Directe zuivering van oppervlaktewater - een alternatief?

Samenvatting
Directe zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater houdt in dat het ruwe water zònder bodempassage en zònder voorraadvorming wordt gezuiverd tot drinkwater. Dit is alleen mogelijk met een zeer betrouwbaar en robuust zuiveringssysteem: piekbelastingen kunnen ruimschoots worden opgevangen, zodat selectieve inname van het ruwe water door een bufferreservoir niet nodig is. Twee waterleidingbedrijven in Nederland hebben ver uitgewerkte plannen voor directe zuivering. Aan de hand van de capaciteit van de directe zuivering voor zes specifieke groepen van verontreinigingen, en een beoordeling van de directe zuivering op de criteria kwaliteit, leveringszekerheid, milieu en kosten, wordt aangetoond dat directe zuivering van oppervlaktewater een reëel en levensvatbaar alternatief is, dat ook onder extreme omstandigheden ruimschoots in staat is drinkwater te leveren dat aan alle gestelde kwaliteitseisen voldoet, tegen concurrerende kosten, en met gunstige gevolgen voor milieu en natuur.

1. Inleiding

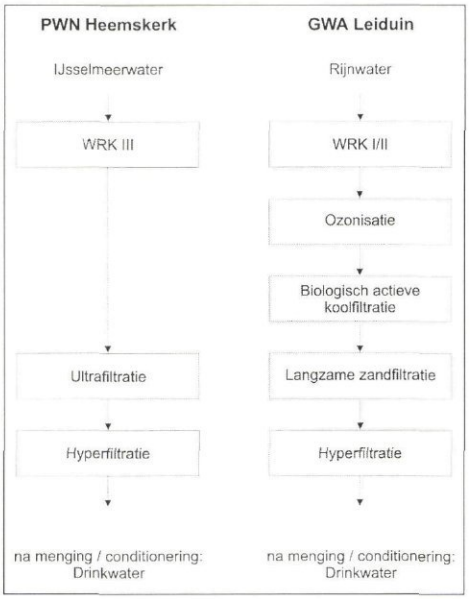
Directe zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater is een onderwerp dat de laatste jaren sterk in de belangstelling staat. Onder directe zuivering wordt verstaan de zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater, *zonder* bodempassage en *zonder* voorraadvorming, bekken of selectieve inname. Om onder alle omstandigheden drinkwater te kunnen leveren is hiervoor een zeer betrouwbaar en zeer robuust zuiveringssysteem vereist. Twee waterleidingbedrijven hebben uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar dergelijke zuiveringssystemen. De zuiveringsschema's die deze bedrijven hebben gekozen voor de directe zuivering zijn weergegeven in afbeelding 1.



A. GRAVELAND
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam



J. P. VAN DER HOEK
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam



Afb. 1 - Directe zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater: schema's van de NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland en Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

In het schema van Gemeentewaterleidingen Amsterdam wordt uitgegaan van voorgezuiverd Rijnwater (WRK I/II water) dat behandeld wordt met achtereenvolgens ozonisatie, biologisch actieve koolfiltratie, langzame zandfiltratie en hyperfiltratie. In het schema van de NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland wordt voorgezuiverd IJsselmeerwater (WRK III water) verder behandeld door een combinatie van ultrafiltratie en hyperfiltratie. De bouw van deze laatste zuivering is aangevangen in november 1996. Kenmerkend voor beide systemen is dat membraanfiltratie een belangrijke rol speelt, en dat het product van de directe zuivering gemengd wordt met ander water. Er is dus sprake van een deelstroombehandeling. Een relatief klein reservoir kan zonodig worden toegepast bij calamiteiten door technische storingen (bijv. leidingbreuken) en om onder extreme omstandigheden (bijv. zeer hoge concentraties aan bestrijdingsmiddelen in het ruwe water) de kwaliteit van het membraanconcentraat in de hand te houden uit milieu-overwegingen.
Door Gemeentewaterleidingen Amsterdam is uitgebreid onderzoek verricht naar de mogelijkheden en de haalbaarheid van de directe zuivering. In voorgaande publicaties zijn verschillende deelaspecten aan de orde geweest, zoals de verwijdering van bestrijdingsmiddelen [1], de vervuiling van hyperfiltratie-membranen [2] en de desinfectiecapaciteit van hyperfiltratie-membranen [3]. In deze publicatie zal getracht worden een antwoord te geven op de vraag, of directe zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater een reëel alternatief is.
In principe komt dit neer op een synthese van de reeds (deels) beschreven deelaspecten. Alvorens in te gaan op deze vraag, zal eerst kort worden weergegeven hoe de opinie ten aanzien van directe zuivering van oppervlaktewater zich de laatste jaren heeft ontwikkeld.

