

Inleiding

Verschillende waterleidingbedrijven in Nederland overwegen de toepassing van hyperfiltratie of nanofiltratie in het zuiveringsproces. Zowel bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater als bij de bereiding van drinkwater uit grondwater kunnen hyperfiltratie en nanofiltratie ingezet worden [1, 2].

Gemeentewaterleidingen Amsterdam voert onderzoek uit naar de toepassing van hyperfiltratie. In één van de uitbreidings-scenario's van het productiebedrijf Leiduin

Samenvatting

Voor de bereiding van drinkwater wordt de toepassing van membraanprocessen serieus overwogen. Vervuiling van membranen kan de bedrijfsvoering van deze techniek echter bemoeilijken. In geval van hyperfiltratie (omgekeerde osmose) en nanofiltratie kan onderscheid worden gemaakt tussen scaling en fouling. Scaling betreft neerslag van slecht oplosbare zouten door overschrijding van het oplosbaarheidsproduct. Fouling betreft vervuiling door colloïdale deeltjes, organische stoffen of biologische groei. Uit onderzoek, uitgevoerd door Gemeentewaterleidingen Amsterdam, blijken zowel de voorzuivering als de bedrijfsvoering van de hyperfiltratie-installatie van belang te zijn om scaling en fouling te voorkomen. Scaling kan voorkomen worden door doseren van een anti-scalant, of door de recovery te beperken. Een zuurdosering ter voorkoming van CaCO_3 -precipitatie is vereist. Fouling kan voorkomen worden door het voedingswater vergaand voor te zuiveren. Om biofouling te vermijden, moet de procesvoering van de hyperfiltratie-installatie zodanig zijn, dat het gebruik van een anti-scalant, om scaling te voorkomen, niet nodig is. De anti-scalant blijkt namelijk de groei van bacteriën in de membraan-elementen sterk te bevorderen. In het geval van Gemeentewaterleidingen Amsterdam pleit dit ervoor de recovery te beperken tot circa 88-90%.



J. P. VAN DER HOEK
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam



P. A. C. BONNÉ
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam

wordt hyperfiltratie toegepast voor ontzouting, ontharding, verwijdering van bestrijdingsmiddelen en andere organische microverontreinigingen en voor desinfectie. Dit scenario betreft de directe zuivering van WRK-I/II-water (voorgezuiverd Rijnwater) zonder bodempassage door de Amsterdamse Waterleidingduinen [3]. De combinatie van de bestaande zuivering te Leiduin door duininfiltratie (capaciteit $70 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$) met de uitbreiding door hyperfiltratie (capaciteit $13 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$) is weergegeven in afbeelding 1.

Belangrijke obstakels voor de toepassing van membraanfiltratie in de drinkwaterzuivering zijn concentraatvoer en membraanvervuiling [4]. In dit artikel zal worden ingegaan op vervuiling van hyperfiltratiemembranen. Eerst zullen de verschillende vervuilingen worden getypeerd, waarna op het onderzoek en de ervaringen bij Gemeentewaterleidingen zal worden ingegaan. Een interessante uitkomst van dit onderzoek betreft de wisselwerking tussen twee specifieke vervuilingstypen: scaling en biofouling. Ook blijken zowel de voorzuivering van het voedingswater als de bedrijfscondities van de hyperfiltratie-installatie maatgevend te zijn voor het al of niet optreden van vervuiling van de membranen.

