen gebruikt worden. Zo kan het ingezet worden voor permanente metingen (voor alarmering, handhaving of actieve sturing) of voor langdurig en trendonderzoek ten behoeve van beleidsbeslissingen en investeringsbeslissingen.

Sturen op kwaliteit betekent dat wij de mogelijkheid krijgen om al of niet water in te nemen afhankelijk van hoe goed of slecht de kwaliteit van dat water is. Dit is belangrijk vanuit het milieu perspectief. We zouden ook kunnen beslissen om water wel of niet te behandelen, wat meer een economische afweging is. Voor regenwater denken we aan:

- Lozing op oppervlaktewater. Een slimme overstort met continue monitoring bij een pompgemaal. Vuil water gaat naar de RWZI en schoon water wordt geloosd;
- Een variant op bovenstaande is de afkoppeling van een wijkansluitingsweg waarbij vuil afstromend regenwater naar een zaksloot gaat (infiltratie) en het schone water via een overloop naar een beek;
- Infiltratie in de bodem. Monitoring voor een infiltratiefilter (zandfiltratie of bij wadi's). Hiermee kan de kwaliteit van het infiltratiepakket gevolgd worden en kan het moment van onderhoud nauwkeuriger bepaald worden (kosten besparing);
- Selectieve reiniging voor hergebruik van regenwater. Afstromend hemelwater wordt vaak gebruikt voor irrigatie en beregeningsdoeleinden (kassen). Schoon regenwater kan direct opgevangen worden in het bassin. Vuil regenwater wordt eerst gereinigd alvorens opgeslagen te worden.

Andere voorbeelden zijn:

- Selectieve stuw. De hoogte van een stuw zou geregeld kunnen worden afhankelijk van de waterkwaliteit. Dit zou ook gebruikt kunnen worden als een slimme inlaat voor polderwater.
- Zwemwaterkwaliteit. Het continu en automatisch monitoren van de zwemwaterkwaliteit volgens de KRW-normen. Het publiek zou door middel van een elektronische vlag gewaarschuwd kunnen worden over een slechte kwaliteit.
- Veedrenking. Een slimme pomp zou afhankelijk van de kwaliteit van het water al of niet kunnen oppompen voor het vee. De boer kan een automatische waarschuwing krijgen dat de kwaliteit niet meer goed is.

4.2 Alternatieven voor sturen op basis van kwaliteitsmonitoring (sensoren en regelstrategieën)

4.2.1 Voorbeelden voor monitoring

Aan de hand van de studies is gekeken welke technieken beschikbaar zijn, in prototype vanuit onderzoek beschikbaar of nog in onderzoek zijn. Ook is gebruik gemaakt van de presentatie van Olthuis tijdens de eerste workshop (Bijlage 9.2.3). Uit deze set is gezocht naar methoden en technieken die mogelijk voor onze toepassing interessant kunnen zijn. Daarbij is niet op alle details naar de specificaties gekeken. Tabel 6. geeft het resultaat weer. De laatste kolom (geschiktheid) geeft eventueel commentaar.

Tabel 6 Technologie matrix voor beschikbare sensoren (direct te koop), prototypen (inzetbaar na 5 jaar) en onderzoekstechnologie (inzetbaar na 5-10 jaar).

Meettechnologie	Referentie	Metalen	Organisch (o.a.PAK)	Nutriënten	Algemeen	Geschiktheid
Beschikbaar						
Zuurgraad	Diversen				pH	Ruim beschikbaar, relatie met andere componenten onbekend
Temperatuur	Diversen				T	Ruim beschikbaar
EC	Delta-T-Devices, Eijkelkamp (E+ water), WTW, Slumberger, Campbell				EC	Worden al gebruikt in de watersector
Troebelheid	Hach Lange	Mogelijk indicatief door zwevend stof			CZV, SS	Tot nu toe zwakke correlaties gevonden
Zuurstof	Endress&Hauser Van Essen, Hach Lange				O ₂	Toegepast in biologische afvalwaterbehandeling
BZV, CZV	Diversen				BZV	RWZI-toepassing, traag
Waterhoogte	Van Essen, Eijkelkamp					Robuust
Photo-chemische sensoren	Danfoss Analytical (Denemarken)					Zie Nielsen (2002)
ISE elektroden	o.a. Orion, Skalar	Cd, Fe		NH ₃ , nitraat, N,P,K, Cl	TOC	50 types beschikbaar
Spectrale transmissie	WET-labs				COD	Waarschijnlijk veel parameters mogelijk
Prototype						
ISFET	PRIVA Hortimation, Sentron			Na, Ca, K, Cl, SO ₄ ..		Bekend uit de glastuinbouw
Bio-sensoren: mosselmonitor, bacteriën, watervlooiën	MicroLan					Getest door TNO-MEP voor levende organismen
Radioactiviteit, achtergrondstraling, XRF	Medusa, Tauw, Princeton	diversen				Kalibratie in lab noodzakelijk voor specifieke lokatie
Opisense	Consortium Micrij Meteo, 3T, MESA+, Lionix					Mogelijkheden nader bepalen
SFS	Skalar Fluorescent Signature		Olie, BTEX, Fenolen, PAKs		CZV, pH, EC, zuurstof en UV	Bacteriële vervuiling, fingerprinting
Onderzoek						
Impedantie spectroscopie	Wageningen-UR, A&F				EC	Voor polaire stoffen
CCD-camera, vloggrootte	Sievers (2002)					Detectie zwevende delen van 50µm-29mm
Bio-sensoren (Mossel monitor, nitrificerende bacteriën)	Sunlu (2002), Inui (2002), Nielsen (2002)	Zn, Ni, Cd, Cu, Mn, Pb	Chlorophenolen	NO ₂ -		Reactietijd nog 30 min. 6 weken stabiel, onderhoudsgevoelig
Micro-array, optisch, IR, fluorescentie	Gobet (2002), Prestel (2000)	Arsen, Cd, Ni, Cu		Cl-		15-20 min.
Elektronische neus	Ueyama (2002) Ogawa (2002), Steiner (2002)		VOS, HC, olie, kerosine, benzeen			5 min. Stabiliteit 6 maanden
Lab on a chip (CE, c.a.)	Tu-Twente/Lionix; Mesa+, WETSUS, Wang (2004), Kuban (2004)			NH ₄ , K, Ca, Na, Mg, Cl-, NO ₃ , SO ₄ , HPO ₄ , NO ₂ ,		
Polymeer membranen	Scholefield (1999)			NH ₄ -N, NO ₃ -N		5 s

Beschikbare technologie voor demonstratie

Er bestaan nog geen on-line sensoren welke alle individuele stoffen uit de KRW kunnen meten. Over het algemeen zijn er een aantal sensoren voor algemene parameters (Ph, T, EC, BZV, CZV, TOC, Troebelheid, SS) beschikbaar welke ook toegepast worden voor waterkwaliteitsmetingen met name in waterzuiveringsinstallaties. Er zijn een aantal sensoren op de markt welke mogelijk kwaliteitsmetingen in regenwater kunnen doen, dit zijn vooral optische systemen en de Ion-Selectieve sensoren. De eerste stap in een demonstratieproject zou moeten zijn om met een set van deze technieken te onderzoeken of (d.m.v. fingerprinting) op stofgroep niveau gemonitord kan worden.

Prototype technologie voor toegepast onderzoek

In de groep prototypen vinden we een tweetal soorten technieken die er veelbelovend uit zien. Enerzijds zijn er een aantal technieken die concentraties voor individuele stoffen kunnen meten (ISFET, Optisense, SFS). Daarnaast zijn er biosensoren (bacteriën, mosselen, watervlooien, biomembranen) die proberen een uitspraak te doen over de ecologische kwaliteit van water (schoon/vuil). Omdat het hier om prototypen gaat is het zinvol om deze technieken te evalueren onder laboratorium condities (toegepast onderzoek) voor de voorkomende waterkwaliteiten en vervuilende stoffen voor regenwater. Al naar gelang dit tot positieve resultaten leidt zouden deze technieken getest kunnen worden onder praktijkomstandigheden in een demonstratie project.

Technologie voor fundamenteel onderzoek

Nagenoeg het grootste deel van on-line monitoring technieken voor zware metalen, organische verbindingen (koolwaterstoffen) en nutriënten bevindt zich in het fundamentele onderzoekstadium. Dit onderzoek richt zich op het on-line en kleiner maken van (bestaande) laboratorium technieken. Voor on-line komen technieken zoals ion-selectief, spectroscopie IR, Capillaire Electroforese (scheidingstechniek) en Raman Spectroscopie in aanmerking. Onderzoek richt zich nu al op de reactietijden, selectiviteit, gevoeligheid, stabiliteit en monsterbehandeling. Lab-on-a-chip biedt de mogelijkheid tot miniaturisering van een analyse methode. Detectie kan via EC-meting, optisch of via massaspectrometrie. Snelheden die mogelijk lijken zijn: 1 min, bij samplegrootte van 1 µl. Er zijn mogelijkheden om deze technieken draagbaar en disposable te maken door toepassing van micro-systeemtechnologie. Door de lagere resoluties is deze techniek nog beperkt toegepast. Deze technologie vraagt een sample voorbereidingsstap. Daarom is het ondenkbaar dat deze technologie direct in vervuild regenwater toegepast zal worden. Een oplossing zou kunnen zijn om detectie toe te passen in meerdere stappen. Robuuste sensoren kunnen dan bepalen of het regenwater "schoon" genoeg is om langs de meer gevoeligere sensoren die specifieke stoffen kunnen detecteren te leiden.

4.2.2 Voorbeelden van regelstrategieën

Een concrete vraag is welke speciale oplossingen vanuit meet- en besturingstechniek te ontwikkelen zijn. Doordat zowel de regelstrategie mogelijkheden als de mogelijk specifieke toepassingen zo divers zijn, moet er telkens weer gekeken worden welke regelstrategie bij welke

toepassing past. Op die manier zouden wel eens hele verrassende concrete (deel) oplossingen ontwikkeld kunnen worden. In paragraaf 3.2.5 zijn een aantal regel en besturingstrategieën behandeld die toegepast kunnen worden. Hier zullen we een aantal voorbeelden geven welke gebruikt zouden kunnen worden voor actieve regenwatersturing.

1. Lokale directe sturing

Deze methode ligt het meest voor de hand. Hierbij worden zowel de sensoren als de actuator dicht bij elkaar geplaatst. Lokaal wordt de kwaliteit van het water bepaald en op basis van een norm wordt het water ook lokaal naar keuze via een van de twee afvoerwegen afgevoerd. Voorbeeld is het pompgemaal met een overstort. Voorwaarde hierbij is dat er sensoren beschikbaar zijn die direct iets zeggen over de individuele stof concentraties. Vaak zijn die echter niet voorhanden. Daarom kan het volgende principe toegepast worden.

2. Lokale directe sturing via een model

In principe is hier de situatie bij gelijk aan type 1, met dien verstande dat de signalen van de sensoren eerst via een model vertaald worden naar individuele stofconcentraties. Het model van eenvoudig (kalibratie, linearisatie) tot zeer complex (sensor fusion, fingerprinting, neurale netwerken e.d.). Voorwaarde hierbij is dat de toegepaste sensoren wel inhoudelijk de informatie moeten bevatten over de verschillende soorten stoffen. Te denken valt daarbij aan spectrale technieken zoals optisch en di-elektrisch. Deze sensoren zullen veelal een lokale kalibratieslag vragen.

3. Lokale directe sturing via model voor stofgroepen

Deze methode is analoog aan methode 2, afgezien van het feit dat het model geen individuele stofconcentraties geeft, maar totaalwaarden geeft voor stofgroepen. In dat geval kan niet gewerkt worden met de standaard norm voor individuele stoffen, maar zal een afgeleide (totaal stofgroep norm) gebruikt moeten worden. In dit geval zouden ook niet-specifieke sensoren ingezet kunnen worden.

4. Indirecte sturing via modellen

Hierbij meten we het effect van de sturing, actuator en het proces en passen hierop de besturing aan (terugkoppelen). In de terugkoppellus kan wederom een model toegepast worden, soortgelijk aan de eerder beschreven modellen. In principe zou deze methode de beste zijn omdat deze de uiteindelijke waterkwaliteit van het ontvangende water bewaakt en regelt. Dit is in lijn met de doelstellingen van de KRW. Eerder is aangegeven dat deze methode technisch en politiek gezien op korte termijn niet als haalbaar wordt gezien.

5. Dynamische feedforward-sturing

In de voorgaande methoden is geen gebruik gemaakt van de dynamische eigenschappen van regenwatersystemen. Omdat we in rioolwatersystemen met nogal wat tijdsafhankelijkheden te maken hebben en omdat de kwaliteit van regenwater zelf nogal wat dynamiek heeft (first/last flush) zou het gebruiken van dynamische modellen wel eens zinvol kunnen zijn. Hiermee kunnen

we namelijk anticiperen op wat er in “de pijplijn zit”. Een soortgelijke aanpak vinden we terug in de systemen die nu al rekening houden met de “first flush”, en het eerste regenwater standaard afvoeren naar de RWZI. Voorwaarde daarbij is dat de volledige dynamiek (waterkwaliteit en – kwantiteit) bekend moeten zijn. In principe is de SmartDrain een hydraulische toepassing van deze regeling waarbij de “sensor” een flowmeter is. Sturing op basis van regenmeters wordt nu al toegepast, maar dan vaak voor kwantiteitssturing.

6. Voorspellende regelingen

Hieronder kan sturing op basis van actuele weermonitoring maar ook weersvoorspelling gerekend worden. In principe is deze regeling van het type 5 maar nu bevat het model dus een extra component, een voorspeller. Deze voorspeller kunnen we zelf toepassen (weerstation met software) of we kunnen voorspellende data afkomstig van externe bronnen (KNMI, Meteoconcult e.d.) gebruiken. Een mogelijkheid kan zijn om een aantal meteorologische parameters in de tijd te registreren en met behulp van modellering de vervuiling van de precipitatie te voorspellen. Door meteorologische waarnemingen als radiatie, teruggekaatst licht, windrichting en precipitatie kunnen voorspellingen worden gedaan voor het vuil dat van de oppervlakte weggespoeld wordt door een bui.

7. Niet-lokale monitoring en sturing

In voorgaande situaties werden sensor en actuator dicht bij elkaar geplaatst. Door het verlaten van dit idee kunnen andere varianten gemaakt worden. Zo kunnen sensor/actuator combinaties op een hoger aggregatieniveau (wijk, flatgebouw) geplaatst worden, hetgeen selectief sturen mogelijk maakt. Bij aanvankelijk "dure" technologie zou de sensor ook als referentie kunnen dienen voor actuatoren bij andere entiteiten die soortgelijke eigenschappen hebben. Hierdoor ontstaat een kostenreductie door het scheiden van meet- en stuurpunten.

4.3 Scenario ontwikkeling

De ontwikkeling van de scenario's richt zich op het op termijn antwoord geven op de volgende vijf vragen: “Waar, hoe, met wat en wie, en wat gaat het kosten?”. Deze kunnen nader omschreven worden als:

WAAR: Op welke plek (aggregatieniveau) gaan we dit toepassen?

Afkoppelen dicht bij de bron is vanuit milieu oogpunt het meest effectief. Het is echter te verwachten dat de technologie in het begin een relatieve hoge investering zal vergen. Dit betekent dat toepassing het eerst economisch verantwoord zal zijn verder weg van de bron. In de tijd gezien zal de toepassing dus steeds dichterbij de bron komen naarmate de technologie goedkoper zal worden, de schaalgrootte zal daarmee steeds kleiner worden (van stelsel naar perceel). Als eerste plek om de toepassing te gaan implementeren komt het pompemaal dicht bij de overstort in aanmerking.

WAT: Hoe gaat de techniek zich ontwikkelen?

Technische ontwikkelingen hebben de eigenschap om steeds meer en sneller met steeds minder kosten en minder volume te kunnen realiseren. Denk daarbij aan de microsysteemtechnologie en de (bio-)nanotechnologische ontwikkelingen voor sensoren. Los daarvan zal de kwaliteit en robuustheid steeds beter worden door de toepassing van nieuwe materialen (materiaaltechnologie). Voor sensoren zal deze trend inhouden dat steeds meer individuele parameters (specifieke sensoren) gemeten zullen kunnen worden en dat de detectiedrempels lager worden. Stap voor stap zullen technieken toegepast worden die 1. al op de markt zijn, 2. bij onderzoek op de plank liggen en 3. die nog vanuit fundamenteel onderzoek ontwikkeld zullen moeten worden.

HOE: Welke strategie gaan we gebruiken?

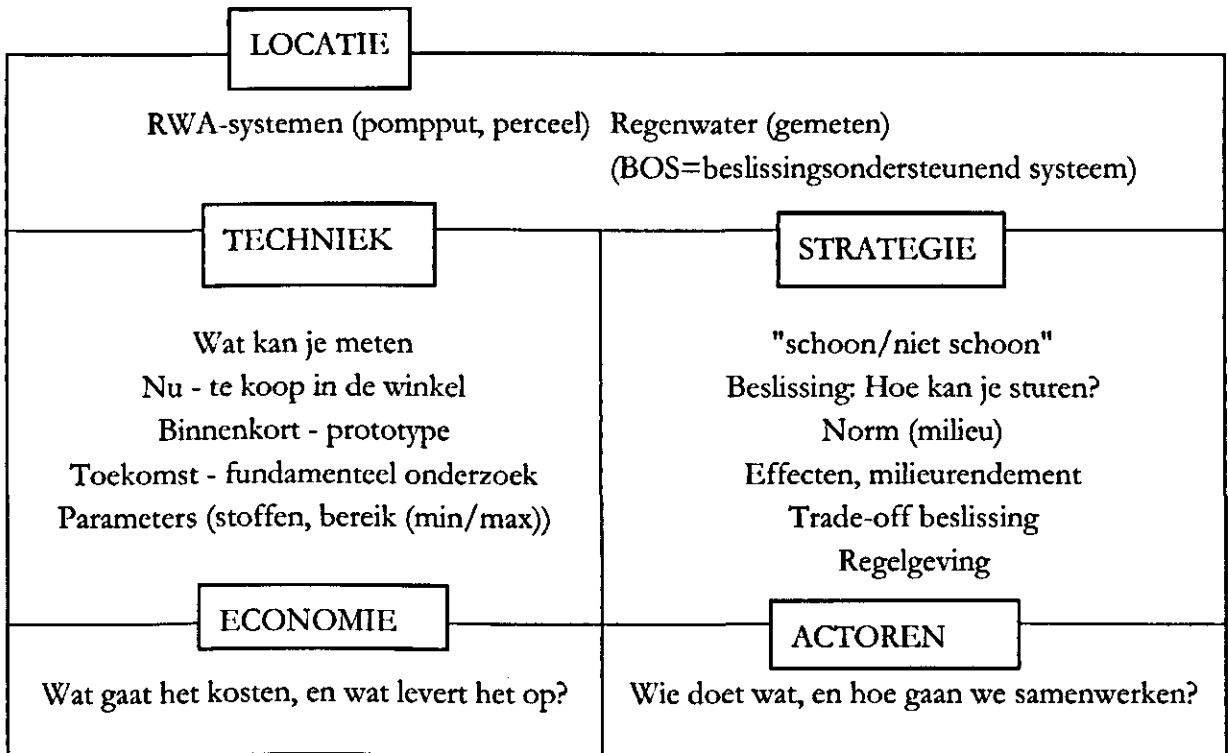
Momenteel stelt de KRW ons een norm voor een groot aantal individuele stoffen, bij gebrek aan technologie om de actuele ecologische toestand van oppervlaktewateren in één kwaliteitsparameter (van goed naar slecht) vast te stellen. Dit ondanks het feit dat de KRW eigenlijk juist dit ecologische doel voor ogen heeft. De volledige implementatie van de KRW duurt nog globaal 10 jaar. Gedurende deze tijd zal het beleid naar verwachting niet gewijzigd (kunnen) worden. Het regelen op basis van ecologische kwaliteit zal daarom de komende 10 jaar niet doorzetten. We zullen daarom op basis van individuele stofnormen moeten regelen. Omdat dit op dit moment, en ook naar verwachting niet de komende 10 jaar mogelijk zal zijn, zullen we als tussenoplossing normen op groepsniveau (per stofsoort het totaal aan nutriënten, PAK's, zware metalen e.d.) moeten gaan ontwikkelen om op basis daarmee de beslissingen voor sturingen mogelijk te maken. Het ontwikkelen van deze normen moet gezamenlijk gebeuren door zowel beleid (regelgeving), de praktijk als de kennisinstellingen.

WIE: Welke actoren moeten wat doen?

De actoren die hieraan mee moeten werken zijn reeds benoemd en zijn beleid, de praktijk (waterschappen, gemeentes), de techniekleveranciers (MKB en ontwikkelaars) en de kennisaanbieders zoals de universiteiten voor het fundamenteel onderzoek, de onderzoeksinstellingen voor het toegepast onderzoek en de advies- en ingenieursbureaus voor de vertaling van kennis naar de praktijk.

WAT KOST HET: Is de investering in het system zinvol?

De vraag over de economische haalbaarheid van de actieve sturing zal op korte termijn (1 jaar) beantwoord moeten worden, om een volgende stap van onderzoek en ontwikkeling te rechtvaardigen. Deze marktanalyse zou samen kunnen vallen met de uitvoering van een eerste demonstratie traject.



Figuur 15. De vijf uitgangspunten voor scenario ontwikkeling.

Op basis van deze vijf peilers is een scenario uitgewerkt. Deze is in Figuur 16 grafisch uitgebeeld. Hierin onderkennen we een aantal route's:

- Route 0 (Regisseur): Ontwikkeling van een strategie met daarin kennisverzameling en verspreiding, regelgeving, marktanalyses, en beslissingsondersteuning; Deze route zal fungeren als de regisseur van het coördineren van acties.
- Route 1: Demonstratie en toepassing van bestaande technologie in een aantal specifieke Nederlandse locaties;
- Route 2: Ontwikkeling en onderzoek van en naar een aantal niet-specifieke meetmethoden (mogelijk grotere instrumenten) voor stofgroepen die via indirecte meting (finger-printing) werken;
- Route 3: Ontwikkeling en onderzoek van en naar een aantal niet-specifieke individuele sensoren, die mogelijk kleiner, robuuster en goedkoper zijn;
- Route 4: Ontwikkeling en onderzoek van en naar sensoren voor individuele stoffen zoals specifieke zware metalen, PAK's en nutriënten;
- Route 5: Ontwikkeling van biologische sensoren die ecologische kwaliteit kunnen meten.

Globaal kunnen deze routes ondergebracht worden in drie hoofdactiviteiten:

- **DEMONSTRATIE:** Een gezamenlijke activiteit (2 jaar) voor demonstratie, vooronderzoek, kennisverzameling en -verspreiding met als doel de actoren samen actief de mogelijkheden voor actieve sturing van regenwater te gaan onderzoeken.
- **IMPLEMENTATIE:** Een traject waarbij de praktijk langzaam maar zeker de beschikbaarkomende techniek vanuit het MKB en de kennis vanuit het onderzoek gaat implementeren, gesteund door adequate regelgeving vanuit het beleid.
- **CLEAN WATER SENSING:** Een onderzoeksactiviteit (fundamenteel en toegepast) die zich richt op het ontwikkelen en onderzoeken van steeds betere monitoringstechnologie voor waterkwaliteit. Deze activiteit heeft een bredere scope dan alleen de regenwater sector. Gesteund vanuit de vragen vanuit de praktijk zal het onderzoek telkens nieuwe technologie aandragen voor het MKB en de praktijk.

Hierbij moet aangeven worden dat met name het beleid uit de watersector een regisseursrol zal moeten hebben met name voor de activiteiten “demonstratie” en “implementatie”. Hiervoor is het belangrijk te beschikken over een gezamenlijk spoorboekje, de “routekaart regenwatersturing”.