2. Opinie directe zuivering

In het Beleidsplan Drink- en Industriewater Voorziening worden verschillende 'bouwstenen' beschreven: combinaties van ruwwaterbronnen en productiesystemen, die bepalend zijn voor de infrastructuur van de drinkwatervoorziening [4]. Op basis van een multi criteria-analyse zijn deze bouwstenen gerangschikt. In tabel I staat de rangorde weergegeven. Directe zuivering van oppervlaktewater (OW-dir) kwam op een gedeelde 4^e-5^e-6^e plaats terecht en scoorde vooral slecht op de aspecten volksgezondheid (7^e plaats), technische haalbaarheid (7^e plaats), kwetsbaarheid (7^e plaats) en bestuurlijk/juridische zaken (7^e plaats).

TABEL I - *Alternatieve bronnen/productiesystemen met rangvolgorde.*

Code	Beschrijving	Rangorde
GW-span	grondwater in semi-spanningspakket	1
GW-oev	oevergrondwater	2
IN-diep	diepinfiltratie	3
OW-nat	natuurlijk spaarbekken	4-5-6
IN-opp	oppervlakte-infiltratie	4-5-6
OW-dir	directe zuivering oppervlaktewater	4-5-6
OW-kun	kunstmatig spaarbekken	7-8
GW-frea	freatisch grondwater	7-8

Op de Kiwa-workshop Membraantechnologie (21 mei 1996 [5]) werd de volgende stelling geponeerd: 'Bij de zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater geeft membraanfiltratie een gelijke, zo niet hogere bedrijfszekerheid en leveringszekerheid dan bodempassage door middel van (diep)infiltratie'. Van de deelnemers van de workshop onderschreef 35% deze stelling, 65% kwalificeerde de stelling echter als 'onwaar'.
Op de Kiwa-workshop Integrale Zuivering (1 en 2 oktober 1996) werd veel aandacht besteed aan de afweging tussen membraanfiltratie en bodempassage. Opvallend was dat de oppervlaktewaterbedrijven die ervaring hebben opgebouwd met diepinfiltratie, nu vraagtekens zetten bij deze techniek, onder andere in verband met de aspecten beleid c.q. bestuurlijke haalbaarheid en flexibiliteit.
Membraanfiltratie wordt door deze bedrijven als een reëel alternatief ervaren. Een gewaagde stelling die geponeerd werd luidde: 'Technische ontwikkelingen

hebben de noodzaak van grondwater of (diep)infiltratie achterhaald'.

3. **Wijze van benadering**

Gelet op de hiervoor geschetste opinie over directe zuivering van oppervlaktewater, die duidelijk aan het verschuiven is, is een systematische beantwoording van de vraag of directe zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater een reëel alternatief is, op zijn plaats. Om deze vraag te beantwoorden, wordt uitgegaan van zes groepen waarin alle mogelijk voorkomende verontreinigingen zijn ondergebracht, en vier beoordelingscriteria. In tabel II zijn deze kort samengevat.