Scaling en fouling

Typen van fouling en scaling

Vervuiling van hyperfiltratiemembranen kan worden onderverdeeld in scaling en fouling, waarbij fouling onderverdeeld kan

worden in vier verschillende vormen [5-7]. Scaling betreft de neerslag van slecht oplosbare zouten in het concentraat, resulterend in precipitatie in de membraan-elementen. Door hyperfiltratie vindt een concentrering plaats van zouten in het concentraat, waardoor het oplosbaarheidsproduct kan worden overschreden. Bekende voorbeelden zijn de neerslag van CaCO_3 , terwijl in het geval van Gemeentewaterleidingen Amsterdam neerslag van BaSO_4 een aandachtspunt is, door het relatief hoge Ba-gehalte in het WRK-water ($60\text{-}90 \mu\text{g/l}$) in combinatie met een SO_4^{2-} gehalte van $50\text{-}70 \text{ mg/l}$. Fouling kan onderverdeeld worden in

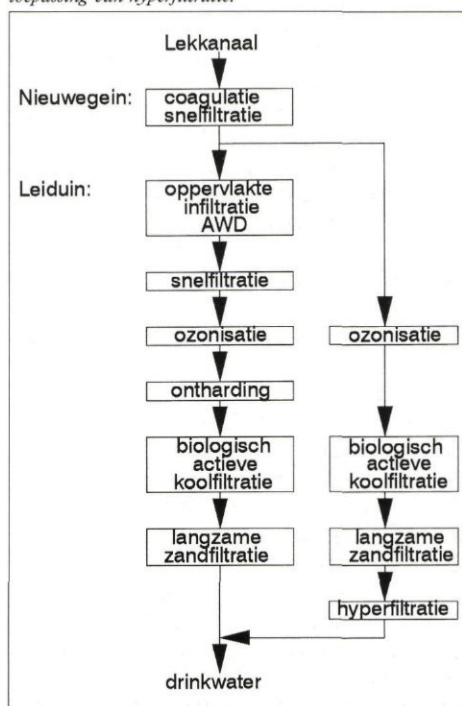
colloidal fouling (ook wel particulate fouling genoemd), organic fouling, biofouling en metaaloxide/hydroxide fouling. Colloidal fouling betreft de depositie van gesuspendeerde en colloïdale deeltjes op het membraanoppervlak. Een indicatie voor het risico van het optreden van colloidal fouling kan verkregen worden door het voedingswater te analyseren op MFI (Membraan Filtrat Index), SDI (Silt Density Index) en deeltjes-aantallen. Organic fouling betreft afzetting van organische stoffen op het membraanoppervlak en interactie van deze stoffen met het membraanmateriaal. Meting van het DOC-gehalte van het voedingswater kan een inschatting zijn voor het risico van deze vorm van fouling. Biofouling betreft groei van micro-organismen in de membraan-elementen. De biofouling-potentie van het voedingswater kan worden beoordeeld door meting van de AOC-concentratie, de Biofilm Vorming Snelheid (BVS) en (specifieke) koloniegetallen. Metaaloxide/hydroxide fouling betreft de depositie van metaaloxiden/hydroxiden, al of niet gecompliceerd met organisch materiaal of colloïdale materiaal, op het membraanoppervlak. Analyse van de concentraties van metalen in het voedingswater (bijv. Fe) is nodig om het risico van optreden van deze vorm van fouling in te schatten.

Effecten van scaling en fouling

Scaling en fouling kunnen leiden tot [5, 8-10]:

- afname van de flux en/of hogere drukval over het membraan. Dit vereist een hogere voedingsdruk om de gewenste productie te kunnen handhaven;
- toename van de differentiaaldruk (drukval over het voedings-concentraatkanaal langs het membraanoppervlak). Ook dit

Afb. 1 - Uitbreidingsscenario productiebedrijf Leiduin: toepassing van hyperfiltratie.



resulteert in een hogere vereiste voedingsdruk;

- afname van de zoutretentie;
- periodiek reinigen van een installatie om eenmaal opgetreden (reversibele) vervuiling te verwijderen.

Een hogere voedingsdruk resulteert in hogere (energie)kosten, terwijl reinigen van een hyperfiltratie-installatie ook kosten met zich meebrengt en daarnaast de technische levensduur van de membranen mogelijk nadelig kan beïnvloeden. Voorkomen van scaling en fouling is daarom gewenst.