4.4 Vraagarticulatie (Workshop 2)

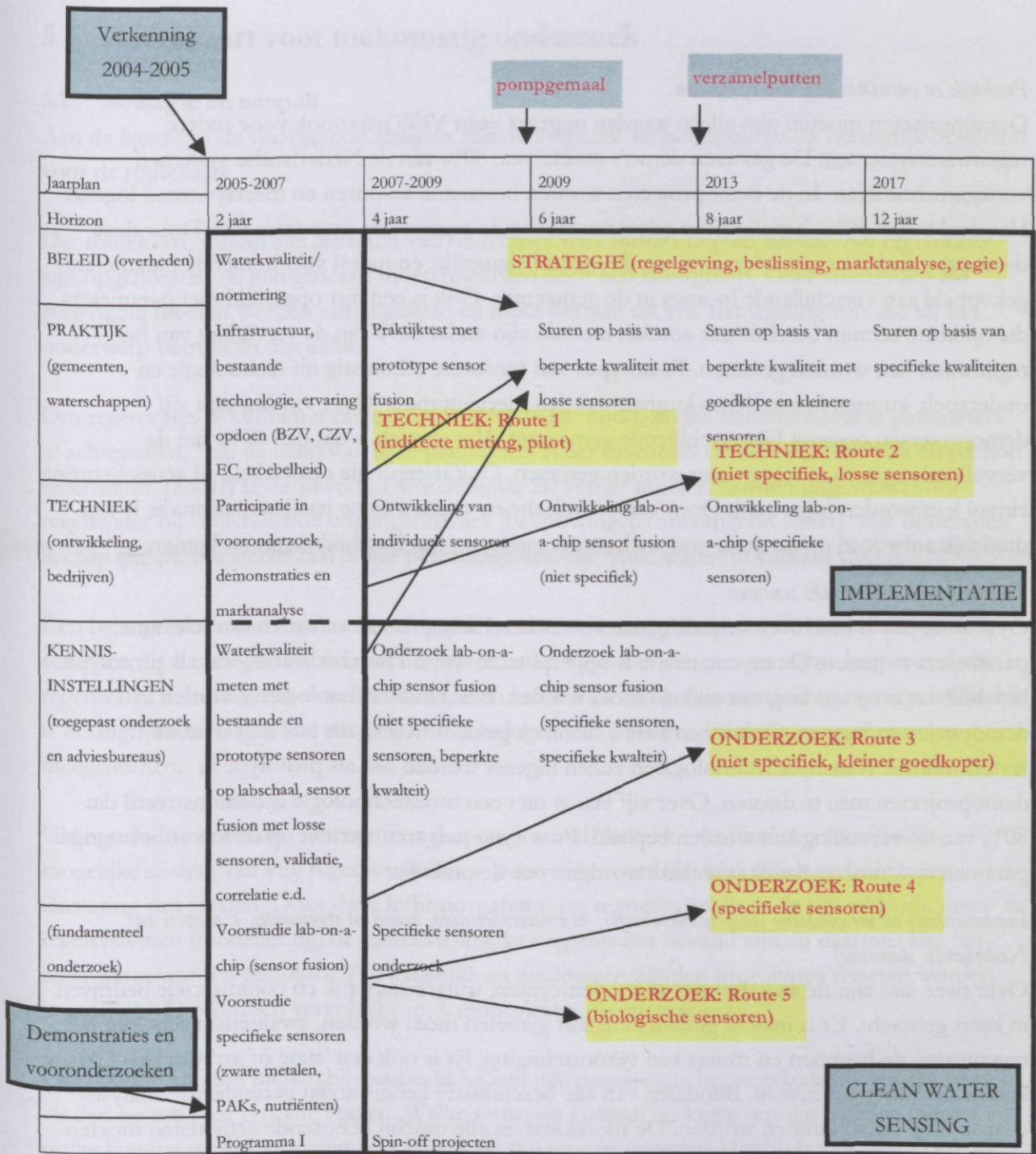
Bij de ontwikkeling van de routekaart is gebruik gemaakt van de vraagarticulatie die aan de hand van workshop 2 is uitgevoerd. De routekaart zelf zal in het volgende hoofdstuk beschreven worden. Voor het eerder geschetste scenario is hier gekeken hoe de vragen, maar ook in welke volgorde en samenhang, beantwoord kunnen worden. Tijdens de workshop zijn daartoe doelstellingen voor de routekaart, praktijk en ontwikkeling, beleid en strategie, technologie en onderzoek en informatiebehoefte en kennisuitwisseling nader uitgewerkt. De termijn waarop doelstellingen gefocust worden ligt op respectievelijk 2 en 5 jaar. Samenvattend zijn hier de conclusies van de workshop ten aanzien van de routekaart:

Routekaart: monitoring en sturing afstromend regenwater

Over twee jaar zou het economisch perspectief voor monitoring en sturing van afstromend regenwater bekend moeten zijn, een soort marktverkenning is afgerond. Ook zijn kosten-baten analyses van het monitoren en sturen van regenwater gemaakt. Het hoofddoel over vijf jaar is dat dan een inventarisatie van relevante parameters gemaakt is. De clusters van stoffen zijn dan bekend. Wanneer gestart moet worden met de ontwikkeling van een sensor duurt dat nóg eens tien jaar.

Beleid en strategie: kwaliteit van regenwater (schoon water)

In samenwerking met demoprojecten worden emissierelevante parameters vastgesteld en wordt een definitie van ‘vuil regenwater’ ontwikkeld. Ook moeten directe actoren en interactie met beleid in kaart worden gebracht. Over twee jaar is een inventarisatie van bestaande meettechnologie beschikbaar. Na vijf jaar is een beslismodel ontwikkeld waarin conclusies van de proefprojecten zijn ontwikkeld. Een echte OAS is beschikbaar.



Figuur 16. Scenario's voor actieve regenwatersturing.

Praktijk en ontwikkeling: demoprojecten

Demoprojecten moeten niet alleen worden opgezet voor VGS maar ook voor andere regenwatersystemen. De gekozen demo's moeten ca. 80% van de Nederlandse systemen vertegenwoordigen. In de demoprojecten worden bestaande sensoren en meetsystemen ingezet. Het doel is een 50%- bepaling van relevante stoffen in regenwater over twee jaar. Door deze demoprojecten is er een overzicht van de meest belangrijke en meest voorkomende parameters gekoppeld aan verschillende locaties in de gemeentes. Ook is een lijst opgesteld met parameters die op korte termijn beschikbaar zouden moeten zijn zodat 80% van de vervuiling van het regenwater kan worden gemeten. Prototypes van sensoren, afkomstig uit technologie en onderzoek, kunnen in een demo kunnen worden meegenomen. Over vijf jaar zijn vijf demoprojecten opgezet bij verschillende gemeentes. Het streven is dat dan 80% van de vervuilende stoffen in regenwater worden gemeten. Ook is een visie ontwikkeld of actieve sturing zinvol kan worden ingevoerd. Door een technische en economische haalbaarheidstudie is een duidelijk antwoord op de vraag wat we kunnen meten en wat beschikbaar moet komen.

Technologie en onderzoek: sensoren

Over twee jaar is een inventarisatie gemaakt wat beschikbaar is aan sensoren om relevante parameters te meten. De inventarisatie is opgesplitst in wat nu beschikbaar is, wat als prototype beschikbaar is en wat nog ontwikkeld moet worden. Bestaande technologieën worden in demoprojecten ingezet. Ook is een basale techniek geïdentificeerd die iets zegt over de waterkwaliteit. Kansrijke technologieën zullen ingezet worden om als prototype in demoprojecten mee te draaien. Over vijf jaar is met een meettechnologie gedemonstreerd dat 80% van de vervuiling kan worden bepaald. Prototype sensoren, gericht op de meest belangrijke parameters, kunnen geschikt gemaakt worden voor de praktijk.

Implementatie en verankering (Informatiebehoefte, kennisverspreiding, beleid en regelgeving, Europese en Nederlandse dimensie)

Over twee jaar zijn de stakeholders zoals: gemeenten, waterschap, rijk en commerciële bedrijven in kaart gebracht. Er is inzicht gekomen in wat gemeten moet worden, kwaliteitsinzicht van het regenwater, de bronnen en routes van verontreiniging. Er is ook een 'state of art' van beschikbare kennis op Europees niveau. Bundelen van alle beschikbare kennis zodat gefundeerde analyses daarop uitgevoerd kunnen worden. De routekaart en alle daarbij behorende activiteiten moeten worden bekend gemaakt/ uitgedragen. Dit kan door het organiseren van een jaarlijkse workshop voor alle deelnemers die onderzoek doen aan projecten vallende onder de routekaart. Gemeenten moeten worden geïnformeerd over de werkzaamheden binnen de pilot.

5 Routekaart voor toekomstig onderzoek

5.1 Strategie en aanpak

Aan de hand van de voorgaande analyses zijn de volgende uitgangspunten als belangrijk benoemd voor de routekaart.

De routekaart, waarin alle aspecten van onderzoek naar monitoring en sturing van regenwater zijn opgenomen, zal geregisseerd moeten worden door een stuurgroep. Deze stuurgroep zal zorgvuldig moeten worden samengesteld en moet bestaan uit een afspiegeling van alle bij het onderwerp betrokken disciplines.

Om regenwater te kunnen monitoren en sturen is het noodzakelijk emissierelevante parameters te achterhalen. Aan de hand van deze parameters is het essentieel de definitie van 'vuil en schoon regenwater' (nader) te definiëren. Deze definitie zal verder moeten worden uitgewerkt voor regenwater bij verschillende uitgangssituaties (bebouwingen/ontvangend water). Het onderzoek is erop gericht om steeds een hoger percentage van het 'vuile water' te kunnen sturen.

Een belangrijke factor voor toekomstig onderzoek is de vraag hoe groot de markt is voor de sensoren die beschikbaar komen op de watermarkt. Hoeveel kan een gemeente besparen door regenwater te sturen? De antwoorden moeten komen uit een gedegen markt vraaganalyse. Hierbij is belangrijk dat ook andere mogelijke toepassingen van sensoren in water, moeten worden meegenomen.

Uitgezocht moet worden hoe met een (beperkt) aantal 'indicator stoffen' een zo efficiënt mogelijke analyse van vuil regenwater kan worden uitgevoerd. Hierbij wordt gedacht aan clustering van stoffen. Door deze indicatorparameters te meten zal door de ontwikkelde meet- en regelsystemen (modellering) de samenstelling van regenwater bekend zijn en daarmee kan het regenwater worden gestuurd. Van kansrijke technologieën zouden prototypen moeten worden ontwikkeld. Die kunnen vervolgens in demoprojecten worden getest.

Om goed te kunnen meten, bijvoorbeeld bij een demoproject, is het noodzakelijk antwoord te vinden op een paar cruciale vragen. Welke sensoren kunnen op korte termijn worden ingezet én welke kunnen mogelijk binnen niet al te lange tijd worden ingezet? Hierbij treedt, zoals ook bij andere onderdelen, interactie op tussen verschillende thema's ieder met een eigen invalshoek. Verder is van groot belang waar en welke sensoren worden geplaatst: hoe wordt een representatieve monsternameplaats ingericht? En welke uitgangspunten worden daarbij gehanteerd? Ook zullen demo's moeten worden opgezet bij verschillende uitgangssituaties, waterkwaliteiten. Iedere demo zal weer volgens de laatste inzichten van onderzoek worden ingericht.

Resultaten die verkregen worden uit onderzoek naar monitoring en sturing van regenwater zullen zoveel mogelijk moeten worden uitgedragen. Dit kan bijvoorbeeld door een website waarin gegevens over al het onderzoek en de demo's staan. Jaarlijks wordt een workshop georganiseerd waar het onderzoek naar 'monitoren en sturen van afvalwater' geëvalueerd wordt en waar vooruit gekeken wordt naar toekomstig onderzoek. Ook zal een (Nederlandse) database moeten worden opgezet en onderhouden. Het zal een flexibel en interactief eindproduct zijn. Binnen Europa kan een thematisch netwerk worden opgestart dat twee keer per jaar resultaten met elkaar uitwisselt en bediscussieert.

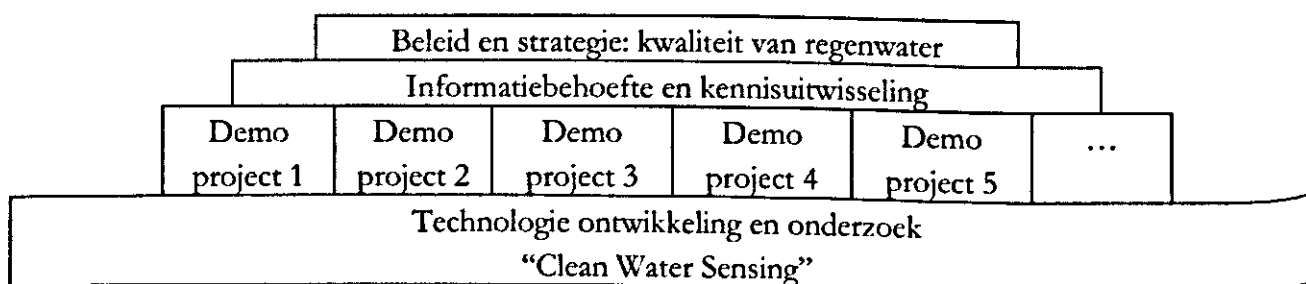
5.2 Een routekaart, de invulling

5.2.1 Opzet van onderzoek in de toekomst

Om tot een succesvolle invoering op termijn van actieve regenwatersturing op basis van kwaliteitsonitoring te komen moet een routekaart ontwikkeld worden die rust op een viertal peilers of thema's:

1. Beleid en strategie
2. Informatie en kennisuitwisseling
3. Demonstratie
4. Technologie ontwikkeling en onderzoek

Elk van deze thema's adresseert de vragen die eerder genoemd zijn. Door de thema's op te nemen in een routekaart en de regie daarvan in één orgaan te bundelen kunnen de vragen die de thema's aan elkaar hebben adequaat beantwoord worden. Op deze wijze kan de afwachtende houding van een aantal actoren omgezet worden in concrete acties. De volgende figuur symboliseert deze thema's. De routekaart wordt vanuit het regenwater beleid ingezet, kennisverspreiding, de resultaten van de demonstraties en een veel breder gericht technologie onderzoek zullen daarnaast spin-off hebben in vele andere watersectoren. Juist deze spin-off kan een positieve werking (bredere marktvraag) op het uiteindelijke succes van toepassing in de regenwatersector.



Figuur 17. Thematische aanpak van de routekaart.

5.2.2 De routekaart – tijds horizon en mijlpalen

In de toekomst kan de routekaart gebruikt worden om onderzoek, ontwikkeling en implementatie te sturen en te coördineren. Een zorgvuldig samengestelde stuurgroep zal het onderzoek binnen de routekaart volgen en er zorg voor dragen dat initiatieven tot gericht nieuw onderzoek zullen worden ondernomen. Bij de aanvang van de routekaart zal de stuurgroep een grote, actieve rol spelen die naar gelang het onderzoek vordert en de kennis toeneemt zal verminderen. In de onderzoeken zullen deskundigen afkomstig uit verschillende disciplines deelnemen. Het lopende onderzoek is te volgen via een website waarvoor een domein is aangekocht. De opzet van de routekaart is hierna nader omschreven.

Het zal niet altijd mogelijk zijn om voor ieder van de vier in de probleemstelling genoemde thema's afzonderlijke projecten op te zetten. Om toch voortgang te houden zullen ze als (beperkt) onderdeel bij andere projecten worden meegenomen. Dit zal leiden tot een bepaalde verdeling van thema's in een project: een hoofdthema met kleine subthema's.

Hierin moet vooral gekeken worden wat de doelstellingen zijn voor over 2, 5, 10 en 15 jaar. Deze moeten zo concreet mogelijk (SMART) omschreven worden voor alle thema's: Beleid en Strategie, Praktijk en Ontwikkeling, Technologie en Onderzoek en de Informatiebehoefte en kennisuitwisseling. De routekaart beperkt zich niet tot techniek, ook implementatie van beleid en regelgeving in de praktijk is noodzakelijk. Interactie tussen verschillende thema's en onderzoeken zullen in de tijd optreden. De resultaten worden gebruikt als uitgangspunt voor de opzet van projecten op de (middel-)lange termijn. De routekaart zal voortdurend worden bijgesteld aan de hand van de resultaten van onderzoek. Bij de opzet van de routekaart gaan we uit van de volgende mijlpalen¹⁰:

2 jaar: Er is gedemonstreerd dat op basis van beschikbare technologie het mogelijk is om vervuiling van afstromend regenwater "on-line" aan te tonen.

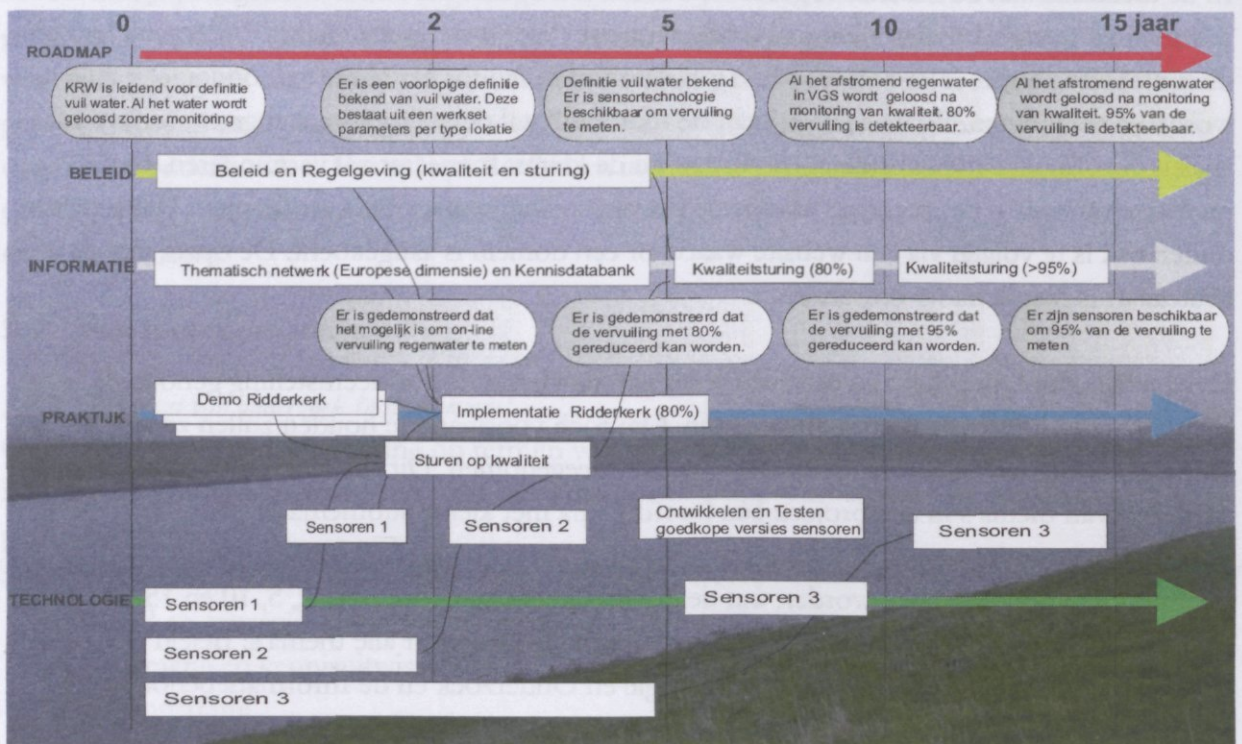
5 jaar: Er is gedemonstreerd dat op basis van beschikbare technologie het mogelijk is om vervuiling van afstromend regenwater "on-line" aan te tonen met een zekerheid van 80%, en dat op basis daarvan regenwater actief gestuurd kan worden. Een definitie van vuil water (overstort normen of stofgroepsniveau) is bekend en geaccepteerd door het beleid.

10 jaar: Alle VGS zijn uitgevoerd met een sturing van regenwater gebaseerd op werkelijke waterkwaliteit. Sensoren voor het aantonen van vuil water met een zekerheid van 80% zijn beschikbaar in kleinschalige vorm en zijn betaalbaar. Het beleid heeft gedefinieerd op basis van welke monitoringssystemen (parameters) waterkwaliteit gemeten mag worden.

15 jaar: Al het afstromend regenwater wordt geloosd na monitoring van de waterkwaliteit. Vervuild regenwater is aan te tonen met een zekerheid van meer dan 95%.

¹⁰ De mijlpalen moeten nog nader verfijnd worden.

Ik de navolgende figuur is schematisch aangegeven hoe de routekaart er uit ziet.



Figuur 18. Schematische weergave van de routekaart.

In de volgende paragrafen zullen de thema's nader omschreven worden.

5.2.3 *Beleid en strategie: kwaliteit van regenwater*

Op dit moment moeten we uitgaan van de Europese richtlijn stedelijk afvalwater (KRW) om vast te stellen wat vuil water is. Dit betreft een grote lijst van afzonderlijke (prioritaire) stoffen met elk hun eigen drempelwaarden. De vraag is echter: "Welke parameters moeten nu worden gemeten in het afstromende regenwater en wat zijn de drempelwaarden?" Komen al deze stoffen wel voor in het stedelijk regenwater? Zijn er definities vast te stellen voor de kwaliteit van het ontvangende water, en kunnen de normen voor overstortingen op basis van kwaliteit gedifferentieerd worden? Belangrijk daarbij is, kunnen de nu individuele stofnormen zodanig aangepast worden dat er normen voor stofgroepen gehanteerd kunnen worden?

Welk beeld/plan van aanpak hebben we bij het opstarten van beleid op 'sturen van regenwater'? Wanneer verschillende parameters gemeten kunnen worden in het regenwater is het nodig dat een beslissingsmodel wordt ontwikkeld om het regenwater te sturen, het vuile naar de RWZI en het schone naar het oppervlaktewater. Is het zinvol om ook de kwaliteit van instromend regenwater (dat wat uit de lucht valt...) en ontvangend (oppervlakte) water ook mee te nemen in de meet- en regelstrategie? Hoe betrekken we het beleid bij de demo?

5.2.4 *Informatiebehoefte en kennisuitwisseling*

Dit thema richt zich op het bundelen van her en der beschikbare kennis en het uitdragen daarvan naar alle betrokkenen. Er zal vooral worden nagedacht over het opzetten van een kennisdatabank. Mogelijk is bijvoorbeeld om, op landelijk niveau, een database te ontwikkelen en te onderhouden waarin alle analysegegevens worden opgeslagen en beheerd. De verzamelde gegevens zijn waardevol en kunnen voor meerdere doeleinden worden gebruikt. Door ze in een database te verzamelen en via internet beschikbaar te maken, krijgen ze een grotere waarde voor beleid, praktijk en onderzoek. In een Europese werkgroep 'sturen van regenwater' kan het onderwerp veelzijdig worden belicht en kan kennis over onderzoek en inpassing van landelijk beleid binnen de EU worden uitgewisseld. Deze themagroep zou één tot twee maal per jaar bij elkaar kunnen komen.

Op de eerste plaats zal helder moeten zijn welke stoffen er in het hemelwater aangetroffen kunnen worden, waar en in welke concentraties. Kenmerkende randvoorwaarden moeten worden vastgelegd, die gelden voor de verschillende typen gebieden (wegen, woonwijken, industrie, agrarisch etc.). Verder moet er een definitie van toegestane vervuilingsgraden komen welke in overleg met stakeholders samengesteld zal worden mocht die niet rechtstreeks voorhanden zijn.

Op de tweede plaats moet er een dynamisch model van het proces voorhanden zijn wil een adequate besturing kunnen slagen. Bekend moet zijn welke dynamiek de vervuilende stoffen hebben t.g.v. bijvoorbeeld weersinvloeden (neerslag, temperatuur, instraling etc.), en ook hoe de hemelwaterafvoer en het rioolstelsel reageren op het wisselende aanbod van hemelwater. Veel onderzoek is al besteed aan dit onderwerp, en op basis van een literatuurstudie moet worden vastgesteld welke modellen relevant en geschikt zijn voor precies deze toepassing. Wanneer de modellen beschikbaar zijn, moet verder via systeemidentificatie vastgesteld worden wat de specifieke parameters zijn (reactiesnelheden, verblijftijden e.d.).