Voorkomen van scaling en fouling

Scaling kan worden voorkomen of beperkt door:

- de installatie te bedienen met een zodanige recovery, dat geen neerslag van zouten optreedt;
- zuur in het voedingswater te doseren, waardoor neerslag van CaCO_3 niet optreedt;
- doseren van een anti-scalant, waardoor precipitatie van slecht oplosbare zouten, zoals bijvoorbeeld BaSO_4 , wordt vermeden;
- het vooraf verwijderen van die componenten, die scaling kunnen veroorzaken;
- combinaties van bovengenoemde maatregelen.

Eénmaal opgetreden neerslag van een bepaald zout kan veelal worden verwijderd door een zure spoeling.

Fouling kan worden beperkt en vermeden door het water intensief voor te zuiveren, zodat het voedingswater een lage MFI (colloidal fouling), DOC-concentratie (organic fouling) en AOC-concentratie (biofouling) heeft. Eénmaal opgetreden fouling kan veelal worden verwijderd door een alkalische spoeling, spoeling met detergenten of een enzymatische reiniging.

Uitgangspunten, proceskeuze en procescondities Gemeentewaterleidingen Amsterdam ter voorkoming van scaling en fouling van hyperfiltratie membranen

Om scaling te voorkomen zijn twee verschillende uiterste procescondities onderzocht voor de bedrijfsvoering van de hyperfiltratie-installatie:

- een hoge recovery (90%), met dosering van zwavelzuur ter voorkoming van CaCO_3 -scaling en dosering van een anti-scalant ter voorkoming van BaSO_4 -scaling;
 - een lage recovery (80%) ter voorkoming van BaSO_4 -scaling, en zoutzuurdosering in plaats van zwavelzuurdosering ter voorkoming van CaCO_3 -scaling en reductie van de sulfaatconcentratie in het concentraat (beperken ionenproduct $[\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$).
- Om fouling van de membranen te voorkomen stelt Gemeentewaterleidingen

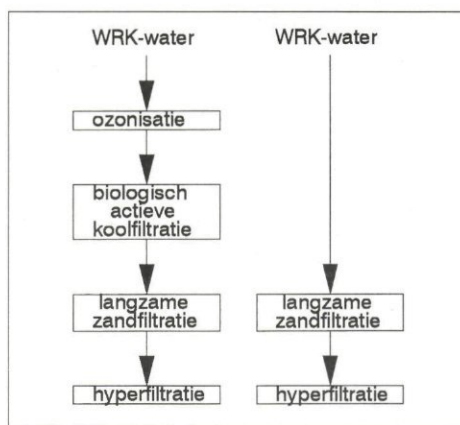
Amsterdam de volgende eisen aan het voedingswater van de hyperfiltratie-installatie:

- $\text{MFI}_{0,45\mu\text{m}} < 0,5 \text{ s/l}^2$ om colloidal fouling te voorkomen;
- $\text{DOC} < 1 \text{ mg/l}$ om organic fouling te voorkomen;
- $\text{AOC} < 10 \mu\text{g/l}$ om biofouling te voorkomen.

Dit moet resulteren in een lage reinigingsfrequentie van de membranen (minder dan eenmaal per half jaar), met als voordeel een lange technische levensduur van de membranen (langer dan vijf jaar).

Om na te gaan of aan deze eisen aan het voedingswater kan worden voldaan, worden twee verschillende voorzuiverings-systemen onderzocht, weergegeven in afbeelding 2.

Een motivatie waarom specifiek deze syste-



Afb. 2 - Processchema's proefinstallatie-onderzoek: voorzuivering hyperfiltratie.

men worden onderzocht is opgenomen in [11]. De identieke hyperfiltratie-installaties zijn beide drietraps systemen (afb. 3). In de proefinstallaties is gebruik gemaakt van

en concentraat zijn bariumbalansen over de hyperfiltratie-installaties opgesteld. Bedrijfsvoering met 90% recovery en zwavelzuurdosering vereist een goed werkzame anti-scalant. Alleen dan is scaling van BaSO_4 te voorkomen. De anti-scalant Flocon 100, gedoseerd in een concentratie van 2 mg/l in de voeding, blijkt scaling te kunnen voorkomen, in tegenstelling tot de anti-scalant Ropur RPI 2000. Beide zijn anti-scalants op poly-acrylaatbasis. Bedrijfsvoering met 80% recovery, met zoutzuurdosering in plaats van zwavelzuurdosering, blijkt ook mogelijk. Zonder dosering van een anti-scalant blijkt neerslag van BaSO_4 niet op te treden.

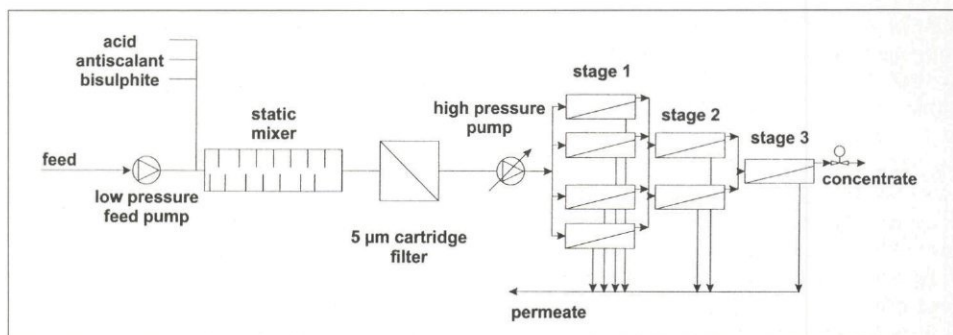
Resultaten fouling

De resultaten van beide voorzuiverings-systemen, gerelateerd aan de kwaliteit van het WRK-I/II-water en de aan het voedingswater gestelde eisen, zijn samengevat in tabel I. Op basis van de kwaliteit

TABEL I - Resultaten voorzuivering ozon-kool-langzame zandfiltratie en voorzuivering langzame zandfiltratie.

	WRK I/II	O ₃ -kool-LZF	LZF	Doel
$\text{MFI}_{0,45\mu\text{m}} \text{ (s/l}^2\text{)}$	2-4	0,25	0,5	< 0,5
deeltjes 2-15 μm (nr/100 ml)	13.400	2.650	2.600	-
DOC (mg/l)	2-2,25	1	2	< 1
AOC ($\mu\text{g/l}$)	-	8	6,7	< 10

van het voedingswater mag worden verwacht dat met ozon-kool-langzame zandfiltratie een zeer lange looptijd, en met alleen langzame zandfiltratie als voorzuivering een acceptabele looptijd mogelijk is. Het blijkt echter dat niet alleen de voedingswaterkwaliteit, maar ook de bedrijfscondities van de hyperfiltratie-installaties de looptijd sterk beïnvloeden.



Afb. 3 - Processchema hyperfiltratie-installatie.

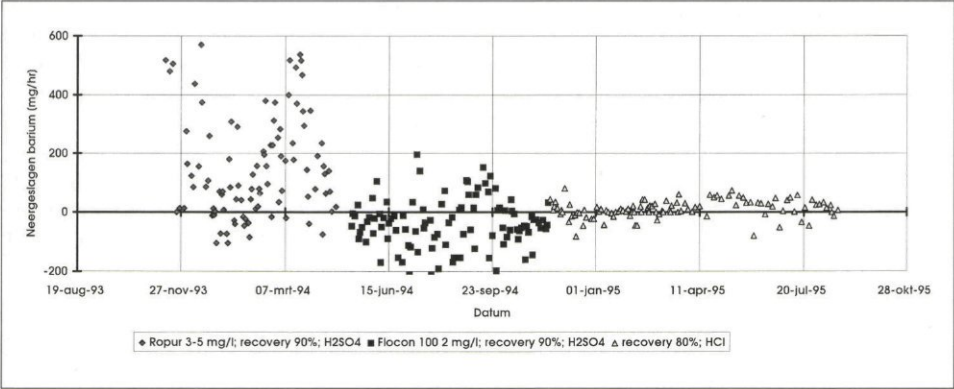
Toray-membranen, type SU710L. Elk drukvat bevat zes 4"-elementen.