5.2.5 *Praktijk en ontwikkeling: demonstratie projecten*

De gemeente Ridderkerk (maar ook anderen) wil graag starten met het monitoren van de kwaliteit van water. Hun doelstelling is om op termijn daadwerkelijk afstromend regenwater te gaan sturen op basis van kwaliteit. Ook het waterschap Hollandse Delta is gemotiveerd om een bijdrage hieraan te leveren. Demoprojecten zijn vooral bedoeld om ervaring en kennis op te doen over het monitoren van regenwaterkwaliteit op basis van nu beschikbare technologie, maar moeten open van opzet zijn, zodat technologie die beschikbaar komt in de toekomst meegenomen kan worden. Een proeflocatie moet als een platform voor onderzoek, ontwikkeling en kennisoverdracht gaan functioneren. Bestaande technologie kan hier gedemonstreerd en geëvalueerd worden. Er bestaan nog geen sensoren voor alle componenten uit de KRW. Nieuwe technologie en prototypen, beschikbaar vanuit ontwikkeling en onderzoek, kunnen op termijn onder praktijkomstandigheden hier ook getest worden.

Vanuit de waterschappen komen géén éénduidige richtlijnen t.b.v. waterkwaliteit van het effluent bij een overstort. Ook waterschappen kunnen zo ervaring op doen, en meekijken hoe monitoring

en eventueel sturing uitpakt. Het ligt in de bedoeling om ca. vijf demoprojecten op te gaan starten, omdat zo de meest voorkomende type stelsels in Nederland bestudeerd kunnen worden. Meerdere gemeentes lijken geïnteresseerd, naast Ridderkerk zijn dat: Roosendaal, Castricum, Amersfoort en mogelijk Winterswijk.

Voor de demoprojecten zal een lijst opgesteld moeten worden van te meten parameters. Voor de start van de demonstratie projecten zal dan ook een lokaal vooronderzoek nader uitslag moeten geven welke stoffen relevant zijn. Sensoren die voor deze bepalingen geschikt zijn, en commercieel verkrijgbaar zijn binnen de verkenning in beeld gebracht. Voor elk demoproject zal hieruit een keuze gemaakt moeten worden. Deze sensoren zullen ingezet worden om te kijken of waterkwaliteit op stofgroep niveau is te bepalen. Na een paar jaar demonstratie zijn clusters van stoffen bekend en is ervaring opgedaan met monitoren en sturen van regenwater. Dan zal duidelijk zijn welke sensoren nog ontbreken. Het technologisch onderzoek kan de resterende vragen hierna oppakken.

5.2.6 Technologie en onderzoek: "Clean Water Sensing"

Dit thema vormt de belangrijkste input voor universiteiten en onderzoeksinstituten om hun onderzoeksagenda voor waterkwaliteitsensoren af te stemmen. Er vanuitgaande dat voor ieder type water (o.a. regenwater) bekend is welke kwaliteitsnorm daarvoor gehanteerd wordt, kan een "schoon water sensor" ontwikkeld worden. Zo'n sensor geeft aan of het water al of niet aan de norm voldoet. Vooral nog zullen vooral biologische sensoren belangrijk zijn, maar ook de route waarbij chemische sensoren voor individuele stoffen gecombineerd worden behoort tot de mogelijkheden.

Dit thema kan een geheel eigen route kiezen, maar moet wel voeding houden met de regenwater sector. De demonstratieprojecten en de kennisuitwisseling kunnen daarbij een goede hulp zijn. De demonstratieprojecten zullen op termijn laten zien wat wel en wat juist nog niet mogelijk is met bestaande technologie.

Op de korte termijn (5 jaar) zouden de ontwikkelaars aan de slag kunnen met de sensoren die nu op de plank liggen bij onderzoekscentra, universiteiten en bedrijven. Welke kansrijke technieken zitten hier tussen om vuil water aantonen? Hoe kunnen we daarmee zware metalen, PAK's, nutriënten en bestrijdingsmiddelen meten? Welke mogelijkheden zijn er voor de lab-on-a-chip? Wat zijn de mogelijkheden voor een biologische sensor? Voor de volksgezondheid (en koeien)/milieu is het van belang dat schadelijke bacteriën (afkomstig van honden/ katten) en medicijnresten worden gedetecteerd. De zo beschikbaar komende prototypen kunnen weer getest worden bij de demo-lokaties.

Het lange termijnonderzoek (5-15 jaar) bij universiteiten moet zich richten op nieuwe technologieën die op termijn moeten garanderen dat we de waterkwaliteit met bijna 100% garantie kunnen bepalen.

5.3 Projecten en consortia

Het mag duidelijk zijn dat, zeker voor een routekaart die voor een langere looptijd gemaakt is, het niet mogelijk is om de gehele routekaart te vatten in één concreet project of zelfs één programma. De routekaart moet daarom gezien worden als een gemeenschappelijk spoorboekje, waarin het opstapstation en het eindstation (de globale doelstelling) bekend zijn. Om van begin tot eind te komen moeten meerdere treinen gebruikt worden en moet onderweg overgestapt worden. Ook het uitvallen van een trein behoort tot de mogelijkheden. Om invulling te geven aan de routekaart moeten daarom meerdere projecten ontwikkeld worden. Deze projectontwikkeling moet zich richten op het schrijven van plannen, het formeren van een consortium en het concretiseren van financieringsplannen, telkens volgens de meest recente kennis en afhankelijk van de kansen die er zich telkens voordoen.

De routekaart kan nu, zoals eerder omschreven in het scenario (paragraaf 4.3), opgedeeld worden in, voor de komende twee jaar: demonstratie, en voor de lange termijn: implementatie in de regenwaterketen en “clean water sensing” voor een bredere toepassing. Na de eerste twee jaar kan voor de regenwaterketen een go/no go beslissing genomen worden afhankelijk of dan duidelijk is of de implementatie van actieve sturing al mogelijk is. Eventueel kan de routekaart (de weg er naar toe, maar niet het einddoel) dan aangepast worden.

Voor demonstratie wordt nu voorzien dat er één project komt waarbij de demonstratie op 5 plekken in Nederland zal gebeuren. Voorafgaand aan deze demonstratie zullen lokale (voor-) onderzoeken gebeuren om gebiedsspecifieke kengetallen te verzamelen.

Voor Clean Water Sensing kan een haalbaarheidsonderzoek ontwikkeld worden waarin een marktanalyse voor de gehele waterketen gepland is, en waarin onderzocht zal worden welke prototype technologie verder ontwikkeld zal worden. Dit onderzoek kan op termijn uitmonden in concrete onderzoeks- en ontwikkelingstrajecten.

Beide trajecten zullen nauw met elkaar verweven moeten worden. In het vertrouwelijke deelrapport (deel II) zijn gedetailleerde projectplannen opgenomen. In deze plannen zijn suggesties gedaan voor consortia.

5.4 Financiering (subsidiebronnen)

Om meerdere onderzoeksprojecten op te kunnen starten zullen mogelijkheden van verschillende bronnen van subsidiering moeten worden nagegaan. Uitgangspunt is om per project een traject te doorlopen waarbij subsidie wordt aangevraagd. Gekeken is naar de gewenste grootte bij de subsidie verstrekker. Bij demoprojecten stellen gemeentes veelal hun locatie ter beschikking en personeel om de proef in te richten en draaiende te houden. Bedrijven kunnen sensoren leveren en worden op de hoogte gehouden van de vorderingen van het experiment en de ontwikkelingen

op sensorgebied. Aanvullende geldstromen kunnen bij landelijke subsidieverstrekkers worden aangevraagd, welke vooral op milieugebied in combinatie met innovatieve technologie goed kunnen scoren (bv. innovatiegelden van Senter-Novem voor haalbaarheid), daarbij is het gebruikelijk om private en publieke middelen te matchen. Ook op internationaal niveau is het mogelijk om voor demonstraties subsidies te verkrijgen (LIFE-demo).

Voor de routekaart, de centrale spil waar het onderzoek naar monitoren en sturen van regenwater om draait, is het wenselijk daar een continue, vaste financiële ondersteuning voor te hebben, in ieder geval voor de duur van de demo-projecten. Financiering voor de routekaart wordt gezocht in de richting van het beleid (nationaal of provincies) en mogelijk de koepelorganisaties Rioned en Stowa.

Informatiebehoefte en kennisuitwisseling is een belangrijk onderwerp waarbij invulling wordt gegeven aan een databank en een website. Hierdoor wordt de toegankelijkheid (inter-)nationaal groot en zal er mogelijk financiering bij nationale, maar ook internationale (Thematisch netwerk EU) gevonden kunnen worden.

6 Conclusies en Aanbevelingen

6.1 Conclusies

De keuzes bij het implementeren van 'sturen op basis van kwaliteit' zijn sterk afhankelijk van het soort afstromend oppervlak, het type stelsel en de algemene gebiedskenmerken. In die gevallen waarbij het mogelijk is om met relatief eenvoudige en goedkope permanente infrastructurele middelen schoon en vuil water adequaat te scheiden, bijvoorbeeld door zandfiltratie of het nemen van bronmaatregelen, heeft dit uit economisch oogpunt gezien de voorkeur. Ondanks het nadeel van de hogere kosten voor investering en onderhoud van een complexer systeem, heeft de toepassing van sensortechnologie en actieve sturing ook voordelen. Zo kan meer inzicht verkregen worden in de waterkwaliteit van de waterstromen (statisch en dynamisch gedrag) en het kwalitatief en kwantitatief functioneren van het rioolwatersysteem. Door het vergaren en uitwisselen van kennis nu te faciliteren met demonstratie en pilotprojecten, kan de toepassing van actieve sturing in een vroeg stadium leiden tot innovaties die op termijn gewenst worden.

Toepassing van sensortechnologie en actieve sturing is perspectiefvol in die gevallen waarbij het op voorhand niet duidelijk is of regenwater schoon of vuil is, het zogenaamde grijze gebied. Dit is bij een groot aantal VGS systemen het geval in gebieden met woningbouw en industrie bij toepassing in pompgemalen en overstorten, bij gescheiden stelsels ten behoeve van emissie-monitoring en voor continue controle op doorslag van infiltratiefilters, of combinaties van deze systemen.

Om gemeentes een welafgewogen beslissing te kunnen laten nemen over investeringen, is het aanpassen en uitbreiden van de bestaande beslisbomen noodzakelijk. Volledige antwoorden op de vragen "wat schoon water is", "of technologie beschikbaar is" en "waar actieve sturing zinvol toegepast kan worden", zijn nu nog niet te geven, maar door inzet van gericht vooronderzoek in combinatie met demonstratie wordt het mogelijk geacht om over 2 jaar een duidelijke beslissing te nemen of een implementatietraject te rechtvaardigen is.

Voor de waterschappen en gemeentes hebben kritische vragen over de economische haalbaarheid en de zin van actieve sturing. Desondanks is er bij gemeentes, waterschappen, het bedrijfsleven en de kennisinstututen grote bereidheid om te beginnen met onderzoek naar monitoring en actieve sturing van afstromend regenwater, juist om antwoorden op deze vragen te verkrijgen. Zij willen snel met een concreet demoproject beginnen. Mogelijkheden liggen er om meerdere projecten in verschillende gebieden op te starten. Het streven is om op korte termijn vijf demoprojecten op te starten. Hierin kunnen commercieel verkrijgbare sensoren worden ingezet en sensorprototypes worden uitgetest.

De weg die daartoe gevolgd moet worden is vastgelegd in een routekaart. Het in deze routekaart beschreven onderzoek kan door middel van meerdere projecten worden opgepakt en is gericht op 4 thema's: schoon water, kennisuitwisseling, demonstratie en sensoronderzoek. De projecten

kunnen niet onafhankelijk van elkaar in de tijd worden opgestart en geleid maar hebben een duidelijke relatie met elkaar. Wel moet er rekening worden gehouden met de kansen en mogelijkheden die zich voordoen of gecreëerd worden. De voortgang en begeleiding van de individuele projecten zal weliswaar in handen zijn van telkens andere personen of organisaties, maar de coördinatie over de projecten heen (regie van de routekaart) zal in handen moeten komen van een zorgvuldig gekozen stuurgroep. Deze stuurgroep bewaakt de routekaart waarin de doelstellingen voor de vier thema's zijn vastgelegd. De stuurgroep houdt tevens de voortgang van het lopende onderzoek in de gaten, draagt zorg voor kennisuitwisseling en stimuleert nieuw op te starten onderzoek.

6.2 Aanbevelingen

De komende twee jaar moet gebruikt worden om de vragen ten aanzien van actieve sturing op basis van kwaliteit concreter te beantwoorden. Na twee jaar is er een keuzemoment, afhankelijk van de haalbaarheid kan de ontwikkeling van een systeem of methode voorgenomen worden. Er moeten nu een drietal activiteiten opgestart worden.

- Er zullen demonstraties of pilots bij een 5-tal gemeentes met verschillende settings opgestart moeten worden waarin bestaande technologie wordt geëvalueerd, principes worden verkend, en kennis van de toepassing en informatie over regenwaterkwaliteiten zullen worden verzameld.
- Er zullen projecten opgestart moeten worden waarin nieuwe technologie (prototypen van sensoren) ontwikkeld worden en waarin fundamenteel onderzoek wordt verricht naar meettechnologie om “schoon water” te detecteren. Dit onderzoek moet een brede context hebben en ook buiten het veld van regenwater tot toepassingen kunnen leiden om marktkansen voor MKB en financiering te kunnen vergroten.
- Het is noodzakelijk om deze activiteiten te coördineren en zorg te dragen voor de afstemming tussen de verschillende projecten, het verzamelen, analyseren en uitdragen van kennis door middel van een database “waterkwaliteit en monitoring”, een web-site, workshops en publicaties op nationaal en mogelijk ook Europees niveau, met het doel zowel beleid, uitvoering, onderzoek als toeleverend MKB te ondersteunen bij hun activiteiten en plannen.

Voor de eerste activiteit zijn gesprekken gevoerd met de gemeente Ridderkerk en het Waterschap Hollandse Delta. Deze gemeente wil graag starten met het monitoren van regenwaterkwaliteit. Haar doelstelling is om daadwerkelijk afstromend regenwater te gaan sturen op basis van kwaliteit. Mogelijk kunnen deze activiteiten eind 2005 al tot een concreet project leiden. Een financieringsoptie is hier een LIFE-milieu subsidie of bijvoorbeeld de kennisalliantie Zuid Holland. Ook andere gemeentes hebben inmiddels hun interesse hiervoor getoond.

Voor de tweede activiteit is in samenwerking met de Federatie het Instrument (MKB-sensoren) een pre-project manager aangesteld om het “Clean Water Sensing” project op te zetten. Dit project past binnen de sleutelvelden “Water” en “High-Tech” genoemd door het innovatieplatform en inmiddels zijn er al contacten met SenterNovem gelegd om cofinanciering van de plannen via IS-subsidies te kunnen verkrijgen. Er zal gestart worden met een aanvraag voor subsidie voor een IS-haalbaarheidsonderzoek.

Voor de derde activiteit zal direct na afronding van deze verkenning een plan worden geschreven en aangeboden aan Rioned en Stowa. Tevens zal een informatiebrochure (folder) gemaakt worden waarmee het gedachtegoed en de resultaten van deze verkenning voor een breder publiek beschikbaar gemaakt kan worden.

7 Dankwoord

Aan de totstandkoming van dit rapport hebben naast de projectgroep en de opdrachtgevers een groot aantal personen direct en indirect meegewerkt.

In de eerste plaats is dit de begeleidingscommissie, gevormd door de heren Pierre Backx (gemeente Roosendaal), Jack Macdaniel (gemeente Ridderkerk), Harrie Groen (waterschap Noorderzijlvest), Mike van de Velde (waterschap Reest en Wieden) en Frans Kampers (Wageningen-UR), die meerdere malen bijeen is geweest. De begeleidingscommissie heeft deze studie op de voet gevolgd en waar nodig bijgestuurd. Tijdens dit proces is duidelijk geworden dat zonder een sturende inbreng op zowel het gebied van de regewaterketen alsook het technologische gebied van sensoren de presentatie van een weloverwogen rapport niet mogelijk was geweest.

Met name de inleiders van de workshops: de heren Jack Macdaniel, Martin Vogel en Wouter Olthuis (de laatste twee werkzaam bij de universiteit Twente) willen we bedanken voor hun heldere en illustratieve presentaties, evenals alle deelnemers aan de drie workshops die we willen bedanken voor hun inbreng, maar vooral voor hun kritische kanttekeningen bij het ambitieuze thema van actieve regenwatersturing

Vanuit het bedrijfsleven willen we memoreren dat de Federatie het Instrument in de persoon van de heer Kees Groeneveld bereid is geweest om door middel van pre-project financiering een externe adviseur (Dumont Advies) in te huren om ten behoeve van het “Clear Water Sensing” thema een project op te gaan zetten.

Het Octrooicentrum Nederland, in de persoon van de heer Dik van Harte, heeft belangeloos een quickscan voor de patentsituatie rond het onderwerp “Online meting van regenwater” uitgevoerd. De resultaten daarvan zijn in dit rapport opgenomen. Onze dank daarvoor.

8 Literatuur

- Ammann, A.A., E. Hoehn, S. Koch, 2003.** Ground water pollution by roof runoff infiltration evidenced with multi-tracer experiments, *Water Research*, 37, 5, 2003, 1143-1153.
- Baeze, J.A., D. Gabriel, J. Lafuente, 2002.** In-line fast OUR (oxygen uptake rate) measurement for monitoring and control of WWTP, *Water Science and technology*, vol. 45, no. 4-5 pp 19-28.
- Beenen, T., 2003.** Wadi's doorgelicht, Stichting RIONED, ISBN 90 73645 16 6, mei 2003.
- Beurden, E.A.E.M. van; P.P.G. Ganzevles, S.P. de Jong, R. Wentink, 2000.** Wijs met hemelwater, Elsevier Waterwijzer.
- Bonsen, E., P. Robertson, P. Pollard, D. McStay, 1999.** Multisense-Multi-capability sensor array for the real time monitoring of hydrocarbon, POBM and heavy metals in the marine environment. Robert Gordon University, School of Applied Sciences, Optoelectronics Research Center, (in: <http://www.sensors.marine.usf.edu/>; Seasense). Andere partners: Halliburton Manufacturing and Services, Hook and Tucker Instruments.
- Boogaard, F.C. en S.P. de Jong, 2002.** Overzicht samenstelling afstromend regenwater, Tauw, R001-3934314FCB-D01-U, Utrecht, 4-11-2002.
- Boogaard, F.C. en P.P. van der Pijl, 2005.** Regenwater op bedrijventerreinen (Waterschap Reest en Wieden), Rapport Tauw, 3 februari 2005
- Bucheli, T.D., S.R. Muller, S. Heberle, R.P. Schwarzenbach, 1998.** Occurrence and behavior of pesticides in rainwater, roof runoff, and artificial stormwater infiltration, *Environmental Science and Technology*. 1998, 32:22, 3457-3464.
- Ceresa, A, E. Bakker, B. Hattendorf, D. Gunther and E. Pretsch, 2001.** Potentiometric polymeric membrane electrodes for measurement of environmental samples at trace levels: new requirements for selectivities and measuring protocols, and comparison with ICPMS. *Analytical Chemistry* Washington, 73: 2, 343-351
- Clemens, F. , 2004.** Riolverstort in kaart, Technisch Weekblad, door: Teus Molenaar, zomer 2004.
- Farabegoli, G., C. Hellinga, J.J. Heijnen, M.C.M. Van Loosdrecht, 2003.** Study on the use of NADH fluorescence measurements for monitoring wastewater treatment systems, *Water Research [Water Res.]*. Vol. 37, no. 11, pp. 2732-2738. Jun 2003. [Department of Biochemical Engineering, Delft University of Technology, Julianalaan 67, Delft 2628 BC, The Netherlands, <mailto:geneve.farabegoli@uniroma1.it>]
- Gaag, J. v.d., 2005.** Sensor meet verontreiniging of asfaltdikte, Tauw (Deventer) en Medusa (Groningen) in Technisch Weekblad door Rijkert Knoppers, 2005.
- Ganzevles, P.P.G., J. Kluck, B. Keesman, 2004.** Interactieve BeslissingsOndersteuning voor weinig verontreinigd afvalwater, Tauw, Utrecht (R002-4266863PGA-D02-U), 1 maart 2004.
- Gapes, D., D. Pratt, S. Yuan, Z. Keller, 2003.** Online titrimetric and off-gas analysis for examining nitrification processes in wastewater treatment Gapes, *J Water Research [Water Res.]*. Vol. 37, no. 11, pp. 2678-2690. Jun 2003.

- Gemeente Ridderkerk, 2001/2002.** Toelichting werking VGS+ (14-2-2001) en Werking volgens het VGS+ en VGS systeem (13-11-2002).
- Gobet, J., Ph. Rychen, F. Cardot, E. Santoli, 2002.** Microelectrode array sensor for water quality monitoring. IWA International Conference on Automation in Water Quality Monitoring, Vienna (Austria), 21-22 May 2002 Fleischmann, N; Langergraber, G; Haberl, R (eds) Automation in Water Quality Monitoring. pp. 127-134. Water Science & Technology [Water Sci. Technol.]. Vol. 47, no. 2. ISBN 1843394340.
- Goense, D. e.a., 2005.** Persoonlijke communicatie over LOFAR Agro, een project over de agrarische toepassing van smart sensoren.
- Grüning. H. and H. Orth, 2002.** Investigations of the dynamic behaviour of the composition of combined sewage using on-line analysers, Water Science and technology, vol. 45, no. 4-5 pp 77-83.
- Haeck, M.A., 2004.** New Optical Method for the Measurement of Oxygen Concentrations in Water - Luminescent Dissolved Oxygen (LDO), KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall [KA Wasserwirt. Abwasser Abfall]. Vol. 51, no. 3, pp. 276-280. Mar 2004.
- Harte, D. van, 2005.** Patentonderzoek "On-line meting van regenwater", door Octrooicentrum Nederland, brief K&V/05111D/DVH/GVD, Rijswijk, 18 mei 2005.
- Inui, T., Y. Tanaka, Y. Okayasu, H. Tanaka, 2002.** Application of toxicity using nitrifying bacteria biosensor to sewerage systems, Water Science and technology, vol. 45, no. 4-5 pp 271-278.
- Krajewski, B.J-L, J-P. Bardin, M. Mourad and Y. Beranger, 2003.** Accounting for sensor calibration, data validation, measurement and sampling uncertainties in monitoring urban drainage systems, IWA International Conference on Automation in Water Quality Monitoring, Vienna (Austria), Fleischmann, N; Langergraber, G; Haberl, R (eds) 21-22 May 2002.
- Kuban, P., M. Reinhardt, B. Muller and P.C. Hauser, 2004.** On-site simultaneous determination of anions and cations in drainage water using a flow injection-capillary electrophoresis system with contactless conductivity detection. Journal of Environmental Monitoring, 6(3): 169-174
- Lennox, J. and C. Rosen, 2002.** Adaptive multiscale principle component analysis for online monitoring of wastewater treatment, Water Science and technology, vol. 45, no. 4-5 pp 227-235.
- Luccarini, L., E. Porrà, A. Spagni et al., 2002.** Soft sensors for control of nitrogen and phosphorus removal from wastewaters by neural networks, Water Science and technology, vol. 45, no. 4-5, pp. 101-107.
- Mason, Y., A.A. Ammann, A. Ulrich and L. Sigg, 1999.** Behavior of Heavy Metals, Nutrients and Major Components during Roof Runoff Infiltration, Environ. Sci. Technol. 1999, 33, 1588-1597.