Resultaten scaling

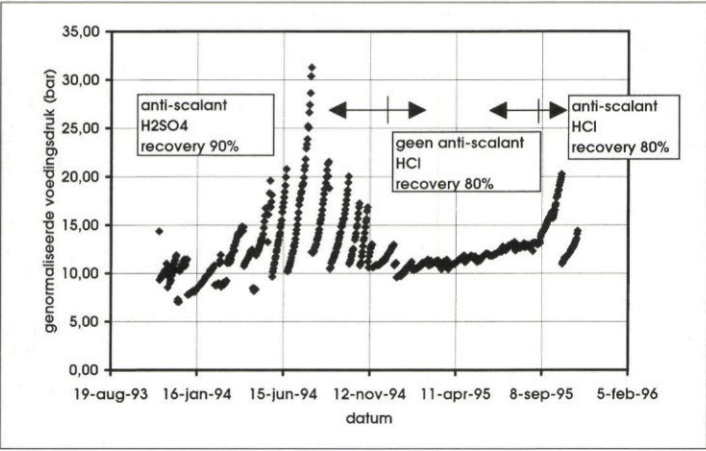
De scaling-resultaten zijn weergegeven in afbeelding 4. Door analyse van de bariumconcentratie in voeding, product

Dit is weergegeven in afbeelding 5.

Met de bedrijfsconditie recovery 90% - anti-scalant dosering - H_2SO_4 -dosering blijkt ondanks de goede voedingswaterkwaliteit de (naar temperatuur gecorrigeerde) voedingsdruk steeds sterk op te lopen, waardoor periodiek reinigen



Afb. 4 - Bariumbalans over de hyperfiltratie-installatie.



Afb. 5 - Verloop genormaliseerde voedingsdruk van de hyperfiltratie-installatie bij verschillende procescondities.

(ca. elke 30-35 dagen) van de membranen nodig is (met Ultrasil 91, pH=10, temperatuur 40°C). De vervuiling blijkt wel reversibel te zijn, want de base-line waarde (ca. 10 bar) wordt na iedere reiniging bereikt.

Het vermoeden bestond dat de gedoseerde anti-scalant aanleiding gaf tot organische fouling en/of biofouling. Daarom werd de bedrijfsvoering van de hyperfiltratie-installaties zodanig gewijzigd, dat geen anti-scalant meer gedoseerd hoefde te worden om scaling te voorkomen: de recovery werd verlaagd van 90% naar 80%, en er werd overgestapt van zwavelzuur naar zoutzuur ter beperking van de sulfaatconcentratie. De bedrijfsvoering blijkt dan wel zeer stabiel te verlopen (afb. 5): de genormaliseerde voedingsdruk stijgt over een periode van acht maanden slechts zeer gering (van 10 naar 13 bar). Reiniging van de installaties was niet nodig in deze periode. Om helderheid te krijgen over de rol van de anti-scalant, is op 23 augustus 1995 de dosering van de anti-scalant weer hervat, hoewel dat uit oogpunt van voorkomen van scaling niet nodig was (zie afb. 4). De genormaliseerde voedingsdruk blijkt dan direct weer op te lopen (afb. 5) en reiniging is vereist. Deze resultaten komen goed overeen met

de waargenomen standtijden van de kaarsenfilters, die na de anti-scalant dosering en vóór de hyperfiltratie-installatie zijn geplaatst: met dosering van de anti-scalant bedroeg de standtijd 48 ± 23 dagen, zonder dosering van de anti-scalant 161 ± 21 dagen.

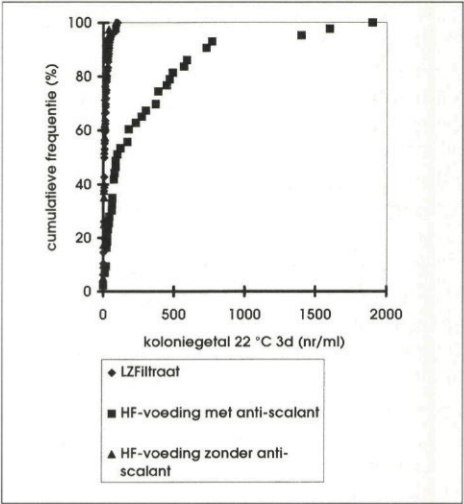
Type fouling veroorzaakt door de anti-scalant

Vastgesteld werd dat de anti-scalant een vorm van fouling veroorzaakte. Een vraag die dan nog resteert, is of er sprake is van organische fouling of van biofouling. Om na te gaan in hoeverre een anti-scalant in een verhoging van de AOC-concentratie in het voedingswater resulteert, is voor een drietal anti-scalants, in een in de praktijk toegepaste doseerconcentratie, de AOC-verhoging van het voedingswater nagegaan. De resultaten zijn vermeld in tabel II. De AOC-verhoging is zeer beperkt. Het feit, dat anti-scalants polymeren zijn (molecuulgewicht tot 3500), en daardoor

TABEL II - Verhoging AOC-concentratie in het voedingswater door dosering van een anti-scalant.

Anti-scalant	Dosis (mg/l)	Δ AOC (μg/l)
Flocon 100	2	1,7
Ropur RPI 2000	2	2,7
Dispro MC 1006	1,8	2

niet goed te meten zijn als zijnde AOC, draagt bij tot deze zeer geringe AOC-verhoging. Een tweede benadering heeft plaatsgevonden aan de hand van kolonievormende eenheden in de voeding van de hyperfiltratie-installaties (koloniegetallen 3 d 22°C, en 2 d 37°C). In afbeelding 6 is de



Afb. 6 - Cumulatieve frequentieverdelingen koloniegetallen (3 d 22°C) van langzame zandfiltraat, hyperfiltratievoeding zonder anti-scalant dosering en hyperfiltratievoeding met anti-scalant dosering.

cumulatieve frequentieverdeling van de koloniegetallen 3 d 22°C weergegeven in het langzame zandfiltraat (voeding hyperfiltratie-installaties vóór het anti-scalant doseerpunt) en in de hyperfiltratievoeding na het anti-scalant doseerpunt, zowel voor de periode dat daadwerkelijk een anti-scalant werd gedoseerd als voor de periode dat geen anti-scalant werd gedoseerd. Terwijl de frequentieverdeling van het langzame zandfiltraat en de frequentieverdeling van de hyperfiltratievoeding zonder anti-scalant dosering vrijwel samenvallen, blijkt de frequentieverdeling van de hyperfiltratievoeding met anti-scalant dosering in werking aanmerkelijk hogere koloniegetallen op te leveren. Dit is een sterke aanwijzing voor het optreden van biofouling door de anti-scalant. Dit correspondeert met de geclaimde biologische afbreekbaarheid van anti-scalants: de fabrikant van Flocon vermeldt een biologische afbraak van 52% in een termijn van 35 dagen [12].

Uit oogpunt van concentraatlozing en milieubelasting is deze biologische afbreekbaarheid zeer gewenst. Uit oogpunt van bedrijfsvoering van hyperfiltratie-installaties kan het tot problemen leiden, en maakt bedrijfsvoering zonder een anti-scalant aantrekkelijk. De recovery is dan wel aan een maximum gebonden om scaling te voorkomen.