- Martz, T.R., J.J. Carr, C.R. French, M.D. DeGrandpre, 2003.** A submersible Autonomous Sensor for Spectrophotometric pH Measurements of Natural Waters. *Anal. Chem.* 2003, 75, 1844 - 1850.
- Mizaikoff, B., 2002.** Infrared optical sensors for water quality monitoring, IWA International Conference on Automation in Water Quality Monitoring, Vienna (Austria), 21-22 May 2002 Fleischmann, N; Langergraber, G; Haberl, R (eds). *Automation in Water Quality Monitoring*. pp. 35-42. *Water Science & Technology [Water Sci. Technol.]*. Vol. 47, no. 2.
- Moens, M. en G. Verhoeff, 2004.** Anders omgaan met hemelwater, onderzoek naar koploperprojecten, VROM DG Milieubeheer, Dir BWL, Arcadis, juni 2004.
- Nielsen, M.N., P. Revsbech et al., 2002.** On-line determination of nitrite in wastewater treatment by using of a biosensor, *Water Science and technology*, vol. 45, no. 4-5 pp 69-76.
- Nistor, C., A. Osvik, R. Davidsson, A. Rose, U. Wollenberger, D. Pfeiffer, J. Emneus and L.Fiksdal, 2002.** Detection of *Escherichia coli* in water by culture-based amperometric and luminometric methods, *Water Science and technology*, vol. 45, no. 4-5 pp 191-199.
- NMP3, 1998.** Derde Nationaal Milieubeleidsplan. Met: Vierde Nota Waterhuishouding, Regeringsbeslissing, BIJLAGEN, Normen
- NW4 1998 (-2006),** Vierde nota waterhuishouding.
- Norouzi, P., M. Namazian and A. Badieli, 2004.** Selective and non-selective determination of heavy metal ions flowing solutions by fast stripping cyclic voltammetry. *Analytical Sciences*, march; 20 (3) : 519 526
- Olsson, G.; U. Jeppson and C. Rosen, 2002.** Selected Proceedings of the 1st IWA International Conference on Instrumentation, Control and Automation in Malmö, Sweden, June 3-7 2001. Published as part of the 2002 subscription to *Water Science & Technology*, Vol. 45, numbers 4-5. ISBN 1843394103.
- Ogawa, S. and I. Sugimoto, 2002.** Detecting odorous materials in water using quartz crystal microbalance sensors, *Water Science and technology*, vol. 45, no. 4-5 pp 201-206.
- Polkowska, Z., T. Gorecki and Namiesnik, 2002.** Quality of roof runoff waters from an urban region (Gdansk, Poland), *Chemosphere* 49 (2002), 1275-1283.
- Polkowska, Z., 2004.** Examining the effect of the type of roofing on pollutant content in roof runoff waters from buildings in selected districts of the city of Gdansk, *Polish Journ. Of Environ. Studies*, 2004, 13:2, 191-201.
- Prestel, H., A. Gahr and R. Niessner, 2000.** Detection of heavy metals in water by fluorescence spectroscopy: on the way to a suitable sensor system. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 368: 2-3, 182-191.
- Ras, S., 2004.** Waterwijzer 2004-2005, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, juli 2004.
- Rastogi S., A. Kumar, N.K. Mehra, S.D. Makhijani, A. Manoharan, V. Gangal and R. Kumar, 2003.** Development and characterization of a novel immobilized microbial membrane for rapid determination of biochemical oxygen demand load in industrial wastewaters, *Biosensors & Bioelectronics [Biosensors Bioelectron.]*. Vol. 18, no. 1, pp. 23-29. 2003.

- Rieger L., J. Alex, S. Winkler, M. Moehler, M. Thomann and H. Siegrist, 2002.** Progress in sensor technology - progress in process control? Part I: Sensor property investigation and classification. IWA International Conference on Automation in Water Quality Monitoring, Vienna (Austria), 21-22 May 2002, Fleischmann, N; Langergraber, G; Haberl, R (eds). Automation in Water Quality Monitoring. pp. 103-112. Water Science & Technology [Water Sci. Technol.]. Vol. 47, no. 2.
- Rieger L., H. Siegrist et al., 2002.** In-situ measurement of ammonium and nitrate in the activated sludge process, Water Science and technology, vol. 45, no. 4-5 pp 93-100.
- Rioned, 2002 [1].** Het bepalen van CZV- en zwevendstofgehalte in rioolwater op basis van troebelheid, december 2002.
- Rioned, 2002 [2].** Het riool in cijfers 2002-2003, september 2002.
- Ros-Lis, J.V., R. Martinez-Manez, K. Rurack, F. Sancenon, J.Soto and M. Spieles, 2004.** Highly selective chromogenic signalling of Hg²⁺ in aqueous media at nanomolar levels employing a squaraine-based reporter. Inorganic Chemistry, august 23rd 2004, 43 (17) : 5183-518.
- Sanuki, Y., M. Hiraoka, T. Ohto, H. Kanai and H. Tada, 2002.** Sensor system using polarization analysis method to monitor oil-on-water in water purification plants and rivers, Water Science and technology, vol. 45, no. 4-5 pp 167-174.
- Schasfoort, R., 2004.** Wetsus combineert onderzoek en toepassing. Door: Bonne van der Valk in Technisch Weekblad, sept. 2004.
- Scholefeld, D., J. Braven, N.P. Chilcott, L. Ebdon, A.C. Stone, P.G. Sutton and J.W. Wood, 1999.** Field evaluation of a novel nitrate sensitive electrode in drainage waters from agricultural grassland. Analyst, 1999, 124, 1467-1470.
- Sievers, M., C. Schroeder, H. Bormann, T.I. Onyeche, O. Schlaefer and S. Schaefer, 2002.** Automation in sludge dewatering by novel on-line characterisation of flocculation. IWA International Conference on Automation in Water Quality Monitoring, Vienna (Austria), 21-22 May 2002. Fleischmann, N; Langergraber, G; Haberl, R (eds) Automation in Water Quality Monitoring. pp. 157-164. Water Science & Technology [Water Sci. Technol.]. Vol. 47, no. 2. ISBN 1843394340
- Sin, G., K. Malisse, P.A. Vanrolleghem, 2002.** An integrated sensor for the monitoring of aerobic and anoxic activated sludge activities in biological nitrogen removal plants. IWA International Conference on Automation in Water Quality Monitoring, Vienna (Austria), 21-22 May 2002. Fleischmann, N; Langergraber, G; Haberl, R (eds). Automation in Water Quality Monitoring. pp. 141-148. Water Science & Technology [Water Sci. Technol.]. Vol. 47, no. 2. ISBN 1843394340.
- Skalar Analytical, 2004.** APPLICATION OF THE FLUO-IMAGER M53B FOR INTAKE CONTROL IN DRINKING WATER PRODUCTION, www.skalar.com
- Steiner, H., K. Staubmann, R. Allabashi, N., Fleischmann, A. Katzir, Y. Reichlin and B. Mizaikoff, 2002.** Online sensing of volatile organic compounds in groundwater using mid-infrared fibre optic evanescent wave spectroscopy: a pilot scale test. IWA International

- Conference on Automation in Water Quality Monitoring, Vienna (Austria), 21-22 May 2002. Editor: Fleischmann, N; Langergraber, G; Haberl, R (eds) in: Automation in Water Quality Monitoring. pp. 121-126. Water Science & Technology [Water Sci. Technol.]. Vol. 47, no. 2. ISBN: 1843394340.
- Stowa, 2004.** Diverse rapporten, zie website: www.stowa.nl. O.a. Omgaan met hemelwater bij bedrijfs- en bedrijventerreinen, F.C. Boogaard, STOWA rapport 23, 2004.
- Sunlu U., 2002.** Comparison of heavy metal levels in native and cultured mussel *Mytilus galloprovincialis* (L., 1758) from the Bay of Izmir (Aegean Sea/Turkey). Mediterranean Mussel Watch. Designing a regional program for detecting radionuclides and trace-contaminants. Marseilles, 18-20 April 2002, 133 p. (234 ref.) CIESM Workshop Series n°15 .
(<http://www.ciesm.org/publications/Marseilles.html>)
- Tanaka, H., M. Minamiyama, T. Toyoda, K. Komori, Y. Tanaka and K. Taguchi, 1997.** Monitoring of the toxicity in water using nitrifying bacteria. Proceedings of the 7th Japanese-German Workshop on Wastewater and Sludge Treatment, 1-12, Public Works Research Institute.
- Tauw, 2004.** Schriftelijke communicatie P. Ganzevles en F. Boogaard.
- Teunissen R en P.H.M. Vermij, 2003.** Korte beschrijving van een aantal diffuse bronnen (fact sheet diffuse bronnen), Rapport RWS, RIZA werkdocument 2003.217X, december 2003.
- Ueyama S., K. Hijikata and J. Hirotsuji, 2002.** Water monitoring system for oil contamination using polymer-coated quartz crystal microbalance chemical sensor, Water Science and technology, vol. 45, no. 4-5 pp 175-180.
- Vanrolleghem, P.A. and D.S. Lee, 2002.** On-line monitoring equipment for wastewater treatment processes: state of the art, IWA International Conference on Automation in Water Quality Monitoring, Vienna (Austria), 21-22 May 2002, Fleischmann, N; Langergraber, G; Haberl, R (eds) , Automation in Water Quality Monitoring. pp. 1-34. Water Science & Technology [Water Sci. Technol.]. Vol. 47, no. 2.
- Vasel, J.-L. and E. Paet, 2002.** On the use of fluorescence measurements to characterize wastewater, Water Science and technology, vol. 45, no. 4-5 pp 109-116.
- Wagemaker, 2001.** Leidraad Monitoring – algemeen deel (Riza).
- Wang, L. and C. Fu, 2004.** Miniaturized Capillary Electrophoresis System with Contactless Conductivity Detection and Flow Injection Sample Introduction, Instrumentation Science and Technology, vol. 32, no. 3, pp. 303-309, 2004.
- Welcker, F., A. Koster en I. de Wolf, 2004.** Communicatie met bewoners over afkoppelen: ervaringen in Winterswijk. In: H2O, jaargang 37 (2004)25/26., pp 49-51 ISSN 0166-8439.
- WRW, 2002/2003.** Projecten regenwaterkwaliteiten, samenstelling regenwater in stedelijk gebied.
- Zorbrist, J., S.R. Müller, A. Ammann, T.D. Bucheli, V. Mottier, M. Ochs, R. Schoenenberger, J. Eugster and M. Boller, 2000.** Wat. Res. Vol. 34, No. 5, pp. 1455-1462, 2000.
- Zweiner, C., 2004.** LC-MS opens new analytical windows on polar compounds in water pollution, LabPlus international - October 2004, pp.11-15.

9 Bijlagen

9.1 Stakeholders (Projectteam, BC, beleid, praktijk, techniek, kennis)

Naam	Functie	Adres, tel, e-mail etc.	Commentaar
Projectteam			
Ton Beenen		Rioned, Postbus 133 6710 BC Ede Galvanistraat 1 6716 AE Ede; Tel. +31 (0) 318 631111 Fax. +31 (0) 318 633337	
Bert Palsma		STOWA, postbus 8090, 3503 RB Utrecht, tel +31 (0)30 2321199 fax +31 (0) 2321766 Arthur van schendellaan 816 (ingang gebouw 800) 3511 ML Utrecht Palsma@stowa.nl	
Jos Balendonck, Theo Gieling, Margreet Bruins		Wageningen-UR, Agrotechnology and Food Innovations, postbus 17, 6700 AA Wageningen; bezoek: Bornsesteeg 59, 6708 PD Wageningen Phone: +31 (0) 317-47 63 16 Fax: +31 (0) 317-47 53 47 Mailto:Margreet.Bruins@wur.nl Web: www.agrotechnologyandfood.wur.nl	
Peter Ganzevles, Floris Boogaard		Tauw, Utrecht; pga@tauw.nl; feb@tauw.nl	
BEGELEIDINGS COMMISSIE			
Frans Kampers (dr ir F.W.H.)	Programmamanager Bio-NanoTechnologie	Wageningen UR, Postbus 8026, 6700 EG Wageningen, tel: 0317-474098, fax: 0317-484914, e-mail: frans.kampers@wur.nl	
Jack Macdaniël	Ontwerper/werkvoorbereider Installaties	Gemeente Ridderkerk, Dienst Ruimtelijke Ontwikkeling en Beheer, Afdeling Wegen, Verkeer en Riolerings, Raadhuisplein 70, Postbus 271, 2980 AG RIDDERKERK Tel: 0180-451442, fax: 0180-451456, mob.: 06-53551874 e-mail: J.Macdaniël@ridderkerk.nl	Hij is binnen Ridderkerk al een tijdje bezig om een pomp in vgs stelsel te sturen (op tijd (ervaring) maar tzt ook op meting).
Jeroen Stok (ir)	Toehoorder	J.Stok@ridderkerk.nl	
Pierre (P.C.A.M.) Backx		Gemeente Roosendaal, Markt 35, Postbus 5000, 4700 KA Roosendaal, 0165-579562, fax: 0165-579592, prive: 0165-557867, e-mail: p.backx@roosendaal.nl Beheer Hoofd: dhr. drs. ing. T. Hakkert, tel. (0165) 579 518	Taken: het integrale beheer, ontwerp en inrichting van het openbaar gebied (wegen, straten en pleinen, openbaar groen, bossen en natuurterreinen, openbare verlichting, riolerings, openbare verlichting, riolerings, begraafplaatsen, waterhuishouding, waterlopen, haven, parkeren, verkeerszaken), het beheer van de gemeentelijke gebouwen, het beheer van de binnen- en buitensport-accommodaties en recreatieve voorzieningen.
Harric Groen (ir)		Waterschap Noorderzijlvest Postbus 100, 9700 AA GRONINGEN ir. H. Groen Hoofd Afd. Onderzoek & Planvorming Tel.: 050 3048302 e-mail: H.Groen@noorderzijlvest.nl	
Mike van de Velde		Waterschap Reest en Wieden Postbus 120, 7940 AC Meppel Bezoekadres: Blankenstein 540 7943 PA Meppel Telefoon: 0522-276767 Fax: 0522-276799 e-mail: M.vandevelde@reestenwieden.nl	

BELEID			
	Waterschappen		
Mark van der Werf		Unie van Waterschappen	
Mr. R.J. van der Kluit	Lid NWP	Unie van Waterschappen (Association of Water Boards)	
	DG Milieubeheer VROM		
	DG Water V&W + werkgroepen		
	WRW		
A.R. van Bennekom (ir)	Lid NWP	RIZA, Postbus 17, 8200 AA Lelystad; Smedinghuis, Zuiderwagenplein 2, 8224 AD Lelystad tel. +31 (0)320 298411 Fax. +31 (0)320 2492 18	
Jaap Verhulst	Min V&W		
Wilbert van Seventer	Min V&W		
Wino Aarnink	Min V&W		
Sybrand Landman	Min V&W		
TECHNIEK	ADVIESBURO's		
Koepels			
IDHV			
J.B. Schuchmann (drs)	Lid NWP	ONRI Werkgroep ONRI Riolering	
Jeroen Langeveld (dr ir)	Evt. vervangend B.C.-lid voor gemeente Roosendaal	Langeveld, JG (Jeroen) j.langeveld@royalhaskoning.com	
Maarsen (Harold)		van Beek ingenieurs	
TECHNIEK	BEDRIJSLEVEN	BRANCHEORGANISATIES	
Wybren Jouwsma (ir)	Lid Innovatieplatform, technical director, (voorzitter) MinacNed	Bonkhorst High-tech Nijverheidsstraat 1 A NL - 7261 AK Ruurlo Tel: ++ 31 (0) 573 458800 Fax: ++ 31 (0) 573 458808 Email: wjouwsm@bronkhorst.com http://www.bonkhorst.com/	http://www.minacned.nl/nl/index.php
Kees Groeneveld		FHI; Federatie Het Instrument. Federatie van technologiebranches, Secretariaat: M. van de Berg, Postbus 2099, 3800 CB Amersfoort	
G.M.A. Rontelap (ing)	Lid NWP	FME CWM/VLM-branche organisatie	Van Essen Instruments
R.W. Verheul	Directeur, business development	MIERIJ METEOBV, Weltevreden 4c, 3731 AL de Bilt. 030-2200064, fax: 030-2204264, 06-53311567, Rijk.Verheul@mierijmeteo.nl	Heeft optische sensor voor water. Wil meedoen met workshops.
Jos Nijhof	Directeur	Interact, Apeldoorn	
Henk Leeuwis	Executive VP LioniXBV, Bestuurslid NimacNed	LioniX BV, postbus 456, 7500 AH Enschede; bezoek: c/o Universiteit Twente, gebouw 46, Hogekamp-SP28, Veldmaat 10, 7522 NM Enschede; tel: +31 53 489 3827; fax: +31 53 489 3601 e-mail: h.leeuwis@lionixbv.nl http://www.lionixbv.nl	
		Schlumberger	
Victor Hulleman Mackay		Priva Building Intelligence,	
MinacNed-lijst		H. Leeuwis: lionix; F. van Keulen: TUD; J.P. van den Heuvel: ASML Special Applications Division;	H. Feil: Philips Research; J. Lombaers: TNO- Industrie, K. Eikel: Mesa+Research Institute
Robert S. van der Veen	directeur	Koenders Instruments B.V., Postbus 60213, 1320 AG Almere, 036-5486180, fax: 036-5486189	Water kwaliteitsmeting
		Optisense BV	Nieuw bedrijf van Mienj
		Wavin Nederland BV J.C.Kellerlaan 8, 7772 SG Hardenberg Postbus 5, 7770 AA Tel: +31 (0) 523 28 81 65 Fax: +31 (0) 523 28 86 78 http://www.wavin.nl	Wavin Nederland B.V. maakt deel uit van de Wavin-groep, de marktleider in kunststof leidingsystemen in Europa. Kunststof leidingsystemen worden in vele soorten en maten op de markt gebracht voor water, binnen- en buitenriolering. Wavin bezit al jaren het ISO 9001, keurmerken KOMO, KIWA, KEMA of Gastec Qa.

Peter Sijmons		CatchMabs, Wageningen	Maakt molecular affinity bodies (MABs) die bepaalde stoffen uit een processtroom kunnen vangen.
KENNIS AANBIEDERS			
Wouter Olthuis		TU-Twente	
Ernst Sudhölter (prof dr)	Professor organische chemie; ontwikkeling bio-nanotechnologie Wageningen	WU- Laboratorium voor Organische chemie, Dreijenplein 8, 6703 HB Wageningen (gebouwnr. 306) Postbus 8026, 6700 EG Wageningen Tel: +31 317-482361	
Gerard C.M. Meijer (prof.dr.ir. G.C.M.)		TU-Delft phone: +31 (0)15 2786174 g.c.m.meijer@ewi.tudelft.nl	
Wim Rulkens (prof.dr.ir. W.H.)		WUR-ATV sectie milieutechnologie, Postbus 8129, 6700 EV Wageningen. Bezoek: Biotechnion Building 307, 6703 HD Wageningen tel: +31 (0)317 4 84 182 fax: +31 (0) 317 4 82108	
Uwe Karst (prof dr)		MESA+ Research Institute, Postbus 217, NL-7500 AE Enschede University of Twente, Chemische technologie, tel: 053-4892629, fax: 053-4894645, u.karst@ct.utwente.nl; http://www.ca.ct.utwente.nl	Chemische Analyse
Francois Clemens (prof dr ir F.)	Deeltijdhoogleraar riolering TUD, senior adviseur Witteveen en Bos		
Cees Kwakernaak (dr)	Alterra, WUR - Wageningen		Waterrichtlijn
Henri Spanjers (dr H.L.F.M.)	Secretaris management committee IWA specialist group on Instrumentation, Control and Automation	Sectie milieutechnologie Wageningen-UR, Postbus 8129, 6700 EV Wageningen. Bezoek: Biotechnion Building 307, 6703 HD Wageningen tel: +31 (0)317 4 83202 fax: +31 (0) 317 4 82108 Henri.Spanjers@wur.nl	LeAF – Lettinga Associates Foundation, posbus 500, 6700 AM Wageningen
Cees Buisman (prof dr ir C.J.N.)	wetenschappelijk directeur Wetsus; prof. biologische kringlooptechnologie	WETSUS, Leeuwarden WUR: sectie milieutechnologie, gebouw 307, Biotechnion, 6703 HD Wageningen tel:+31 317 4 83375, +31 317 4 83339, fax: +31 317 4 82108; E-mail: Cees.buisman@wur.nl	"De wetenschap van technologie tot innoveren, WQE november 2004"
Marten Scheffer (prof.dr. M.)	Hoogleraar aquatische ecologie en waterkwaliteit	Leerstoelgroep Aquatische ecologie en waterkwaliteitsbeheer, postbus 8080, 6700 DD Wageningen; tel. +31 317 4 83898; fax: +31 317 4 84411	
Wim van Vierssen (prof dr W.)	hoogleraar aquatische ecologie	Leerstoelgroep Aquatische ecologie en waterkwaliteitsbeheer, postbus 8080, 6700 DD Wageningen	WUR: voorzitter kenniseciteit Groene ruimte; prof aquatische ecologie/ bestuur Rathenau instituut; lid Nationaal Water Platform.
Anton Franken (dr ir)	Directeur STW	Technologiesichting STW, Postbus 3021, 3502 GA Utrecht; van Vollenhovenlaan 661, 3527 JP Utrecht. Tel. +31 (0) 30 6001233 Fax +31 (0)30 6014408 http://www.stw.nl	Sensortechnologie fundamenteel onderzoek opstarten. Stimuleren technisch-wetenschappelijk onderzoek aan universitaire instellingen
M.J. van Bracht (dr ing)	Lid NWP	TNO-NITG	

9.2 Workshop 1: Monitoring en sturing van regenwater

Mogelijkheden voor actieve sturing van regenwater op basis van on-line meting van waterkwaliteit. Onderzoek, overheid en bedrijfsleven inventariseren gezamenlijke kansen door technologische innovaties en de implicaties daarvan op het beleid. *Wageningen, 11 januari 2005*

9.2.1 Programma

12.30 – 12.45: Opening en inleiding ir Jos Balendonck, Wageningen UR-A&F
12.45 - 13.00: Beleid en Strategie (Doelen)
Welke doelstellingen en kaders heeft het Europees en landelijk beleid nu, en wat verwachten we in de toekomst? Waar liggen de knelpunten voor regenwater management? <i>ir Peter Ganzevles, Tauw milieu, Utrecht.</i>
13.00 - 13.15: Praktijk en ontwikkeling (Problemen)
Gemeentes implementeren regelgeving; Kan monitoring van waterkwaliteit naast een positief milieurendement een besparing opleveren bij het aanpassen van de rioleringsinfrastructuur? Wat is de stand van zaken? <i>Jack Macdaniël, gemeente Ridderkerk.</i>
13.15 – 13.45: Techniek en onderzoek (Oplossingen, nu en straks)
<i>A: Een overzicht van 'klassieke' analyse-technieken voor toxische stoffen in water.</i> Welke analysetechnieken voor o.a. PAC's, zware metalen en nutriënten in water zijn er voorhanden? <i>dr ir Martin Vogel, Universiteit Twente.</i>
<i>B: Lab-on-a-chip voor monitoring van anorganische stoffen in drinkwater (een voorbeeld van een toepassing)</i> Wat is een lab-on-a-chip? Hoe kunnen we hiermee een kwantitatieve analyse van anorganische ionen in drinkwater uitvoeren? Wat mogen we op termijn van deze technologie verwachten? <i>dr ir Wouter Olthuis, Universiteit Twente.</i>
13.45 - 14.00: Inleiding brainstormsessies Jos Balendonck
14.00 - 15.00: Drie brainstormsessies
A: STUREN OP SCHOON WATER: Als we de waterkwaliteit kunnen meten, hoe definiëren we dan "vuil" water? Hoe nemen we de juiste beslissing voor sturing en hoe beïnvloedt een individuele overstort de ecologische waterkwaliteit van het oppervlaktewater? Hoe kijken we aan tegen normering en handhaving? <i>Voorzitter: ir. Bert Palsma, Stowa.</i>
B TECHNIEK VOOR MORGEN: Gemeentes willen starten met monitoring bij pompgemalen. Er liggen meettechnieken (niet-specifieke sensoren en lab-apparatuur) in de winkel en op de plank bij universiteiten. Wat moeten we doen om deze technieken op de korte termijn (3-5 jaar) praktisch inzetbaar te maken voor het bepalen van regenwaterkwaliteit. Welke partijen hebben we nodig om dit proces in gang te zetten? <i>Voorzitter: ir. Ton Beenen, RIONED.</i>
C TECHNIEK VOOR OVERMORGEN: Er komen steeds meer parameter-specifieke sensoren beschikbaar, we krijgen de "Lab-on-a-chip", ze worden goedkoper en kleiner. Wat betekent dit voor de langere termijn (5-15 jaar)? Krijgen we een sensor in iedere straatput? Wat moeten universiteiten doen om op deze vraag dan een antwoord te kunnen geven? <i>Voorzitter: dr.ir. Frans Kampers, Wageningen UR.</i>
15.30 – 16.30 Terugkoppeling discussies, Afsluiting
Plenaire terugkoppeling van de drie brainstorm sessies, discussie en conclusies.

Inleiding

Wie kan zich over 30 jaar nog voorstellen dat ál het regenwater naar de RWZI werd afgevoerd? Het is dan vanzelfsprekend dat het regenwater continu geanalyseerd wordt op kwaliteit en het schone regenwater wordt geloosd op het grond- of oppervlaktewater. Dat is het ultieme doel wat we voor ogen hebben, en deze workshop wil een eerste stap zetten in die richting. Concreet willen we volgend jaar projecten starten, waarin onderzoek, bedrijfsleven, gemeentes en overheden zich inzetten voor meet- en regeltechnische innovaties.

Huidige situatie regenwaterafvoer

In de huidige situatie is het direct afvoeren van regenwater naar het oppervlaktewater niet zonder risico's. De 'first flush', het eerste regenwater dat bij een regenbui wordt opgevangen, kan aanzienlijke hoeveelheden zware metalen, nutriënten en organische verbindingen (o.a. PAK's) bevatten.

Regenwater moet zover mogelijk vooraan in de rioolwaterketen worden afgekoppeld omdat:

- het zuiveringsrendement van de RWZI anders negatief wordt beïnvloed;
- anders overstorten kunnen worden veroorzaakt die vuil water bevatten;
- zo min mogelijk vuil water moet worden verpompt (energieverspilling);
- water zoveel mogelijk lokaal moet worden vastgehouden (indien doelmatig).

Op dit moment zijn schoon-garanties voor regenwater niet te geven waardoor een dilemma ontstaat tussen vervuiling van het lokale milieu en de vier hiervoor genoemde aspecten. We denken dat het on-line bepalen van de waterkwaliteit d.m.v. monitoring en het gericht sturen van de waterstromen hiervoor een oplossing kan bieden. Enkele gemeentes staan al te trappelen van ongeduld om dit te gaan toepassen. Knelpunten hierbij zijn dat zowel de techniek als de regelgeving nog niet zijn toegesneden op deze nieuwe uitdagingen.

Deze workshop

Deze workshop is bedoeld om partijen bij elkaar te brengen die bij de geschetste problematiek betrokken zijn. Om tot een goede discussie te komen, worden eerst drie inleidingen gegeven. Zo komen ontwikkelingen in het beleid aan de orde, de (on-) mogelijkheden van huidige en toekomstige detectietechnieken en de praktijk bij de gemeente. In een drietal brainstormsessies zullen beleid en techniek samen komen en zal er gediscussieerd worden over drie scenario's: strategie, techniek voor morgen en techniek voor overmorgen.

Resultaat

Aan de hand van de presentaties en resultaten van de discussiegroepen uit deze workshop, willen we ons richten op de technologische oplossingen voor selectieve regenwatersturing. De verschillende discussiegroepen geven aan welke ontwikkelingen en welk onderzoek wenselijk is. Één discussiegroep gaat aangeven welk onderzoek op (zeer) korte termijn bij gemeentes wenselijk en mogelijk is, een andere groep beschrijft het technische toekomstbeeld op de lange termijn. Een derde groep gaat na welke strategie (beleid en uitvoering) we moeten ontwikkelen. Naar aanleiding van deze workshop zullen verschillende samenwerkingsprojecten worden opgezet. Het resultaat in deze projecten wordt geboekt middels samenwerking tussen diverse disciplines. Op lange termijn is het resultaat een optimale sturing van regenwater.

De workshop heeft een verkennend karakter. In het voorjaar van 2005 worden de resultaten van de workshop gebruikt voor het maken van projectplannen met verschillende partijen, vormen van consortia en concretiseren van afspraken.

9.2.2 *Deelnemers*

Egbert	Baars	Dienst Waterbeheer en Riolering voor Amsterdam
Pierre	Backx	Gemeente Roosendaal afd. Beheer
Jos	Balendonck	Wageningen UR, Agrotechnology and Food Innovations
Ton	Beenen	Rioned
Floris	Boogaard	Tauw, milieu
Margreet	Bruins	Wageningen UR, Agrotechnology and Food Innovations
Rolf	de Boer	Smartec Europe
Michiel	de Jong	Koenders Instruments B.V.
Emiel	Dijkstra	Van Essen Instruments
Peter	Ganzevles	Tauw, afd. Ruimte, water en riolering
Theo	Gieling	Wageningen UR, Agrotechnology and Food Innovations
Harrie	Groen	Waterschap Noorderzijlvest afd. Onderzoek en Planvorming
Joop	Harmsen	Alterra
Peter	Hendriks	Hach Lange
Wybren	Jouwsmá	Bronkhorst High-tech
Frans	Kampers	Wageningen UR
Karel	Keesman	Wageningen UR, Meet- en RegelSystemen
Andre	Koelman	Gemeente Castricum
Henk	Leeuwis	LioniX BV
Jack	MacDaniel	Gemeente Ridderkerk afd. Wegen, Verkeer en Riolering
Wouter	Olthuis	Universiteit Twente, MESA+ analytische systemen/sensortechnologie
Aad	Oomens	Grontmij, afdeling water
Bert	Palsma	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA)
Wim	Pieters	Waterschap Reest en Wieden
Jeroen	Stok	Gemeente Ridderkerk
Robin	Veldkamp	Technische Universiteit Delft, gezondheidstechniek, afvalwater
Rijk	Verheul	MIERIJ METEOBV of Optisense
Martin	Vogel	Universiteit Twente, MESA+ Research Institute, Chemische technologie
Leo	Wensveen	Arcadis

9.2.3 Presentaties

Als inleiding zijn een viertal presentaties gegeven. Hierbij kort de belangrijkste punten:

Beleid (Peter Ganzevles)

- Afkoppelen is gewenst, Kaderrichtlijn water (KRW).
- Monitoring en sturing: zijn we er juridisch klaar voor?
- Handhaven proces: kennis, schaal en aansprakelijkheid.

Praktijk en ontwikkeling (Jack Macdaniel)

- VGS+ in gemeente Ridderkerk werkt.
- Gewenst is de automatisering (monitoring + sturing op basis van waterkwaliteit).
- Acceptatie door waterschap is een probleem.
- Wachten op sensoren voor waterkwaliteit.

Klassieke analyse technieken (Martin Vogel)

- Potentiële vervuilingbronnen (zware metalen, org. verbindingen, nutriënten, alg. parameters).
- Off-line (lab) technieken: veel beschikbaar.
- On-line (ion-selectief, spectroscopie IR, Raman): beperkt mogelijk.
- Gevoeligheid, selectiviteit, monsterbehandeling, stabiliteit.
- Welke parameters zijn belangrijk?

Lab on a chip (Wouter Olthuis)

- Mogelijkheid tot miniaturisering van een analyse methode.
- Capillaire Elektroforese: scheidingstechniek.
- Detectie via EC-meting, optisch of massaspectrometrie.
- Snel (1 min), sample (1 μ l), draagbaar, disposable, chiptechniek.
- Lagere resolutie, nog beperkt toegepast.

9.2.4 *Uitwerking*

Groep 1: Beleid en Strategie

Aanwezig: Egbert Baars, Pierre Backx, Floris Boogaard, Margreet Bruins, Joop Harmsen, Karel Keesman, Bert Palsma(vz), Wim Pieters, Jeroen Stok.

Het beleid is ingezet op het sturen van zo weinig mogelijk hemelwater naar de RWZI. Het idee is om het 'schone' hemelwater op het oppervlaktewater te lozen en uitsluitend het 'vuile' water naar de RWZI te brengen. De analyses die je, bij keuze van afkoppeling, in het hemelwater uit wilt voeren moeten zorgvuldig gekozen zijn en gerelateerd aan specifieke kenmerken van het oppervlaktewater in het gebied. 'Zomaar' iets meten is geen optie. Wat gemeten gaat worden is afhankelijk van de chemische samenstelling van het water in het specifieke gebied. Doordat maatregelen gebiedsspecifiek zijn, kan het stelsel 'slim' worden ingericht. Ook is er de vraag wat je anders kunt doen dan meten met sensoren en sturen met pompen en kleppen.

In de gemeente Ridderkerk zijn ze technisch klaar voor een pilotproject. Wanneer ze gaan meten aan het VGS+, zal onder meer worden gestuurd op Zink en zwevende deeltjes (SS). Dit wordt aangevuld met andere metingen die informatie over de waterkwaliteit geven.

Een elkaar versterkende werking van ontwerphulp en sensoren moet worden bewerkstelligd. Van Belangrijke factoren zijn hierbij de pompcapaciteit, locatie overstorten, foute aansluitingen en randvoorzieningen voor RWA. Het stelsel van ontwerphulp en sensoren moet worden beheerd.

Onderzoek is gewenst naar het inzetten van sensoren in de hele waterketenanalyse. Sensoren kunnen worden ingezet in het VGS+ systeem, ontwerp en beheer van waterstelsels en hebben effecten op het oppervlaktewater.

Vooruitzicht:

Voor de nabije toekomst wordt eerst een concreet demoproject met sensoren opgezet in de gemeente Ridderkerk. Hierin wordt nagegaan welke aanvullingen sensoren op het beheer van waterstromen kunnen hebben. Wanneer het project loopt, worden beleidsambtenaren uitgenodigd om aan de hand van dit concrete project een discussie te voeren over inzetbaarheid van sensoren en de invloed daarvan op (noodzakelijke aanpassingen van) het beleid. Verder kan een database opgezet worden van de resultaten van regenwateronderzoek. Aan de hand daarvan kunnen conclusies getrokken worden en kan vervolgonderzoek ingezet worden.

Groep 2: Praktijk en ontwikkeling

Aanwezig: Jos Balendonck, Ton Beenen (vz), Rolf de Boer, Peter Hendriks, Hans Janssen, Michiel de Jong, André Koelman, Henk Leeuwis, Jack Macdaniël, Aad Oomens, Robin Veldkamp, Martin Vogel, Leo Wensveen.

Probleem – Doelen

Waar moet het regenwater naar toe: de RWZI, de bodem in of naar het oppervlaktewater? In de gemeente Ridderkerk is technisch alles voorbereid, maar daar mist het meetapparaat. Hoe wordt de Europese Kaderrichtlijn uitgewerkt? Wanneer is het water schoon? Wat zijn de prioritaire stoffen, of moet alles worden gemeten? In een andere workshop komen prioritaire stoffen aan de orde. Hoe krijgt de techniek de politiek overtuigd dat door continu te meten vervuiling van het oppervlaktewater voorkomen kan worden?

Oplossing

Regenwater kan 100% worden afgekoppeld. In de gemeente Castricum wordt het hemelwater 100% afgekoppeld en via een zandfilter naar het oppervlaktewater geleid. Echter, niet voor elk gebied kunnen zandfilters worden toegepast. Zandfilters nemen ook een groot oppervlak in beslag. Niet elke regenbui heeft een first-flush; er hoort een geschiedenis (van het weer) bij. Troebelheidmeters zijn een goedkoop en eenvoudig middel om in te zetten bij de first-flush metingen.

Vragen die overblijven zijn:

Wat zijn de voordelen van het inzetten van sensoren ten opzichte van een zandfilter?

Is het duur om te sturen? De lijst met te meten parameters, opgegeven door 'het beleid' is lang. Essentieel is dat de keten moet samenwerken. Wanneer gemeten kan worden, en niet geloosd (overstort?) zal worden, dan zal het beleid moeten worden aangepast.

Aanpak

Chemische parameters: Voor een pilotproef moeten instrumenten worden ingezet om robuuste parameters te meten. Zware metalen vallen hier nog niet onder. Ion-selectieve sensoren hebben een doorspoelsysteem nodig en vragen (veel) onderhoud. Er lopen proeven waar Floris Boogaard (Tauw) bij betrokken is. Metingen waar belangstelling voor is, zijn: pH, EC, Cl, NO₂, troebelheid, BOD en COD. Waterschappers, 'het beleid', willen **vervuiling** meten, niet de meetbare parameters.

De aanpak zou in eerste instantie indicatief moeten zijn. Het VGS is 'intelligent' (hydraulisch) gedimensioneerd. Meten van de waterstroom geeft extra meerwaarde aan het VGS. Het is aan te bevelen het proefproject breder op te zetten. De gehele waterketen zou erbij betrokken moeten worden. Wanneer het proefproject goed loopt, kan dat de discussie mogelijk doorbreken.

Opzet

In het buitenland gebeurt vergelijkbaar onderzoek. Het zou niet onlogisch zijn om samenwerkingsprojecten met het buitenland op te zetten.

Partijen

Op de vraag of de kaderrichtlijn water voor alle EU-landen gelijk was, werd instemmend geantwoord, maar wel met een bredere aanpak. De overheid moet draagvlak voor financiering geven. Op dit moment hebben gemeentes nog niet echt een probleem. Een kort vragenronde aan de deelnemers van de discussie levert de volgende opmerkingen op. “We moeten wachten op de wet” versus: “Wat kunnen we doen?” Vooral klinkt: “Aan de slag, doorgaan! De wet volgt de techniek”. Het is lastig om technieken in de praktijk in te passen en het is erg arbeidsintensief. Maar, meten is belangrijk. De beschikbare apparatuur is al robuuster geworden. De huidige prijs van een ion-selectieve sensor is 20 –30k€ en van een geautomatiseerde, robuuste, HPLC is dat 50 – 100k€.

Vooruitzicht

Het is wenselijk om op korte termijn een demoproject in de gemeente Ridderkerk op te starten. Hierbij worden commercieel verkrijgbare sensoren ingezet.

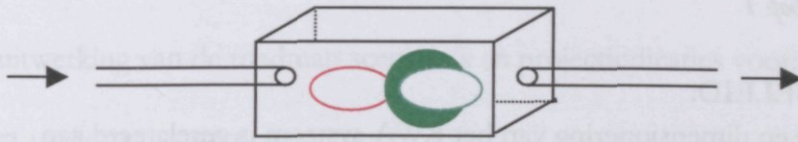
Groep 3: Techniek van overmorgen

Aanwezig: Peter Ganzevles, Theo Gieling, Harrie Groen, Wybren Jouwsma, Frans Kampers (vz), Wouter Olthuis, Rijk Verheul.

Toxiteitsmeter

Ontwikkeling van een biologische sensor waarmee bepaald kan worden óf en hoe toxisch het water is.

Het meten van chemische parameters in water is een substituuat voor wat we werkelijk willen weten: “de biologische waterkwaliteit”. Om de kwaliteit van het hemelwater te bepalen alvorens het geloosd wordt op het oppervlaktewater, zou het daarom een biologisch sensorsysteem moeten passeren. De activiteit van een biologisch systeem correleert namelijk met de waterkwaliteit. Om het bio-systeem gezond te houden kan de activiteit het beste constant gehouden worden door al of niet schoon water bij te mengen. De bijgemengde hoeveelheid water is dan een maat voor de vervuilingsgraad van het water. Wanneer meer dan een bepaalde hoeveelheid water moet worden bijgemengd (overschrijding van een drempelwaarde) dan komt er een waarschuwingssignaal ten teken dat het water toxisch is geworden. De figuur geeft symbolisch weer hoe de sensor er uit ziet.



Figuur 19. Een eenvoudige voorstelling van de sensor: een kastje met twee lichten, een rood en een groen. Bij groen licht kan het water vrijuit passeren en bij rood licht is er een alarmsituatie.

De lozingsnormen zijn afhankelijk van de lozingslocatie. Een bedreiging is dat de regelgeving in dit concept mee moet gaan.

Vooruitzicht:

Een goede inventarisatie ligt aan de basis voor welk soort hemelwater dit toepasbaar is. Dan kan in een meerjarig onderzoek de sensor worden ontworpen en aangepast. Ondanks dat uit de discussie kwam dat chemische parameters een substituuat zijn voor biologische waterkwaliteit, zal op kleine schaal, bv. kolkniveau, een eerste indicatie met behulp van sensoren moeten worden beoordeeld.

Plenaire sessie

In de plenaire sessie is in onderstaand schema aangegeven hoe verschillende projecten naast elkaar kunnen worden opgestart. De projecten lopen naast elkaar, maar hebben wel terugkoppeling met elkaar vanuit een centraal gedeelte. Om het lange ontwikkelingstraject voor het ontwikkelen van een sensor in te gaan, moet worden geanalyseerd wat gemeten moet worden en hoe dat gemeten kan worden. Welke sensoren (chemische óf biosensoren) zijn nodig om dat te bereiken? Voor de techniek van morgen kunnen demoproject(en), bij voorkeur bij gemeentes, worden opgestart. De in dit kader opgedane positieve ervaringen kunnen met het beleid worden gedeeld en dienen als discussiepunt voor aanpassing van regelgeving. Op dit moment is het nog te vroeg om beleidskundige vraagstukken aan te pakken. Eerst de demo afwachten.

Evaluatie van workshop door deelnemers

De deelnemers gaven aan een welbestede, en een voor velen leerzame middag gehad te hebben die goed was georganiseerd. De diversiteit aan achtergronden van de deelnemers werd als positief ervaren. Iedere aanwezige instantie wil deelnemen in een consortium en wacht op acties die voortkomen uit de eerste workshop. De interesse voor onderzoek richt zich voornamelijk op de richtingen 'Praktijk en Ontwikkeling' en 'Techniek en Onderzoek'. Het wordt van harte aanbevolen om met een concreet demoproject te starten. Voor het benodigde commitment van de overheid en het geld moet hogerop (in de ministeries) gelobbyd worden.

9.2.5 Conclusies Workshop 1

• STRATEGIE en BELEID:

- Inrichting en dimensionering van het RWA-systeem is gerelateerd aan gebiedsspecifieke situaties. Ook bij toepassing van monitoring moet hiermee rekening gehouden worden. Er is behoefte aan een ontwerphulp voor toepassing van sensoren in RWA-systemen.
- Afkoppelen kan door afvoer naar het oppervlaktewater (overstort) of naar de bodem (infiltratie d.m.v. berg-bezinkbassin en zandfiltratie). Beide zullen toegepast worden en bij overstorten is monitoring zinvol.
- Sensoren voor waterkwaliteit kunnen breder (in de gehele waterketen) worden ingezet dan alleen bij de analyse van afstromend regenwater.
- Het beleid is nog niet toegespitst op monitoring. Het is onduidelijk hoe “schoon” of “vuil” water gedefinieerd zijn en of deze grenzen door de kaderrichtlijn “hard” vastgelegd zullen blijven. Daardoor kunnen gemeentes nog niet nuttig gebruik maken van sturing op basis van waterkwaliteit.
- Er is nauwelijks samenwerking in de keten en beleid en uitvoering liggen ver uit elkaar. Samenwerking is echter absoluut noodzakelijk ook met het buitenland.

• PRAKTIJK EN ONTWIKKELING:

- Eerst moet in Ridderkerk een demoproject starten waarin de toepasbaarheid van sensoren wordt onderzocht (indicatief), en daarna moeten verdere projecten opgepakt worden, ook in de richting beleid. In eerste instantie moeten commercieel verkrijgbare sensoren worden ingezet. In een latere fase zullen ook nieuwe (prototype) sensoren vanuit onderzoek en ontwikkeling hier getest kunnen worden.
- Huidig (goedkope) beschikbare sensoren geven geen eenduidig beeld van de vervuilingsgraad van regenwater.
- Monitoring vergt een investering, wat zullen de baten zijn?

• TECHNIEK EN ONDERZOEK:

- Er heerst een algemeen gevoel dat monitoring de oplossing zal zijn, maar een specifieke en duidelijke vraag (o.a. specificaties) naar sensoren ontbreekt, waardoor sensor-onderzoek en -ontwikkeling niet van de grond komt.
- De lijst van vervuilende stoffen is erg groot (kaderrichtlijn water), het meten van individuele stoffen is echter minder belangrijk dan het hebben van een sensor die zegt of het regenwater vuil is. Daarom zou er onderzoek gedaan moeten worden naar een sensor of een set van sensoren waarmee kan worden bepaald of er sprake is van schoon dan wel vervuild regenwater.

9.2.6 Aanpak vervolgtijdfase 2

Verdere uitwerking van de roadmap scenario's en projectindicaties voor:

- **STRATEGIE en BELLEID:**
 - Inrichten van een platform/stuurgroep.
 - Aanjaagproject opstarten en inrichten.
 - Kennisverspreiding en –uitwisseling (disseminatie naar onderzoek, overheid, beleid en uitvoering).
 - Opzetten van een database met meetprojecten en meetresultaten en analyses.
 - Opzetten van een thematisch netwerk (of: COST Project) in Europa (EU-subsidie).
 - Spin-off projecten bij andere gemeenten stimuleren en opzetten.
 - Ontwikkelen aanhaakprojecten (n.a.v. pilot-project).

- **PRAKTIJK EN ONTWIKKELING:**
 - Inrichten pilot-project Ridderkerk (Breed, samen met alle ketenpartners).
 - Starten met beschikbare sensoren, aan te leveren door deelnemende bedrijven.
 - Ervaring op doen met meten in pompgemalen (o.a. onderhoud, kosten, stabiliteit).
 - Continue metingen en referentie metingen uitvoeren (o.a. pH, EC, Cl-, NO₂-, BOD, COD, troebelheid, Zink?, SS?).
 - Analyse meetresultaten (over 1 jaar).
 - Evaluatie van bestaande sensoren m.b.t. detectie van vervuiling (we willen vervuiling meten!).

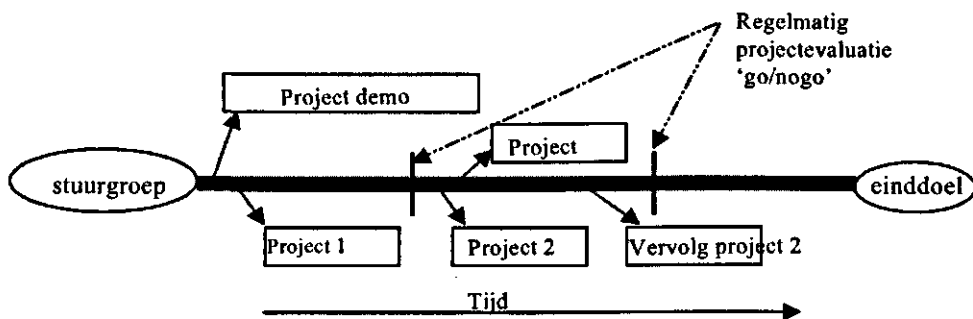
- **TECHNIEK EN ONDERZOEK:**
 - Onderzoek “sensor fusion” technieken (soft sensors).
 - Ontwikkeling van een ontwerphulp voor monitoring (weet wat je moet meten).
 - Toepassen van sensoren voor analyse van de gehele waterketen.
 - Ontwikkeling beslissingsalgoritmen. onderzoek toxiciteitsmeter.
 - onderzoek selectieve sensoren

9.2.7 Roadmap

Het doel van de verkenning dit jaar is het ontwikkelen van een roadmap voor monitoring en sturing van regenwater. Deze roadmap zal in grote lijnen twee doelen hebben:

Doelgerichte ontwikkelingen (0 - 5 jaar), waarbij implementatie van bestaande technologie en beleid, technologie ontwikkeling kennisopbouw en -uitwisseling en demonstratie centraal staan. Strategische ontwikkeling (5 - 15 jaar), met nadruk op sturing van beleid en regelgeving, sensor onderzoek en implementatie van nieuwe technologieën.