Conclusies

Vervuiling van hyperfiltratiemembranen kan optreden door scaling en fouling. Scaling is te beïnvloeden door doseren van een zuur en eventueel een anti-scalant, en instellen van de juiste recovery. Fouling is te beïnvloeden door voorzuiveren van het voedingswater en de wijze van bedrijfsvoering van de hyperfiltratie-installatie. Voor de omstandigheden zoals gelden voor Gemeentewaterleidingen Amsterdam zijn de grenzen van de bedrijfsvoering voor vervuiling van de hyperfiltratiemembranen vastgesteld:

- een hoge recovery (90%) met anti-scalant dosering (2 mg/l) en zwavelzuurdosering. Scaling treedt dan niet op, fouling wel en vereist een frequente reiniging van de membranen (ca. eenmaal per maand);
 - een veilige, stabiele bedrijfsvoering is te bereiken bij een lagere recovery (80%) zonder anti-scalant dosering en met zoutzuurdosering. Zowel scaling als fouling treden dan niet op, en de reinigingsfrequentie blijft beperkt tot één- à tweemaal per jaar.
- Momenteel wordt onderzocht, tot welke waarde de recovery opgevoerd kan worden zonder dosering van een anti-scalant. Een recovery van 88% (indikfactor 8) is in ieder geval mogelijk, een recovery van 90% (indikfactor 10) lijkt ook mogelijk. Scaling van bariumsulfaat treedt dan nog niet op, mits zoutzuur en geen zwavelzuur wordt gedoseerd.

Literatuur

1. Hoek, J. P. van der (1996). *Membranen in de drinkwaterbereiding - Deel A: Plannen bij de Nederlandse waterleidingbedrijven*. NPT Procestechnologie 3 (in druk).
2. Kruithof, J. C., Schippers, J. C. en Dijk, J. C. van (1994). *Drinking-water production from surface water in the 1990s*. Aqua 43, 47-57.
3. Hoek, J. P. van der, Bonné, P. A. C., Rossum, W. J. M. van en Spijkerman, E. (1996). *Vervuiling van bromaat door hyperfiltratie membranen*. H₂O (29) 1996, nr. 1, p. 24-26, 23.
4. AWWA Membrane Technology Research Committee (1992). *Committee report: Membrane processes in potable water treatment*. Journal American Water Works Association 84 (No. 1), 59-67.
5. Hickman, C. E. (1991). *Membrane cleaning techniques*. Proceedings of the AWWA Seminar 'Membrane technologies in the water industry', pp. 329-344, March 10-13 1991, Orlando, Florida, USA.
6. Panglisch, S., Hagmeyer, G. und Gimbel, R. (1996). *Fouling - Ursachen und Gegenmassnahmen*. Berichte aus dem Rheinisch-Westfälischen Institut für Wasserchemie und Technologie GmbH, Mülheim an der Ruhr, Band 16, 37-61.
7. Amjad Z., Hooley, J. and Pugh, F. (1991). *Membranes - Reverse osmosis failures: causes, cases and prevention*. Ultrapure Water 8 (No. 9), 14-21.
8. Paul, D. (1994). *Membrane performance - Obstacles to the effective chemical cleaning of a reverse osmosis unit*. Ultrapure Water 11 (No. 7), 33-38.
9. Webb, W. G. and Paul, D. (1994). *Membranes - Surface water reverse osmosis system biofouling*. Ultrapure Water 11 (No. 8), 36-40.
10. Gagnon, S., Plank, E. and Kling, A. (1993). *Membranes - Case study: reverse osmosis problems*.

Ultrapure Water 10 (No. 7), 33-43.

11. Hoek, J. P. van der, Bonné, P. A. C., Soest, E. A. M. van and Graveland, A. (1995). *Application of hyperfiltration at the Amsterdam Waterworks: effect of pretreatment on operation and performance*. Proceedings of the American Water Works Association Membrane Technology Conference, pp. 277-293, August 13-16 1995, Reno, USA.
12. *Informatie FMC/Polysep Industrial Consultants*.