De roadmap moet als leidraad dienen voor alle stakeholders (bestuur, bedrijfsleven, onderzoek, uitvoering), het moet richting geven aan alle activiteiten die (autonoom of gezamenlijk) opgestart kunnen worden en allemaal bijdragen aan de ultieme doelstelling (het einddoel) van de roadmap. Binnen de roadmap zullen scenario's moeten worden uitgewerkt voor drie thema's: Beleid en Strategie; Praktijk en Ontwikkeling en Techniek en Onderzoek. Gericht op deze thema's zullen projecten kunnen aanhaken. Om het gedachtengoed van de roadmap uit te dragen moet een stuurgroep ingesteld worden die zorg draagt voor coördinatie, organisatie en disseminatie en het ontwikkelen van de beoogde projecten.



Schematische weergave in de tijd van de voortgangsbewaking door de stuurgroep en op te zetten projecten om het door de stuurgroep omschreven einddoel te bereiken.

Als voorbeeld kan worden gedacht aan de volgende projecten:

- **Demoproject Ridderkerk:** Implementatie, onderzoek en demonstratie. Door: gem. Ridderkerk, waterschap, bedrijfsleven, en onderzoeksinstituten (2-4 jaar).
- **Thematisch netwerk:** Internationale (EU-breed) samenwerking en kennisuitwisseling (4 jaar) door: relevante stakeholders uit Europa. Organiseren van jaarlijkse workshops.
- **Sensoronderzoek 1:** Korte termijn onderzoek naar de mogelijkheid om met een beperkt aantal parameters aan te geven of regenwater vuil of schoon is.
- **Sensoronderzoek 2:** Lange termijn onderzoek en ontwikkeling van niet bestaande en wel benodigde sensoren. Afhankelijk van resultaten uit demoproject en sensor onderzoek 1 (langlopend). Door: universiteiten en MKB.
- **Database voor monitoring en sturing:** Kennisbundeling en verspreiding. Adviesbureaus, koepelorganisaties, universiteiten. Ook gevoed uit andere projecten (nationaal en internationaal).

9.3 Break-out Sessie Sense of Contact

The Sense of Contact VII, Wageningen, 31 maart 2005

Sensoren voor het (on-line) bepalen van de vervuilingsgraad van regenwater

Wie kan zich over 30 jaar nog voorstellen dat ooit ál het regenwater naar de rioolwater zuiveringsinstallatie werd afgevoerd? In de toekomst dient regenwater continu geanalyseerd te worden op kwaliteit en schoon regenwater te worden geloosd op het grond- of oppervlaktewater. Dat is het ultieme doel wat we anno 2005 voor ogen hebben, en deze break-out sessie wil een eerste stap zetten in die richting. Concreet willen we dit jaar projecten starten waarin universiteiten, onderzoekscentra, bedrijfsleven, gemeentes en overheden zich inzetten voor innovaties t.b.v. monitoring en sturing op basis van waterkwaliteit in regenwaterketens.

In de huidige situatie is het direct afvoeren van regenwater naar het oppervlaktewater niet zonder risico's. De 'first flush', het eerste regenwater dat bij een regenbui wordt opgevangen, kan aanzienlijke hoeveelheden zware metalen, nutriënten en organische verbindingen (o.a. PAK's) bevatten. Regenwater moet daarom zover mogelijk vooraan in de rioolwaterketen worden afgekoppeld omdat:

- het zuiveringsrendement van de RWZI anders negatief wordt beïnvloed;
- er overstorten kunnen optreden die vuil water bevatten;
- zo min mogelijk schoon water moet worden verpompt (energieverspilling); en
- schoon water zoveel mogelijk lokaal moet worden vastgehouden (indien doelmatig).

Op dit moment zijn schoongaranties voor regenwater niet te geven waardoor een dilemma ontstaat tussen vervuiling van het lokale milieu en de vier hiervoor genoemde aspecten. Het on-line bepalen van de waterkwaliteit en het op basis daarvan gericht sturen van waterstromen kan hiervoor een oplossing bieden. Enkele gemeentes willen nu al dit concept toepassen. Knelpunt is echter dat zowel de techniek als de regelgeving nog niet zijn toegesneden op deze nieuwe uitdagingen. Deze sessie is bedoeld om partijen met een technische achtergrond bij elkaar te brengen die willen discussieren over een tweetal scenario's; één voor de korte termijn en één voor de lange termijn.

Korte termijn: kennisontwikkeling en implementeren bestaande technologie:

Gemeentes willen starten met monitoring en sturing bij pompgemalen. Er liggen meettechnieken (niet-specifieke sensoren en lab-apparatuur) in de winkel en op de plank bij universiteiten. Wat moeten we doen om deze technieken op de korte termijn (5 jaar) praktisch inzetbaar te maken voor het bepalen van regenwaterkwaliteit?

Lange termijn: fundamenteel onderzoek, sensoren voor waterkwaliteit:

Er komen steeds meer parameter-specifieke sensoren beschikbaar, we krijgen de "Lab-on-a-chip", ze worden goedkoper en kleiner. Wat betekent dit voor de langere termijn (5-20 jaar)? Waar kunnen sensoren worden toegepast? Wat kunnen universiteiten nu doen om op termijn deze sensoren (bv PAK's, zware metalen, nutriënten e.d.) op de markt te krijgen?

Deze break-out sessie heeft een verkennend karakter. In het voorjaar van 2005 worden de resultaten gebruikt voor het maken van projectplannen en het vormen van onderzoeksconsortia.

9.4 Workshop 2: Uitwerking thema's routekaart

9.4.1 Programma

Monitoren en sturen van afstromend regenwater: de routekaart, 2de workshop

15 april van 12.00 – 17.00 uur, Wageningen-UR (A&F), Technotron; Bornsesteeg 59, Wageningen

Inleiding

De uitdaging om nog dit jaar onderzoek op te starten naar 'monitoren en sturen van regenwater' komt met deze workshop een stap dichterbij. In januari 2005, in de eerste workshop, is daartoe een aanzet gegeven, waarbij stakeholders uit verschillende vakdisciplines met elkaar discussieerden over de (on-) mogelijkheden van sturen van regenwater. In deze discussies zijn de gewenste ontwikkelingen aangegeven op het gebied van beleid, strategie en techniek. Zo is vastgesteld dat beleid op nieuwe ontwikkelingen moet inspelen door vast te stellen welke parameters en welke grenswaarden gehanteerd moeten gaan worden. Bij de 'techniek voor morgen' kwam duidelijk naar voren dat er een concrete wens is om op korte termijn met een demoproject te starten. De 'techniek van overmorgen' voorzag dat er behalve mogelijkheden voor de "lab-on-a-chip" er ook perspectieven voor toepassing van biologische sensoren zijn. Het doel van deze workshop is om in brainstormsessies kansrijk onderzoek verder uit te werken en de daarvoor benodigde competenties te inventariseren en bij elkaar te brengen.

Deze workshop

Deze tweede workshop gaat in op de onderzoeksvragen die uit de discussies van de eerste workshop zijn ontstaan. Een kader voor de opzet van vervolgonderzoek – de routekaart monitoring en sturing afstromend regenwater - zal worden gepresenteerd. Hierna zullen aan de hand van omschreven kansrijk onderzoek projectdiscussies worden gevoerd. Er komen twee keer vijf brainstormsessies die parallel worden gehouden elk met een eigen invalshoek (routekaart, demo-projecten, sensoronderzoek, waterkwaliteit en normering, kennisuitwisseling). De eerste vijf hebben als uitgangspunt het afstemmen van de individuele thema's voor de komende 5 jaar op basis van een voorlopige routekaart voor 0 – 15 jaar. De tweede vijf brainstormsessies gaan over dezelfde thema's gericht op het ontwikkelen van projecten voor de korte termijn (0-5 jaar). In het programma is kort omschreven welk onderzoek verder uitgewerkt zal worden. Verdere kennismaking en samenwerking tussen diverse disciplines zullen tot stand kunnen komen. Voor deze workshop zullen alle deelnemers van workshop I uitgenodigd worden maar ook nieuwe stakeholders die naar verwachting in het vervolgtraject een zinvolle bijdrage kunnen leveren.

Resultaat

De brainstormsessies moeten leiden tot de opzet van een routekaart (road map) "monitoren en sturen van afstromend regenwater". Deze routekaart bevat een visie over hoe we op korte (5 jaar), middellange (10 jaar) en lange termijn (15 jaar) het onderzoek willen positioneren. De routekaart zal ingevuld moeten worden met projectindicaties voor onderzoek waarin de expertise van bedrijven, gemeentes, instituten, 'beleid' en universiteiten op korte termijn (0-5 jaar) gebundeld wordt.

Sturen en monitoren van regenwater: Programma workshop II

15 april 2005 van 12.00 – 17.00 uur bij Wageningen UR-A&F

12.30: Opening en inleiding

Hierin zal een korte toelichting gegeven worden op het thema en komen de conclusies van de eerste workshop aan de orde. (Jos Balendonck/Floris Boogaard)

13.00: Introductie eerste brainstorm sessie (Jos Balendonck)

In deze introductie wordt een eerste opzet van de routekaart gegeven. De routekaart bevat hoofddoelen. Het is de bedoeling dat de deelnemers aan de eerste brainstormsessie op basis daarvan een snelle start kunnen maken met het afstemmen van de individuele thema's binnen de aangereikte routekaart. Zij zullen voor hun thema de hoofddoelen vertalen in subdoelen en definiëren wat willen we wanneer opleveren en wat hebben we van andere thema's nodig. De deelname aan de eerste brainstorm is vooraf bepaald door de organisatie en is zodanig van opzet dat de kennis en expertise van de deelnemers optimaal en evenredig is verdeeld over de thema's. Op deze wijze kan een optimale afstemming van thema's bereikt worden. In het tweede deel laten wij de keuze wel aan u, en kunt u meewerken aan het opzetten van projecten daar waar uw expertise het best tot zijn recht komt.

13.20: Paralleldiscussies (1 t/m 5) Afstemming thema's (0 – 5 jaar)

1: Routekaart “Monitoring en sturing regenwater” (Ton Beenen) Hierin moet vooral gekeken worden wat onze (hoofd)doelstellingen zijn voor over 2, 5, 10 en 15 jaar. Deze moeten zo concreet mogelijk (SMART) omschreven worden voor alle thema's: Beleid en Strategie, Praktijk en Ontwikkeling, Technologie en Onderzoek en de Informatiebehoefte. De resultaten van deze brainstormsessie zullen tijdens de tweede brainstormsessie gebruikt worden als uitgangspunt voor de opzet van de projectindicaties te dienen. Als uitgangspunt bij de opzet van de routekaart gaan we uit van de volgende mijlpalen, die in de brainstormsessie nader verfijnd moeten worden:

2 jaar: Er is gedemonstreerd dat op basis van beschikbare technologie het mogelijk is om vervuiling van afstromend regenwater “on-line” aan te tonen.

5 jaar: Er is gedemonstreerd dat op basis van beschikbare technologie het mogelijk is om vervuiling van afstromend regenwater “on-line” aan te tonen met een zekerheid van 80%, en dat op basis daarvan regenwater actief gestuurd kan worden. Een definitie van vuil water (overstort normen) is bekend en geaccepteerd door het beleid.

10 jaar: Alle VGS zijn uitgevoerd met een sturing van regenwater gebaseerd op werkelijke waterkwaliteit. Sensoren voor het aantonen van vuil water met een zekerheid van 80% zijn beschikbaar in kleinschalige vorm en zijn betaalbaar. Het beleid heeft gedefinieerd op basis van welke monitoringssystemen (parameters) waterkwaliteit gemeten mag worden.

15 jaar: Al het afstromend regenwater wordt geloosd na monitoring van waterkwaliteit. Vervuild regenwater is aan te tonen met een zekerheid van meer dan 95%. De routekaart zelf zal in het vervolgtraject ook uitgedragen moeten worden. Wie is hiervoor verantwoordelijk en hoe moeten we dit organiseren?

2: Praktijk en Ontwikkeling: Demoproject Ridderkerk (Jos Balendonck)

De gemeente Ridderkerk wil graag starten met het monitoren van de kwaliteit van water. Hun doelstelling is om op termijn daadwerkelijk afstromend regenwater te gaan sturen op basis van kwaliteit. Ook het waterschap Hollandse Delta is gemotiveerd om een bijdrage hieraan te leveren. Het demoproject is vooral bedoeld om ervaring en kennis op te doen omtrent het monitoren van regenwaterkwaliteit op basis van nu beschikbare technologie, maar moet open van opzet zijn, zodat technologie die beschikbaar komt (zie thema 3) in de toekomst meegenomen kan worden. De proeflocatie moet als een platform voor onderzoek, ontwikkeling en kennisoverdracht gaan functioneren. Binnen de brainstorm moet er aandacht zijn voor de onderzoeksvragen en alle andere zaken die nodig zijn om een project op te kunnen starten.

Een daarvan is: “Hoever kunnen we komen om op basis van nu beschikbare sensoren iets te zeggen over de waterkwaliteit? We gaan bij het zoeken er vanuit dat we daarbij de huidige definities (KRW) van “vervuild water gebruiken”.

3: Technologie en Onderzoek: Sensoren (Frans Kampers)

Het betreft hier de (on-line) sensoren voor waterkwaliteit die nu op de plank liggen (maar nog niet verkocht worden) en in de toekomst ontwikkeld kunnen worden bij onderzoekscentra, universiteiten en bedrijven. Welke kansrijke technieken zitten hier tussen? Kunnen we hiermee nog beter vuil water aantonen? Hoe kunnen we zware metalen, PAK's en bestrijdingsmiddelen meten? Welke mogelijkheden zijn er voor lab-on-a-chip? Wat zijn de mogelijkheden voor een biologische sensor? Als uitgangspunt zullen meegenomen worden de resultaten van de break-out sessie van de Sense of Contact 7 van 31 maart 2005 en de resultaten van de sensoren sessie uit de eerste brainstorm. Vraag is ook wat moet thema 2 (demo project) ons aan informatie opleveren voordat er daadwerkelijk projecten gestart kunnen worden. Wat mogen we over 2 jaar verwachten van nieuwe sensoren, kunnen die al ingezet worden in een demo? Kunnen we nu al nadenken over het opstarten van meer strategische ontwikkelingen bij universiteiten, zonder risico te lopen dat we daar dingen onderzoeken die later niet nodig blijken te zijn?

4: Beleid en Strategie: Kwaliteit van regenwater (Bert Palsma)

Op dit moment moeten we uitgaan van de Europese richtlijn stedelijk afvalwater (KRW) om vast te stellen wat vuil water is. Dit betreft een grote lijst van afzonderlijke (prioritaire) stoffen met elk hun eigen drempelwaarden. De vraag is echter: "Welke parameters moeten gemeten worden in het afstromende regenwater, en wat zijn de drempelwaarden?". Komen al deze stoffen wel voor in het stedelijk regenwater? Zijn er definities vast te stellen voor de kwaliteit van het ontvangende water, en kunnen de normen voor overstortingen op basis van kwaliteit gedifferentieerd worden? Voor thema 3 (Sensoren) is het heel belangrijk dat er een goede definitie komt van wat we willen meten en met welke resolutie/nauwkeurigheid. Voor thema 2 is het belangrijk te weten wat voor onderzoeksvragen er in het demo-project aan de orde moeten komen. Hoe laten we het beleid meekijken met de demo, en hoe kan of zal het beleid inspelen op de nieuwe technologische mogelijkheden?

5: Informatiebehoefte: kennisuitwisseling en Europese dimensie (Floris Boogaard)

Binnen dit thema zal vooral worden nagedacht over het opzetten van een kennisdatabank. Mogelijk is bijvoorbeeld het ontwikkelen en onderhouden van een database waarin alle analysegegevens worden opgeslagen en beheerd. De verzamelde gegevens zijn waardevol en kunnen voor meerdere doeleinden worden gebruikt. Door ze in een database te verzamelen en via internet beschikbaar te maken, krijgen ze een grotere waarde voor beleid, praktijk en onderzoek. Vraag is: “Welke informatie moeten we met elkaar delen?” en is een databank daarvoor zinvol of kunnen een website, workshops of publicaties daarvoor ook zinvol zijn? In eerste instantie wordt geacht om deze activiteit binnen Europa op te pakken via een COST-activiteit of een Thematisch Network.

14.35: Plenair evalueren van conclusies en discussie van de eerste vijf brainstormsessies (Ton Beenen)

De themaleiders presenteren kort (max. 5 minuten) de resultaten van hun brainstorm sessie. Dit doen ze door aan te geven wat het subdoel is, en verder geven ze aan wat hun thema verwacht van de andere thema's. Op deze wijze ontstaan 5 themabeschrijvingen die een onderlinge samenhang met elkaar vertonen. De routekaart zal zich nu duidelijker beginnen af te tekenen.

15.00: Inleiding voor opzet van projectindicaties

Aan de hand van de hiervoor geschetste vijf themabeschrijvingen zullen in de volgende sessie projectindicaties worden gemaakt voor 4-5 thema's. Er is een vrije sessie ingepland die desgewenst en naar aanleiding van de eerste brainstorm sessie gebruikt kan worden voor een nieuw thema of voor een bestaand thema waar veel aandacht voor is. Het resultaat van de sessies moeten projectindicaties worden waarbij aangegeven is wat het doel, de onderzoeksvragen, de input (wat moet bekend zijn), het resultaat, de partijen, de looptijd, de kosten, mogelijke financiers, e.d. zijn. Deze projectindicaties zullen in de toekomst

gebruikt worden bij het ontwikkelen van projecten. Daarom is het belangrijk om aan te geven welke actie of stap als eerste genomen moet worden! De deelname aan de tweede sessie is naar vrije keuze. De deelnemers zal gevraagd worden aan te geven of, in welke mate en met welke expertise de deelnemer aan een bepaald thema zal willen bijdragen. (Jos Balendonck)

15.20: Paralleldiscussies (6 t/m 10): Opzet projectindicaties

6: Vrije Sessie (Ton Beenen)

Afhankelijk van de resultaten van de eerste brainstorm sessies kan naar wens een vrije sessie georganiseerd worden.

7: Praktijk en ontwikkeling: Demoproject(en) (Jos Balendonck e/o Ton Beenen)

Op basis van de resultaten van de eerste sessies kan het demoproject in Ridderkerk verder ingevuld worden of kan er nagedacht worden over of er meer demo-projecten opgestart kunnen of moeten worden.

8: Technologie en Onderzoek: Sensoren (Frans Kampers)

Kansrijke ontwikkeling voor de nabije toekomst zullen geïdentificeerd moeten worden. Het is niet uitgesloten dat er meerdere trajecten mogelijk zijn, verschillende technieken voor verschillende stoffen. Federatie het Instrument (FHI-Amerfoort), vertegenwoordiger van MKB-Nederland voor sensortechnologie, heeft dit onderwerp tijdens de Sense of Contact 7 aangemerkt als een kansrijk initiatief en heeft toegezegd een pre-projectmanager aan te stellen die een project gaat ontwikkelen voor dit onderwerp. Op korte termijn zal daarvoor een aparte bijeenkomst belegd worden. Wat kunnen we deze pre-projectmanager aan kansrijke bagage meegeven?

9: Beleid en Strategie: Kwaliteit van regenwater (Bert Palsma)

Welk beeld/plan van aanpak hebben we bij het opstarten van beleid op 'sturen van regenwater'? Wanneer verschillende parameters gemeten kunnen worden in het regenwater is het nodig dat een beslissingsmodel wordt ontwikkeld om het regenwater te sturen, het vuile naar de RWZI en het schone naar het oppervlaktewater. Is het zinvol om ook de kwaliteit van instromend regenwater (dat wat uit de lucht valt...) en ontvangend (oppervlakte) water ook mee te nemen in de meet- en regelstrategie? Hoe betrekken we het beleid bij de demo? Kan dit thema in een project gevat worden en hoe organiseren we dat?

10: Informatiebehoefte: kennisuitwisseling en Europese dimensie (Floris Boogaard)

In een Europese werkgroep 'sturen van regenwater' kan het onderwerp veelzijdig worden belicht en kan kennis over onderzoek en inpassing van landelijk beleid binnen de EU worden uitgewisseld. Deze groep zou één tot twee maal per jaar bij elkaar kunnen komen.

16.20: Plenaire terugkoppeling van paralleldiscussies (Jos Balendonck)

17.00: Afsluiting

9.4.2 Deelnemers

		naam persoon	organisatie	"voor"	"actief"	typering 1	typering 2
F.C.		Boogaard	Tauw	10	10	kennis	advies
Peter		Ganzevles	Tauw	1	10	kennis	advies
W.J.P.		Worst	Grontmij	1	10	kennis	advies
Joop		Harmsen	Alterra	10	10	kennis	onderzoek
H.		Groen	WS Noorderzijvest	1	5	praktijk	waterschap
Wybren		Jouwsmma	Bronkhorst High-Tech	10	10	techniek	mkb
Frans		Kampers	Wageningen UR	10	10	kennis	onderzoek
Egbert		Baars	DWR	5	5	praktijk	gemeente
J.G.		Lensink	gem. Amersfoort	10	10	praktijk	gemeente
Pierre		Backx	Gem Roosendaal	10	10	praktijk	gemeente
Robert	van der	Veen	Koeners Instruments	10	10	techniek	mkb
Emo	van	Halsema	PRIVA Holding BV	1	10	techniek	mkb
M.J.G.		Kaats	WS Rijn en IJssel	1	10	praktijk	waterschap
M.R.	v/d	Velde	WS Reest en Wieden	1	10	praktijk	waterschap
Dianne		Slot	H van Rijnland	8	10	praktijk	waterschap
Jos		Nijhof	Inter Act BV	5	10	techniek	mkb
Michiel	de	Jong	Koenders Instruments	10	10	techniek	mkb
Ron		Niesten	TNO	10	10	kennis	onderzoek
Karel		Keesman	Wageningen UR MRS	10	10	kennis	onderzoek
Emiel		Dijkstra	Van Essen Instruments	10	10	techniek	mkb
Jan		Rutten	Hach Lange	10	10	techniek	mkb
R.W.		Verheul	Mierijmeteo + VBL	10	10	techniek	mkb
A.	van	Woerkom	Gem. Winterswijk	10	5	praktijk	gemeente
Michiel		Dumont	Dumont advies	10	5	kennis	advies
Robin		Bos	HHNK	8	10	praktijk	waterschap
Hans	van	Rheenen	Eijkelkamp	1	10	techniek	mkb
Jeroen		Stok	gem. Ridderkerk	1	10	praktijk	gemeente
Marcel		Grote Gansey	Sentron	1	10	techniek	mkb
Kees	van	Velzen	palmsens	5	5	techniek	mkb
Andre		Koelman	gem. Castricum	5	5	praktijk	gemeente
Erik		Enting	TNO	10	10	kennis	onderzoek
Rob		Veldkamp	TU Delft	10	10	kennis	onderzoek
T.A.	van	Beek	WUR	10	8	kennis	onderzoek
Joep	van den	Broecke	KIWA	10	1	kennis	onderzoek
Frank	de	Groot	Grodan	10	1	techniek	mkb

Routekaart: Monitoring en sturing afstromend regenwater

Probleemstelling:

Hierin moet vooral gekeken worden wat onze doelstellingen zijn voor over 2, 5, 10 en 15 jaar. Deze moeten zo concreet mogelijk (SMART) omschreven worden voor alle thema's: Beleid en Strategie, Praktijk en Ontwikkeling, Technologie en Onderzoek en de Informatiebehoefte. De routekaart beperkt zich niet tot techniek, ook implementatie van beleid en regelgeving in de praktijk is noodzakelijk. De resultaten worden gebruikt als uitgangspunt voor de opzet van (middel-)lange termijn projecten. Als uitgangspunt bij de opzet van de routekaart gaan we uit van de volgende mijlpalen¹¹:

2 jaar: Er is gedemonstreerd dat op basis van beschikbare technologie het mogelijk is om vervuiling van afstromend regenwater "on-line" aan te tonen.

5 jaar: Er is gedemonstreerd dat op basis van beschikbare technologie het mogelijk is om vervuiling van afstromend regenwater "on-line" aan te tonen met een zekerheid van 80%, en dat op basis daarvan regenwater actief gestuurd kan worden. Een definitie van vuil water (overstort normen) is bekend en geaccepteerd door het beleid.

10 jaar: Alle VGS zijn uitgevoerd met een sturing van regenwater gebaseerd op werkelijke waterkwaliteit. Sensoren voor het aantonen van vuil water met een zekerheid van 80% zijn beschikbaar in kleinschalige vorm en zijn betaalbaar. Het beleid heeft gedefinieerd op basis van welke monitoringssystemen (parameters) waterkwaliteit gemeten mag worden.

15 jaar: Al het afstromend regenwater wordt geloosd na monitoring van waterkwaliteit. Vervuild regenwater is aan te tonen met een zekerheid van meer dan 95%.

Te behalen hoofddoel over 2 jaar:

Het economisch perspectief voor monitoring en sturing van afstromend regenwater moet bekend zijn. Kosten-baten analyses moeten worden gemaakt.

Onderzoeksvragen:

- Wat verdient BV Nederland met monitoring door b.v. uitsparing van investeringen?
- Welk probleem willen we oplossen? => Waar meten, kijkend naar het effect. Vanuit de regeltechniek => zo dicht mogelijk bij de bron meten.
- Meer indicaties van mogelijkheden moeten worden nagegaan. Ook verder exerceren van toepassingsmogelijkheden. Welke types zijn er?

Eindproducten:

- Een aantal (b.v. 5) demo's moeten opgestart zijn voor de meest kanshebbende richtingen.
- Economische haalbaarheid (o.a. bredere toepassing van sensoren in waterketen).

¹¹ De mijlpalen moeten nog nader verfijnd worden.

Te behalen hoofddoel over 5 jaar:

Over 5 jaar is geïnventariseerd welke relevante parameters er zijn. Clusters van stoffen zijn bekend en dán duurt het nog eens 10 jaar om een sensor te ontwikkelen.

Te behalen doel over 15 jaar:

“Over 15 jaar wordt al het afstromend regenwater gestuurd op basis van monitoring en 95% van de vervuiling kan getraceerd worden.”

► 0% deelnemers mee eens

“Over 15 jaar wordt al het afstromend regenwater gestuurd op basis van monitoring.”

► Bijna iedereen is het ermee eens.

De indruk bestaat dat ons doel te ambitieus is. De routekaart moet een realistisch en scherper einddoel (over 15 jaar) hebben. Betere uitkristallisatie van de routekaart. In definitie van doelen concreter onderscheid: volume, soort stoffen, meetpunten. Doel is waterstroom naar de zuivering te beperken en daardoor ook “vuile” overstorten te voorkomen.

Aanvullingen en opmerkingen

- Eerst starten met demo-projecten, en blijven bijstellen van de routekaart.
- Routekaart moet er komen.
- Er is te weinig systeemkennis.
- Water door de buis wordt langzamerhand schoner en moet naar het opp. water (Beslisbomen).
- Systemen zijn/ worden ontkoppeld zonder monitoring.
- Waterkwaliteit => VGS redelijk/ goede kwaliteit naar zuivering. Hebben we het over VGS met klep of niet?

Stakeholders

Tauw: kennis/ ervaring/ netwerk/ projecten; **Grontmij:** kennis

Alterra: kennis mbt maken van keuzes; **WS Noorderzijlvest:** kennis

Bronkhorst high-tech: technologiekennis; **WUR:** organisatie en coördinatie van inspanningen

Acties en vervolg

- Intern communiceren over de projecten die worden opgezet.
- Probleemstelling verduidelijken en concretisering van doelen.

“Volgend jaar moet er weer een sessie komen over de voortgang van de opgezette demo.”

► 100% deelnemers mee eens.

Beleid & strategie kwaliteit van regenwater

Probleemstelling:

Op dit moment moeten we uitgaan van de Europese richtlijn stedelijk afvalwater (KRW) om vast te stellen wat vuil water is. Dit betreft een grote lijst van afzonderlijke (prioritaire) stoffen met elk hun eigen drempelwaarden. De vraag is echter: "Welke parameters moeten nu worden gemeten in het afstromende regenwater en wat zijn de drempelwaarden?". Komen al deze stoffen wel voor in het stedelijk regenwater? Zijn er definities vast te stellen voor de kwaliteit van het ontvangende water, en kunnen de normen voor overstortingen op basis van kwaliteit gedifferentieerd worden? Welk beeld/plan van aanpak hebben we bij het opstarten van beleid op 'sturen van regenwater'? Wanneer verschillende parameters gemeten kunnen worden in het regenwater is het nodig dat een beslissingsmodel wordt ontwikkeld om het regenwater te sturen, het vuile naar de RWZI en het schone naar het oppervlaktewater. Is het zinvol om ook de kwaliteit van instromend regenwater (dat wat uit de lucht valt...) en ontvangend (oppervlakte) water ook mee te nemen in de meet- en regelstrategie? Hoe betrekken we het beleid bij de demo?

Te behalen doel over 2 jaar

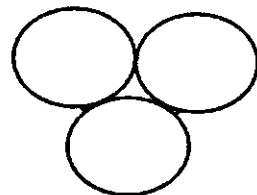
"We moeten ook proberen te meten bij andere systemen. Anticiperen op systemen waar nu aan wordt gewerkt. Regenwatersystemen, vuilwater systemen."

► Bijna 100% deelnemers mee eens.

Emissierelevante parameters vaststellen op basis van onderzoek in demo-projecten. Voor er sensoren worden ontwikkeld: inventariseer wat je kunt meten. Hoe vaak en hoe nauwkeurig.

Directe actoren en interactie met beleid in kaart brengen.

Maak definitie: wat is schoon water.



Eindproduct:

- Inventarisatie bestaande meettechnologie.

Onderzoeksvragen:

- Wat wil het waterschap, wat moet gestuurd worden?
- In kaart brengen van vlekkenplan (tekening met 4 rondjes), wat kunnen welke sensoren meten? Welke parameters moeten worden gemeten?
- Hoe erg is het nu dat verontreinigingen in het milieu terecht komen? In hoeverre is dit afhankelijk van de situatie en de achtergrond? Is een verschilmeting (van hemelwater tot grond/ in afvoerputje) acceptabel? Wat heeft de gemeente toegevoegd aan het originele hemelwater? Is het acceptabel dat een bepaald percentage niet wordt gemeten (van technologie)?

- Welke norm dienen we aan te voldoen? Uitgangspunt: natte/droge depositiestedelijk gebied (van informatie).
- Kunnen we een model bouwen dat vanuit enkele cruciale punten van meetinformatie wordt voorzien?; dit model stuurt wel alle procesbesturingen aan.
- Zijn er al historische data waarop we beleid kunnen bouwen, richting geven aan het onderzoek?
- Waar zijn de gemeenten in geïnteresseerd, zoals kostenbesparing op....
- Eerst op basis van labresultaten naar relaties gaan zoeken. Wel snel in de praktijk toetsen omdat sensoren zich in de praktijk anders gedragen.

Te behalen doel over 5 jaar

Uit de proefprojecten (meten en sturen) moet informatie komen waarop alle betrokken partijen hun beleid kunnen afstellen. Van beschikbare technologie moet aangetoond zijn met voldoende betrouwbaarheid wat deze kan. Verder moet er een eenduidige definitie komen van “schoon” water.

Eindproduct

- Beslismodel.
- Conclusies proefprojecten.
- Echte OAS.

Onderzoeksvragen

- Gedifferentieerde emissiereductie?
- Wat is wijsheid?
- Krijg je een fundament voor je beslissingen?
- Sturingsmogelijkheden, welke zijn er? Wat wil je sturen: buiten de bebouwde omgeving risico verminderen?

Discussie

Stapsgewijs implementeren.

In het verleden zijn rioolstelsels veranderd op basis van de mode, niet op basis van metingen of harde feiten. In de discussie is veel over strategie aan de orde gekomen en (bewust) weinig over beleid.

Informatie en kennis moet bij de demo gegenereerd worden. Volgen wat er gebeurt, wat de resultaten zijn en dan beslissen.

Bronbeleid: bestrijding bij de bron. Moet je daar mee bezig zijn?

Kunnen we wel beheren: er is personeelstekort waardoor 20% van de pompen in storing is. Strategie heeft al een aantal dingen weggezet.

Vragen komen wanneer veranderingen worden ingezet. Het moet gezien worden als verbeteringsmaatregel.

Stakeholders

Tauw: kennis/ ervaring/ netwerk/ projecten

Grontmij: kennis

WUR-Alterra: kennis mbt maken van keuzes

WS Noorderzijlvest: kennis

DWR: participatie in onderzoek wanneer doelstelling duidelijk genoeg is

Gemeente Amersfoort: evt. mogelijk demo in GS en VGS

Gemeente Roosendaal: mogelijk demo in Roosendaal

Koenders instruments: technologie, instrumentatie, algemeen monitoringssystemen, database van data; implementeren compleet monitoringssysteem incl. database; theoretische meetwens => concr.syst.=> telecomm.=> database management=> internet applicatie

Priva Holding BV: telemetrie, automatisering van sensoren, waterbehandeling, -zuivering

WS Rijn & IJssel: riolerings/ waterkwaliteitsbeleid

WS Reest en Wieden: kennis t.a.v. onderzoek en technologie, normen/ definiëring schoon water

Hoogheemraadschap van Rijnland: kennis (beleid en strategie)

WUR:

Acties en vervolg

Zet project op waarbij je kijkt wat gemeten kan worden, relevante parameters, clusters van stoffen en “hang” dit onder het demoproject.

Praktijk en ontwikkeling; demoproject

Probleemstelling:

De gemeente Ridderkerk wil graag starten met het monitoren van de kwaliteit van water. Hun doelstelling is om op termijn daadwerkelijk afstromend regenwater te gaan sturen op basis van kwaliteit. Ook het waterschap Hollandse Delta is gemotiveerd om een bijdrage hieraan te leveren. Het demoproject is vooral bedoeld om ervaring en kennis op te doen over het monitoren van regenwaterkwaliteit op basis van nu beschikbare technologie, maar moet open van opzet zijn, zodat technologie die beschikbaar komt in de toekomst meegenomen kan worden. De proeflocatie moet als één platform voor onderzoek, ontwikkeling en kennisoverdracht gaan functioneren. Er bestaan nog geen sensoren voor alle componenten uit de KRW. Van de waterschappen komen géén éénduidige richtlijnen tbv waterkwaliteit en –overstort.

Te behalen doel over 2 jaar

“1-5 demo’s moeten opgezet worden, niet alleen voor VGS maar ook in andere regenwatersystemen.”

► Bijna 100% deelnemers mee eens.

- Toepassen van bestaande sensoren en meetsystemen in combinatie met laboratoriumtechnieken. En daarbij bepalen wat haalbaar is met bestaande technologie.
- Ontwikkelen van prototypen van nieuwe sensoren, waarvan de technologie nu op de plank ligt (doel voor technologie en onderzoek).

Eindproduct:

- Demonstratie van bestaande meettechnologie. Uitsluitsel wat we met bestaande technologie niet kunnen meten (doel 50%-bepaling).
- Een overzicht van de meest belangrijke en meest voorkomende parameters gekoppeld aan de verschillende locaties in de gemeentes.
- Een verlanglijst van parameters welke op korte termijn beschikbaar zouden moeten komen (80%).
- Prototype sensoren beschikbaar (vanuit thema technologie en onderzoek).

Onderzoeksvragen:

- We weten dat er onbekende stoffen zijn die ‘zweven’ en troebelheid geven. Kunnen we dit gegeven gebruiken om deze stoffen te detecteren op basis van standaard beschikbare sensoren zoals bv. EC of pH?
- Zijn de data die we verzamelen betrouwbaar, en kunnen uitbijters gedetecteerd worden?
- Welke parameters zijn met elkaar gecorreleerd?
- Kan meettechnologie ingezet worden om verkeerde aansluitingen op te sporen (van beleid)?
- Bestaande meettechniek inzetten en meetresultaten evalueren a.d.v. lab-metingen.
- Zijn bestaande sensoren praktisch toepasbaar (agressieve omgeving, sampling e.d.)?

Te behalen doel over 5 jaar

- Minimaal 5 pilot projecten in uitvoering hebben (gehad) bij gemeentes.
- Het praktisch geschikt maken of aanpassen van monitoringstechnologie (sensoren en modellen) om een groot deel van de vervuiling te kunnen detecteren (doel: 80%) op basis van nu bestaande en beschikbare technologie.
- Het testen en demonstreren (en evt. praktijkgeschikt maken) van sensoren (of prototypen daarvan) die nu nog niet te koop zijn en door techniek en onderzoek ontwikkeld worden in de komende jaren. Te denken valt daarbij aan de toxiciteitmeting die nu alleen maar in het laboratorium als duur apparaat gebruikt kan worden. Ook biologische activiteit in water komt daarvoor in aanmerking. Doel is om daarmee tot 95% van de vervuiling te kunnen detecteren.
- Het demonstreren van actieve sturing van regenwater op basis van beschikbare technologie (doel 80%).
- Een duidelijke visie of actieve sturing zinvol ingevoerd kan worden.
- Een duidelijk antwoord op de vraag wat kunnen we nu meten, en welke technologie moet er nog beschikbaar komen (onderbouwd met een technische en economische haalbaarheid).

Eindproduct

- Demonstratie van monitoring en sturing van afstromend regenwater op basis van on-line monitoring bij 5 demo-projecten.
- Bouwen van een uniform model voor de sturing van de processen gebaseerd op statistische data van het meetnet
- Terugblik op wat gemeten is en of dit voldoende betrouwbaar is geweest.
- Een verlanglijst met sensoren voor 95%.

Onderzoeksvragen

- Is het mogelijk dat over vijf jaar geconcludeerd kan worden dat eenvoudige metingen zoals troebelheid voldoende zijn?
- Schaalgrootte: sensoren op welke plaats?
- Wat kosten de systemen en hoe robuust zijn deze?
- De emissierelevante (groepen van) stoffen moeten worden vastgesteld en daar moet in eerste instantie aan worden gemeten (oplosbaarheid van stoffen, hoe hechten stoffen?).
- Wat is de bufferende capaciteit van vervuilingen?
- Wat is de levensduur van een sensor?

Discussie

- - Focus lag heel erg op sturen, niet op meten. Er wordt niet gestuurd op processen.
- - Regenwatersystemen; regenwaterzuivering
- - Marktvraag: Wie is de klant, wat is het budget van de pilot?
- - Praktijkervaringen op diverse vlakken? Onderhoud/beheer (lab-on-a-chip).
- - Rendementen van behandeling regenwater, ervaringen.

Stakeholders

Tauw: kennis/ ervaring/ netwerk/ projecten

Grontmij: kennis

DWR: participatie in onderzoek wanneer doelstelling duidelijk genoeg is

Gemeentes: Amersfoort, Castricum, Ridderkerk, Roosendaal, Winterswijk*: demo

Koenders instruments: technologie, instrumentatie, algemeen monitoringssystemen, database van data; implementeren compleet monitoringssysteem incl. database; theoretische meetwens => concr.syst.=> telecomm.=> database management=> internet applicatie

Priva Holding BV: telemetrie, automatisering van sensoren, waterbehandeling, -zuivering

Inter Act BV: telemetrie, database, internet

TNO: kennis, kunde inbrengen tijdens uitvoering demo (of definitie)

WUR Meet- en regelsystemen: bijdrage onderzoeksvoorstellen, inzetten AIO'er, projectleiding, analyse meetgegevens

Van Essen instruments: instrumenten, kennis

Hach Lange: levert apparatuur, heeft R&D op gebied van sensoren, is een wereldwijd bedrijf

Mierijmeteo +VBL: levert standaard sensoren, ontwikkeling nieuwe technieken, demo ondersteuning bij de gebruiker; mogelijkheid om in te koppelen op centrale database> internet

Dumont advies: subsidie verwerving op meer terreinen: bij- voor gemeenten en demo's

Hollands Noorderkwartier: pilot Castricum en Wieringermeer; mogelijkheden voor budget, middelen

Eijkelkamp: leveren van instrumenten/ prototypen

Sentron: korte termijn: instrumenten, prototype, kennis, pH metingen evt. ionselectief m.n. kennis

* afhankelijk van doelstelling in relatie tot rioleringsysteem

Acties en vervolg

1-5 demo's opzetten komende twee jaar. Geïnteresseerde gemeentes:

- Ridderkerk (hier loopt al een overleg, volgende afspraak met Waterschap is gepland eind mei)
- Roosendaal (hebben aangegeven wellicht in gescheiden stelsels te gaan meten en de klep-optie als end-of-pipe oplossing te willen bekijken als extra optie).
- Castricum (heeft onderzoeksbudget, en gaat zeker verder met de problematiek. Nog niet helder in welke vorm actieve sturing hier zinvol is. Wil zeker een gesprek).
- Amersfoort
- Winterswijk (evt.)

Technologie en onderzoek sensoren

Probleemstelling

Hoever kunnen we komen om op basis van nu beschikbare sensoren iets te zeggen over de waterkwaliteit? We gaan bij het zoeken er vanuit dat we daarbij de huidige definities (KRW) van “schoon” water gebruiken. Als uitgangspunt zullen meegenomen worden de resultaten van het vooronderzoek. Deze resultaten moeten gepresenteerd worden in drie categorieën: nu beschikbaar, beschikbaar over 5 jaar, beschikbaar over 10 jaar. Verder moet daarbij aangegeven worden wat we moeten doen (ontwikkeling, onderzoek) om e.e.a. te realiseren. Het betreft hier de sensoren die nu op de plank liggen en in de toekomst ontwikkeld kunnen worden bij onderzoekscentra, universiteiten en bedrijven. Welke kansrijke technieken zitten hier tussen? Kunnen we hiermee nog beter vuil water aantonen? Hoe kunnen we zware metalen, PACs en bestrijdingsmiddelen meten? Welke mogelijkheden zijn er voor lab-on-a-chip? Wat zijn de mogelijkheden voor een biologische sensor?

Voor de volksgezondheid (en koeien)/ milieu is het van belang dat schadelijke bacteriën (afkomstig van honden/ katten) en medicijnresten worden gedetecteerd. Incidentie ziekte van Weil: 10 – 15 personen ziek na zwemmen in opp. water. In ondiep water komt botulisme voor.

Te behalen doel over 2 jaar

Subdoel:

- Inventariseren wat beschikbaar is aan technologie om relevante parameters te meten. Opgesplitst in categorieën: nu beschikbaar, op de plank, en niet beschikbaar en nog te ontwikkelen in fundamenteel onderzoek. (Nader uitwerken van resultaten uit voorstudie).
- Inzetten bestaande technologie in demoprojecten.
- Identificeren van basale techniek die iets zinnigs zegt over waterkwaliteit.
- Ontwikkelen van prototypen voor demoprojecten (2-5 jaar) op basis van kansrijke technologieën die op de plank liggen.
- Over twee jaar weten we wat we tekort komen (vanuit demo-projecten).

Eindproduct:

- Prototype meetapparatuur die (binnen acceptabele meettijd) een aantal (belangrijkste elementen) parameters meet (troebelheid, EC, een aantal zware metalen, aantal organische contaminanten).
- Een dubbele meetstrategie: ontwikkel een techniek (b.v. op basis van troebelheid) om gevoelige sensoren te beschermen door deze pas in te schakelen als het water voldoende “schoon” is. Heel vuil water: dat leidt je niet langs gevoelige, maar langs robuuste sensoren. Eerst wanneer troebelheid minder wordt volgt de tweede meting of water schoon is => dan langs de gevoelige sensoren.
- Marktanalyse.

Onderzoeksvragen:

- Wat/hoe meten rivierwaterstations/ RWZI / drinkwaterbedrijven?
- Wat is er mis met het regenwater als vissen dood zijn gegaan?

Te behalen doel over 5 jaar

“Over 5 jaar zijn 5 –10 sensoren geïdentificeerd. Waarmee “rode vlekken” bepaald kunnen worden.”

► 33 -50% deelnemers mee eens.

- Een groot gedeelte (bv 50%) van KRW-parameters kunnen meten met beschikbare sensoren.
- Meettechnologie gedemonstreerd hebben om 80% van de vervuiling te kunnen bepalen.
- Bepalen welke meetprincipes binnen de gestelde termijn (15 jaar) tot praktische sensoren kunnen leiden om “schoon” water te bepalen (de witte vlekken invullen).
- Prototype sensoren geschikt maken voor de praktijk, gericht op de meest belangrijke parameters.

Eindproduct

- Lijst van 7-10 parameters die 80% relevante ‘schoon water’ bepaling geeft, en een lijst van stoffen welke nog te bepalen zijn.
- Gedemonstreerde meettechnologie voor 80%.
- Economische en technische haalbaarheid van “witte vlekken” sensoren.

Onderzoeksvragen:

- Uitgangspunt is de waterkwaliteit (thema kwaliteit).
- Bepaalde goed gekozen parameters leveren een fingerprint van de waterkwaliteit. at kunnen we met fingerprinting, bijvoorbeeld met licht? Precies en smal of grof maar breed (spectraal toxiciteit).
- In welke stromen moet gemeten worden?
- Hoe lossen we de packaging van sensoren van sensoren op?
- Welke snelheid van meten is wenselijk? De snelheid van meten moet hoger dan nu vaak bij labanalyses beschikbaar is. Snelheid van meting gaandeweg opvoeren van een uur, via een kwartier naar minuten.
- De meting moet eenvoudiger worden.
- Op zoek naar de “schoon water” sensor.
- Goedkoop, robuust en nauwkeurig meetsysteem.
- Toxiciteit, biologische activiteit, wat is de bruikbare levensduur?
- Er is meer kennis van onbekende stoffen gewenst zoals over medicijnresten, ontlasting van dieren en de meetbaarheid daarvan. Wat is er mogelijk?

- Door logisch redeneren is veel te vinden. Er is een model te ontwikkelen waarmee over de parameters gemeten kan worden. Model moet met metingen worden gevoed.

Discussie

- Bestaande kwaliteitsmetingen moeten worden ingezet.
- Een en ander moet doelmatig en zorgvuldig gebeuren.

Stakeholders

Tauw: kennis/ ervaring/ netwerk/ projecten

Grontmij: kennis

Bronkhorst high-tech: technologiekennis, m.n. sensoren

WUR nanotechnologie: organisatie en coördinatie van inspanningen

Koenders instruments: technologie, instrumentatie, algemeen monitoringssystemen, database van data; implementeren compleet monitoringssysteem inclusief database; theoretische meetwens => concrete systemen => telecommunicatie => database management=> internet applicaties.

Priva Holding BV: telemetrie, automatisering van sensoren, waterbehandeling, -zuivering.

TNO: kennis, kunde inbrengen tijdens uitvoering demo (of definitie), ontwikkelen van sensor (platform, sensorcommunicatie (draadloos)).

WUR Meet- en regelsystemen: bijdrage onderzoeksvoorstellen, inzetten AIO'er.

Van Essen instruments: instrumenten, kennis.

Hach Lange: levert apparatuur, heeft R&D op gebied van sensoren, is een wereldwijd bedrijf.

Mierijmeteo +VBL: levert standaard sensoren, ontwikkeling nieuwe technieken, demo ondersteuning bij de gebruiker; mogelijkheid om in te koppelen op centrale database> internet.

Dumont advies: subsidie verwerving op meer terreinen: bijvoorbeeld bij gemeenten en demo's.