• • •

Dun water

- Slot van pagina 183.

Spreker pleit derhalve voor nog sterkere samenwerking met de gemeenten om te komen tot een duurzame waterhuishoudkundige inrichting van stedelijke gebieden. Tot slot was het G. D. Geldof (Tauf-Mabeg) die het 'grotere' perspectief schetste. Zijn filosofie komt erop neer om zoveel mogelijk schoon water binnen de wijk te houden. Het uitvoeren van deze stelling als dogma kan echter voor grote problemen zorgen. Dit betekent dat niet altijd sprake is van een heldere conclusie daar waar het gaat zo weinig mogelijk schoon water niet af te voeren naar de rwzi en in de wijk te houden. Met name de samenstelling van het 'schone' regenwater speelt hierbij een rol. Tot slot pleit Geldof voor een integrale waterheffing. Dit is een heffing die meer aansluit bij de manier waarop individuele burgers omgaan met water. Duurzaam omgaan met water zou dan een lagere heffing betekenen.

Conclusie

De algemene conclusie van de dag is dat de problematiek leeft. Alle discussies rond de waterhuishouding in de stad maken de discussie rond dit thema actueler. Tevens kan worden opgemerkt dat de problematiek rond dun water zeker niet als opgelost beschouwd kan worden.

Naschrift

Van de dag is een symposiumbundel met voordrachten en deelnemerslijst beschikbaar. Deze is te bestellen bij de NVA voor f 50,-.

W. van Starckenburg,

HASKONING BV

E. van 't Oever,

Waterschap Vallei en Eem

• • •

Systeemgericht Ecotoxologisch Onderzoek

Recent is het rapport 'Startdocument Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxologisch Onderzoek' verschenen. In dit startdocument worden mogelijkheden voor de invulling en uitvoering van een eventueel nieuw stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxologisch Onderzoek van NWO aangegeven.

De Commissie vraagt in het startdocument nadrukkelijk aandacht voor de permanente belasting van onze natuur en het milieu door *combinaties van stoffen*. Deze stoffen komen diffuus in het milieu voor in concentraties die op zichzelf niet toxisch zijn. In combinatie kunnen deze stoffen echter wel tot effecten op (delen van) ecosystemen leiden. De vraag is of het dan gaat om nadelige effecten van betekenis: vormt *diffuse en chronische belasting van het milieu* door combinaties van niet-toxische stoffen, in combinatie met Vermesting, Verzuring, Verdroging, Versnippering, etc., een bedreiging voor het behoud van de biodiversiteit? In hoeverre vormt dit een belemmering voor natuurontwikkeling en de realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur?

De enige manier om deze onzekerheden te reduceren is volgens de Commissie dege-lijjk onderzoek: meten, analyseren en moni-toren. De volgende *prioriteiten voor onder-zoek* zijn aangemerkt:

- samenstelling, gedrag en toxiciteit van chronische, diffuse belasting, bestaande uit combinaties van stoffen die elk afzonderlijk in lage, niet-toxische concentraties aanwezig zijn;
- de ecologische risico's van diffuse, chronische belasting;
- het relatieve belang van effecten van bovengenoemde belasting ten opzichte van Verdroging, Verzuring, Vermesting, Verstoring, Versnippering, etc.

De aanpak van deze kennislacunes vergt een *gezamenlijke inspanning* van verschillende ministeries, daaraan gelieerde onderzoeksinstituten en universitaire vakgroepen. Hiervoor is een *samenhangend wetenschappelijk onderzoekprogramma* nodig. Het startdocument vormt de weerslag van een slagvaardige actie van een breed samengestelde Commissie om de achtergronden en contouren van dit onderzoekprogramma te schetsen.

Het startdocument (RMNO-nummer 121) is te bestellen bij de RMNO, Postbus 5306, 2280 HH Rijswijk, telefoon 070-336 43 00, fax 070-336 43 10, e-mail: RMNO@xs4all.nl.