Eijkelkamp: leveren van instrumenten/ prototypen.

Sentron: korte termijn: instrumenten, prototype, kennis, pH-metingen evt. ionselectief m.n. kennis.

Palmsens: meten zware metalen en bijv pesticiden met sensoren op basis waarvan prototype on-line analyzer kan worden ontwikkeld.

WUR organische chemie: meedenken, evt. ontwikkelen on-line meting organische contaminanten.

KIWA: kennis van sensoren en andere werkvelden zoals drink – en opp. water, analyse meetuitkomsten correleren.

Acties en vervolg

- Afspraak maken met FHI en Dumont-advies over preprojectmanagement.
- Bijeenkomst organiseren met geïnteresseerde stakeholders (Dumont Advies).

Informatiebehoefte en kennisuitwisseling (Europese dimensie)

Probleemstelling

Binnen dit thema zal vooral worden nagedacht over het opzetten van een kennisdatabank. Mogelijk is bijvoorbeeld het ontwikkelen en onderhouden van een database waarin alle analysegegevens worden opgeslagen en beheerd. De verzamelde gegevens zijn waardevol en kunnen voor meerdere doeleinden worden gebruikt. Door ze in een database te verzamelen en via internet beschikbaar te maken, krijgen ze een grotere waarde voor beleid, praktijk en onderzoek. In een Europese werkgroep 'sturen van regenwater' kan het onderwerp veelzijdig worden belicht en kan kennis over onderzoek en inpassing van landelijk beleid binnen de EU worden uitgewisseld. Deze groep zou één tot twee maal per jaar bij elkaar kunnen komen.

Te behalen doel over 2 jaar

“In een demo moeten stoffen worden geïnventariseerd.”

► 55% (iets meer dan de helft) deelnemers mee eens.

- Stakeholders: gemeenten, Waterschap, rijk (alle), commerciële bedrijven in kaart brengen.
- Inzicht in wat je wil meten/ kwaliteitsinzicht regenwater/ bronnen/ routes van de verontreiniging.
- 'state of the art' beschikbare kennis op Europees niveau.
- Bundelen van alle beschikbare kennis (o.a. kwaliteitsmetingen en parameters) zodat gefundeerde analyses daarop uitgevoerd kan worden.
- Uitdragen van de routekaart en alle daarbijbehorende activiteiten. Gemeenten informeren over de werkzaamheden van deze pilot

Eindproduct:

- Een database met daarin: 'welk onderzoek is gedaan en waar kan ik het vinden'
- Een database regenwaterkwaliteit centraal opgeslagen en vrij toegankelijk: welke stoffen komen waar en wanneer voor?
- Database: Welke technologie voor monitoring en sturing is beschikbaar? Alle relevante parameters aangeven waaronder het toepassingsgebied.
- Nationale Website waar bovenstaande data in vermeld staat beschikbaar.

Onderzoeksvragen:

- Welke behoefte is er?
- Wat is acceptabel?
- Welk toepassingsgebied heeft regenwatersturing (waar sturen/wanneer niet)
- Is sturing kosteneffectief?
- Welk effect heeft regenwatersturing op de gehele keten?

- Wat is het aandeel van regenwater op totaal **KRW** op totale vuillast?

Te behalen doel over 5 jaar

- Terugkoppeling en informatievoorziening naar stakeholders.
- Essentie scheiden.
- De definitie van “schoon” water kan hierdoor scherper worden gesteld.

Eindproduct:

- Flexibel en interactief eindproduct ‘state of the art’ ‘website’ met database (op Europees niveau?).
- Wijzigingen: doelen / beleid/ omgeving/ (klimaat) / beleving/ scenario’s / volksgezondheid / = kennisbehoefte.

Onderzoeksvragen:

- Welke sensoren hebben we?
- Welke stoffen: nauwkeurigheid, kosten? Verzamelen van data (on-line metingen, losse samples, verschillende meetsystemen) in een –overkoepelende- database waaruit blijkt aan welke sensoren behoefte is. Deze data zijn voor een brede groep beschikbaar, hierdoor kunnen meerdere expertisegroepen hier simultaan aan werken en correlaties vaststellen. Causale verbanden zijn er nog niet dus voorzichtig zijn met correlaties leggen.
- Data van afstromend hemelwater oppervlakte waterkwaliteit doelen/gegevens. Vormt de kwaliteit van het oppervlaktewater een aparte categorie?
- Ruwe data moeten ook worden opgeslagen zodat achteraf correctie mogelijk is. Alle data moeten op validiteit worden gecontroleerd o.a. door labmetingen. De kwaliteit van de metingen moet dermate goed zijn dat hierop verantwoord het proces kan worden gestuurd.
- Hoe representatief is een meting voor de gehele omgeving in welke mate verstoort de meting de lokale toestand?
- Wat zijn de gewenste meetgrootheden voor de gemeenten, de waterschappen, rijkswaterstaat en drinkwaterinstituten?
- Welke projecten lopen er al (bij de gemeenten) en kunnen deze meegenomen worden?

Discussie

- Nederlandse stakeholders zijn bekend: gemeentes, waterschappen, rijk, onderzoek
- Database moet in er ieder geval komen (W. Worst).

Stakeholders

Tauw: kennis/ ervaring/ netwerk/ projecten

Grontmij: kennis

DWR: participatie in onderzoek wanneer doelstelling duidelijk genoeg is

Waterschap Rijn en IJssel: riolerings-/waterkwaliteitbeleid

Koenders instruments: technologie, instrumentatie, algemeen monitoringssystemen, database

van data leveren; implementeren compleet monitoringssysteem incl. database; theoretische meetwens => concr.syst.=> telecomm.=> database management=> internet applicatie

Hach Lange: levert apparatuur, heeft R&D op gebied van sensoren, is een wereldwijd bedrijf

Mierijmeteo +VBL: levert standaard sensoren, ontwikkeling nieuwe technieken, demo ondersteuning bij de gebruiker; mogelijkheid om in te koppelen op centrale database> internet

Hollands Noorderkwartier: pilot Castricum en Wieringermeer; mogelijkheden voor budget, middelen.

TU-Delft: ontwikkelen van database.

WUR: ...

TOR: ...

KU Leuven: ...

Acties en vervolg

Database (inter-) nationaal opzetten: KU Leuven en TU Delft zijn bezig met een database op het gebied van samenstelling en kwaliteit.

9.5 Overzicht monitoringsprojecten in Nederland 29 juli 2004, Floris Boogaard (Tauw)

Project continue meting waterkwaliteit	Gemeten afvalwater-stroom	Meting	Doel	Sturing op kwaliteit?	Rapportage
Monitorings programma's					
Heeg	Dwa/rwa	Zuurstof. Geleidbaarheid Plan: N,P, Ph Verificatie met steekmonsters	Bepalen praktische toepasbaarheid doorspoelplannen	Nee, wel de opzet. Wel op kwaliteitsniveau	Concept, Tauw
Amsterdam	rwa	Troebelheid	Bepaling effectiviteit smart drain stelsel	Nee, wel kwantitatief	Concept, divr/Tauw
Wormer/Bergen	Dwa/rwa	Temperatuur	Bepaling overstortfrequenties rioolstelsel en evt foutieve aansluitingen	Nee	Eerste kwantitatieve resultaten beschikbaar, Tauw
Castricum	Dwa/rwa	Troebelheid		Nee	Concept, gemeente (Tauw in begeleidingscommissie)
Stolwijk	Dwa/rwa	Troebelheid		Nee	Voltooid, Arcadis
Delft	Dwa/rwa	Troebelheid		Nee	Voltooid, TU Delft
Zuiveringen, diversen	Dwa/rwa	Diversen parameters		Nee/...	diversen
Kort durende proeven					
Adam,	Dwa/rwa	zuurstof	Toepasbaarheid continue zuurstofmetingen in riolering	Nee	
Laboratorium	dwa	zuurstof	Peroxide proef, ter bepaling of zuurstofverhoging dmv peroxide een alternatief is voor doorspoelen	Nee	Notitie, Tauw/xxx
Kampen	Dwa/rwa	Temperatuur, zuurstof,	Bepaling schuld van rioolschade en handhaving op kuzingseisen	Nee	Tauw
	Oppervlaktewater	Biologische monitoring dmv mosselen	Inname drinkwater bescherming	Ja

9.6 Kwaliteit hemel- en afstormend regenwater (uit: Boogaard, de Jong, 2002, NW4, Rioned 2002 [2])

vetgedrukt is overschrijding van streefwaarde voor grond en/of oppervlaktewater; rood afgedrukt is overschrijding van de MTR-waarde

Stof	Gem. landelijk gebied (ug/l)	Gem. stedelijk gebied (ug/l)	Gem. Daken (ug/l)	Gem. Wegen (ug/l)	Gem. Gemengd (ug/l)	Min/max Overig (ug/l)	Min/max Riool (ug/l)	Min/max (ug/l)	Streefwaarde landelijk Oppervlakte water (opgelost) ug/l	MTR Oppervlakte water (opgelost) ug/l	Streefwaarde grondwater opgelost ug/l
METALEN											
Arsen (As)		0.71	0.93	0.75	8.81	2 - 5	4.35	0.03 - 220	1	25	7.2
Cadmium (Cd)	0.164	0.22	0.37	0.75	0.25	1 - 3.4	0.2 - 9.6	0 - 9.6	0.08	0.4	0.06
Chroom (Cr)	0.061	1.31	3.40	12.59	8.51	15 - 55	7.2 - 31	0.061 - 340	0.3	8.7	2.5
Koper (Cu)	1.773	14.51	39.98	42.55	33.90	15 - 115	6.7 - 113	1.773 - 500	0.5	1.5	1.3
(anorganisch) Kwik (Hg)		0.05	0.03	0.40	0.08	0.5 - 0.7	0.06 - 43.1	0.01 - 43.1	0.01	0.2	0.01
Lood (Pb)	3.292	8.09	260.43	32.42	38.63	1 - 1000	6.6 - 162	0.9 - 1400	0.3	11	1.7
Nikkel (Ni)	0.809	1.26	3.25	6.16	6.36	13 - 50	4.7 - 24	0.01 - 130	3.3	5.1	2.1
Ijzer (Fe)	43.9							43.9			
Zink (Zn)	12.64	41.24	617.25	164.68	215.86	50 - 2483	11.9 - 3589	3 - 3589	2.9	9.4	24
Calcium (Ca)	314							314			
Kalium (K)	173							173			
Magnesium (Mg)	222							222			
Natrium (Na)	1733							1733			
Vanadium (V)	1.516							1.516			

Stof	Gem. landelijk gebied (ug/l)	Gem. stedelijk gebied (ug/l)	Gem. Daken (ug/l)	Gem. Wegen (ug/l)	Gem. Gemengd (ug/l)	Min/max Overig (ug/l)	Min/max Riool (ug/l)	Min/max (ug/l)	Streefwaarde landelijk Oppervlakte water (opgelost) ug/l	MTR Oppervlakte water (opgelost) ug/l	Streefwaarde grondwater opgelost ug/l
ORGANISCHE VERBINDINGEN											
PAK											
Naftaleen	0.06	0.06	0.18	0.65	0.08	0.05 - 0.1		0.004 - 2.7	0.01	1.2	0.01
Fenantheen	0.06	0.06	0.04	0.20	0.16	0.06 - 1.3		0.0008 - 1.3	0.003	0.3	0.003
Anthraceen	0.01	0.01	0.01	0.06	0.02	0.01 - 0.15		0 - 0.45	0.0008	0.08	0.0007
Fluorantheen	0.12	0.09	0.09	1.32	0.41	0.08 - 8.8		0.004 - 8.8	0.005	0.5	0.003
Benzo(a)anthraceen	0.03	0.03	0.02	0.33	0.09	0.05 - 1.5		0.0037 - 1.9	0.0003	0.03	0.0001
Chyseen	0.04	0.04	0.03	0.57	0.15	0.05 - 1.4		0.0048 - 3.1	0.009	0.9	0.003
Benzo(k)fluorantheen	0.02	0.02	0.02	0.21	0.06	0.07 - 1		0.002 - 1.2	0.002	0.2	0.0004
Benzo(a)pyreen	0.03	0.03	0.03	0.36	0.09	0.06 - 0.7		0.003 - 1.8	0.002	0.2	0.0005
Benzo(g,h,i)pyreen	0.02	0.02	0.02		0.13	0.1 - 0.7		0.002 - 1.4	0.005	0.5	0.0003
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0.03	0.03	0.03	0.30	0.13	0.07 - 0.7		0.002 - 1.8	0.004	0.4	0.0004
Acenaftheen	0.01	0.01	0.01		0.49	0.25 - 0.3		0.002 - 16			
Fluoreen	0.01	0.01	0.01		0.01	0.01 - 0.4		0.002 - 0.4			
Acenafthylloen						1.3		1.3			
Pyreen	0.03	0.03	0.03		0.02	0.05 - 11		0.009 - 11			
Benzo(b)fluorantheen	0.02	0.02	0.03		0.16	0.15 - 0.9		0.0034 - 1.8			
Dibenzo(a,h)anthraceen	0.01	0.01	0.01		0.02	0.06 - 0.7		0.002 - 0.7			
PAK (6) - totaal						0.13 - 5.5		0.13 - 5.5			
PAK(10) - totaal		0.57	0.03	0.92		0.03 - 5.3		0.03 - 5.3			
PAK (16) - totaal						0.23 - 28		0.23 - 28			
PCB's (-n)											4 ug/kg d.s.
Minerale olie											50
NUTRIËNTEN + ZOUTEN + OVERIG											
Chloride (Cl) mg/l	3.056							3.056		200	100
Fluoride (F) mg/l	0.017							0.017		1.5	0.5
Ammonium (NH4) mg/l	1.394						0.001 - 0.005	0.001 - 1.394			

Stof	Gem. landelijk gebied (ug/l)	Gem. stedelijk gebied (ug/l)	Gem. Daken (ug/l)	Gem. Wegen (ug/l)	Gem. Gemengd (ug/l)	Min/max Overig (ug/l)	Min/max Riool (ug/l)	Min/max (ug/l)	Streefwaarde landelijk Oppervlakte water (opgelost) ug/l	MTR Oppervlakte water (opgelost) ug/l	Streefwaarde grondwater opgelost ug/l
Nitraat (NO ₃) mg/l	2.295							2.295			
Sulfaat (SO ₄) mg/l	2.950							2.950		100	150
Orthofosfaat (PO ₄) mg/l	0.0386						0.003 - 0.0048	0.0003 - 0.0386			
Stikstof (Kjedadhl) mg/l N						0.9 - 9.6	1.9 - 15.2 49 (gem influent RWZI)	0.9 - 15.2	1	2.2	
Ammoniak (mg N/l)										0.02	
Ammonium (NH ₃) mg/l N								1.20			2.0/10
Nitraat mg/l N								0.86			5.6
Fosfaat tot mg/l P							7.8 (gem influent RWZI)	0.30	0.05	0.15	0.4/3
BZV mg/l						1 - 46	2.5 - 124.4 199 (gem Inf RWZI)	1 - 124.4			
CZV mg/l O ₂						14 - 820	35.9 - 389 0-3500 (vir), 0-1500 (overstort) 528 gem inf RWZI	14 - 389			

Stof	Gem. landelijk gebied (ug/l)	Gem. stedelijk gebied (ug/l)	Gem. Daken (ug/l)	Gem. Wegen (ug/l)	Gem. d (ug/l)	Min/max Overig (ug/l)	Min/max Riool (ug/l)	Min/max (ug/l)	Streefwaarde landelijk Oppervlakte water (opgelost) ug/l	MTR Oppervlakte water (opgelost) ug/l	Streefwaarde grondwater opgelost ug/l
Olie (GS) mg/l						0.3 - 9.3		0.3 - 9.3			
SS mg/l						4.4 - 456		4.4 - 456			
SOS mg/l						0.7 - 154.5		0.7 - 154.5			
N-totaal mg/l							3.65	3.65			
dr-rest mg/l							29.2 - 415	29.2 - 415			
EOX											
VOX										5	
ETU										0.005	
Temperatuur (oC)										25	
Zuurstof (mg/l)										5	
Zuurgraad (pH)										6.5 - 9	
Doorzicht (z, meter)										0.4	

9.7 Prioritaire stoffen KRW

1,2-dichloorethaan
alachloor
antraceen
atrazine
benzo(a)pyreen
benzeen
benzo(k)fluorantheen
C10-13 chlooralkanen
cadmium
chloorfenvinos
chloorpyrifos
DEHP
dichloormethaan
diuron
endosulfan
fluorantheen
gebromeerde difenylethers
hexachloorbutadien
hexachloorcyclohexaan
hexachloorbenzeen
isoproturon
kwik
lood
naftaleen
nikkel
nonylfenolen
octylfenolen
PCP
pentachloorbenzeen
simazine
tributyltinverbindingen
trichloorbenzeen
trichloormethaan
trifluralin

9.8 KRW-overige stoffen¹²

1,1,2-trichloortrifluorethaan	azinfos-ethyl	indeno(1,2,3,c,d)pyreen
1,1-dichloorethaan	azinfos-nethyl	isodrin.pdf
1,2-dichloor-4-nitrobenzeen	barium	isopropylbenzeen
1,1,1-trichloorethaan	bentazon	koper
1,1,2,2-tetrachloorethaan	benzo(b)fluorantheen	lindaan
1,1,2-trichloorethaan	benzogh)peryleen	linuron
1,1-dichlooretheen	beryllium	malathion
1,2,4,5-tetrachloorbenzeen	bifenyhl	maneb
1,2,4-trichloorbenzeen	borium	MCPA
1,2-dibroomethaan	carbendazim	MCPP
1,2-dichloorbenzeen	chloorazijnzuur	methamidofos
1,2-dichlooretheen	chloorbenzeen	metolachloor
1,2-dichloorpropan	chloordaan	metribuzin
1,3-dichloor-2-propanol	chlooretheen	mevinfos
1,3-dichloorbenzeen	chloornaftaleen	molybdeen
1,3-dichloorpropeen	chloornitrotolueen	monolinuron
1,4-dichloorbenzeen	chloortolueen	omethoaat
1-chloor-2,4-dinitrobenzeen	chloortoluidinen	oxydemoton
1-chloor-2-nitrobenzeen	chloortoluron	parathion
1-chloor-3-nitrobenzeen	chloralhydraat	PCB101
1-chloor-4-nitrobenzeen	chroom	PCB118
1-chloornaftaleen	chryseen	PCB138
2,4,5-trichloorfenoxazijnzuur	cobalt	PCB153
2,4-dichloorfenoxazijnzuur	cumafos	PCB180
2,3-dichloorpropeen	DDT	PCB28
2,4,6-trichloor-1,3,5-triazine	demeton	PCB52
2,4-dichloorfenol	dibutyltinoxide	PCDD
2-amino-4-chloorfenol	dibutyltinzouten	propanil
2-chlooraniline	dichlooraniline	pyrazon
2-chloor-butadieen-1,3	dichloorbenzidinen	seleen
2-chloorethanol	dichloordiisopropylether	sulfaat
2-chloorfenol	dichloornitrobenzeen	tetrabutyltin
2-chloortoluidine	dichloorprop	tetrachlooretheen
2-chloortolueen	dichloortolueen	tetrachloorkoolstof
3-chlooraniline	dichloorvos	thallium
3-chloorfenol	dieldrin	thiram
3-chloorpropeen	diethylamine	titanium
3-chloortolueen	dimethoaat	tolueen
4,4-diaminodifenyyl	dimethylamine	triazofos
4-chloor-2-methylfenol	disulfoton	tributylfosfaat
4-chloor-2-nitroaniline	drins	trichlooretheen
4-chloor-2-nitrotolueen	endrin	trichloorfenolen
4-chlooraniline	epichloorhydrine	trichloorfon
4-chloorfenol	ethylbenzeen	trifenyltinchloride
4-chloortolueen	fenantreen	trifenyltinhydroxide
aldicarb	fenitrothion	uranium
aldrin	fenthion	xyleen
antimoon	foxim	zilver
AOX	heptachloor	zineb
arseen	hexachloorethaan	zink

¹² Deze stoffenlijst is voorlopig.

9.9 Symbolen, begrippen en terminologie

Afkoppelen – Het scheiden van de regenwater- en afvalwaterstromen

Afstromend regenwater – Regenwater dat na een bui van een oppervlak afstroomt

AWZI - Afvalwaterzuiveringsinstallatie

BBB – Bergbezinkbassin

BBL - Bergbezinkleiding

BOD – Biological Oxygen Demand (NL: BZV)

BRP – Basis Rioleringsplan

BTEX - Acroniem voor benzeen, toluen, ethylbenzeen, and xyleen.

BZV – Biologisch Zuurstofgebruik (Eng: BOD)

CCD – Charged Coupled Devices (beeldsensor voor camera's zowel 1D als 2D)

COD - Chemical Oxygen Demand (Eng: CZV)

CTD – Productcode voor Diver-range van Schlumberger

CWO – Ministerie van Cultuur, Wetenschap en Onderwijs

CZV – Chemisch Zuurstofgebruik (NL: COD)

Dg - detectiegrens

DWA – droogweerafvoerriool (vuil water)

DO – Dissolved Oxygen

DOC – Dissolved Organic Carbon

Effluent – uitstromend water uit een filter of zuiveringsinstallatie

EC – Electric Conductivity (Elektrische Geleidbaarheid)

EU – Europese Unie

FHI – Federatie Het Instrument (Branche vereniging meetapparatuur en instrumentatie)

GS – Gescheiden Stelsel

HWA – hemelwaterafvoer

ICT – Informatie en Communicatie Technologie

Influent – afstromend water uit het regenwaterriool

ISE – Ion Specifieke Elektrode

ISFET – Ion Specific Field Effect Transistor

KRW – Kader Richtlijn Water (Europese Richtlijn)

LC-MS - Liquid Chromatography Mass Spectroscopy

MEP/GEP - Maximale en Goede Ecologische Potentiëlen

MIR - KRW werkgroep Monitoring

Informatievoorziening en Rapportage

LDO – Luminescent Dissolved Oxygen

LIFE – Subsidiefonds LIFE-Milieu

MKB – Midden en Klein Bedrijf

MTR – Maximaal Toelaatbaar Risico

N-Kj – Stikstof volgens Kjeldhal

NMP-3 – Derde Nationaal Milieu Beleidsplan

NN – Neurale Netwerken

NO_x - Verzamelnaam voor verbindingen tussen stik- en zuurstof

NWO – Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

NWRW – Nationale Werkgroep Riolerings en Waterkwaliteit

NW4 – Vierde Nota Waterhuishouding

OAS – Optimalisatie Afvalwatersysteem Studie

O&O – Onderzoek en Ontwikkeling

PAK's – Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen

POC - Pompoevercapaciteit

POP – Persistent Organic Pollutants (Persistente Organische Stoffen)

RIKZ - Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee

RIZA - Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

RWA – Regenweerafvoer (veelal schoon water)

RWZI – Rioolwater zuiveringsinstallatie

SAC - Spectrale Absorptie Coëfficiënt

SFS – Spectral Fluorescent Signature

SS – Zwevend stof, opgeloste zwevende deeltjes (suspended solids)

STW – Stichting Toegepaste Wetenschappen

TNO - Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TOC - Total Organic Carbon

TOGA - Titrimetric and Off-Gas Analysis

TUD - Technische Universiteit Delft

TUE - Technische Universiteit Eindhoven

TUT - Technische Universiteit Twente

UvW - Unie van Waterschappen

(V)GS - (Verbeterd) gescheiden rioolstelsel

VNG - Vereniging Nederlandse Gemeenten

VOS - Vluchtige Organische Stoffen

VROM - Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

VWA - vuilwaterafvoerriool

WADI - Een meestal droog rivierdal (Een dialect van het Bata)

WB21 - Waterbeheer 21e eeuw

WRW - Werkgroep Riolering West-Nederland

WTW - Leverancier van meetapparatuur (Duitsland)

WVO - Wet Verontreiniging Oppervlaktewater