TABEL II – *Verontreinigingsgroepen en beoordelingscriteria.*

Verontreinigingen	Beoordelingscriteria
zwevende stoffen	kwaliteit
zware metalen	
zoutionen	leveringszekerheid
organische stoffen	milieu
(micro)organismen	kosten
radio-actieve isotopen	

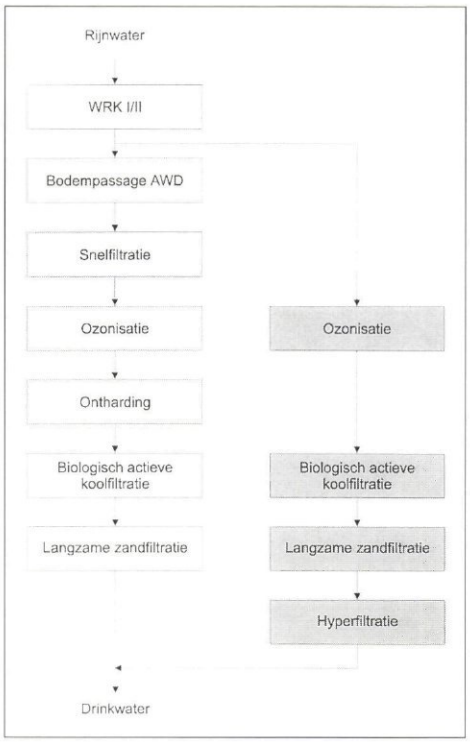
Met betrekking tot de beoordelingscriteria kan gesteld worden, dat 'kwaliteit' en 'leveringszekerheid' redelijk objectieve criteria zijn: de waterleidingwet en de leveringsplicht van waterleidingbedrijven kunnen hierbij als uitgangspunt dienen. De beoordelingscriteria 'milieu' en 'kosten' zijn sterk medebepalend in de afweging van alle andere alternatieven. Deze zullen sterk locatiegebonden zijn. In de beschouwing zal daarom het zwaartepunt liggen bij de criteria 'kwaliteit' en 'leveringszekerheid'.

Als concrete casus wordt uitgegaan van de toepassing van directe zuivering voor de uitbreiding van de productiecapaciteit van Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

Eén van de alternatieven betreft uitbreiding van de capaciteit van productiebedrijf Leiduin van 70 naar 83 miljoen m^3 per jaar door directe zuivering van WRK I/II water door achtereenvolgens ozonisatie, biologisch actieve koolfiltratie, langzame zandfiltratie en hyperfiltratie, zònder bodempassage. Afbeelding 2 toont het zuiveringsschema. Kenmerkend voor dit uitbreidingsscenario is de afwezigheid van een bufferreservoir en voorraadvorming. De vraag is dan, of kwaliteit en leveringszekerheid altijd gewaarborgd kunnen worden, ook onder extreme situaties.

Uit kwaliteitsoogpunt zal, uitgaande van de zes groepen van verontreinigingen, nagegaan worden of het zuiveringssysteem niet alleen normale belastingen, maar ook extreme piekbelastingen aankan.

Vanuit het oogpunt van leveringszekerheid zal een stabiele bedrijfsvoering nagestreefd worden. Voor het specifieke voorbeeld zijn dan van belang de spoelfrequentie van de hyperfiltratiemembranen, en de reactievatiefrequentie van de koolfilters. In geval de toevoer van WRK-water wordt verstoord, bijvoorbeeld door breuk van het WRK-leidingsysteem, kan gebruik worden gemaakt van de grote voorraad in het duin als voeding voor de directe zuivering.



Afb. 2 - Toepassing van directe zuivering in de capaciteitsuitbreiding van productiebedrijf Leiduin van Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

4. **Kwaliteitsaspecten**

4.1 *Zwevende stof, zware metalen, radio-actieve isotopen*

De verwijdering van zwevende stof, zware metalen en radio-actieve isotopen is gewaarborgd in de conventionele WRK-voorzuivering coagulatie – sedimentatie – snelfiltratie te Nieuwegein. Zwevende stof kan een kritische parameter zijn voor de MFI (Membraan Filtratie Index). Om de hyperfiltratie voldoende bedrijfszeker te laten functioneren, zal de MFI van het voedingswater van de hyperfiltratie tenminste lager dan 1 s/l^2 en zo mogelijk lager dan 0,6 s/l^2 moeten zijn [6].

De additionele voorzuivering ozonisatie – biologisch actieve koolfiltratie – langzame zandfiltratie heeft mede tot doel de MFI van het WRK I/II water (onder normale omstandigheden variërend tussen 3 en 6 s/l^2) naar dit niveau terug te brengen.

4.2 *Zoutionen*

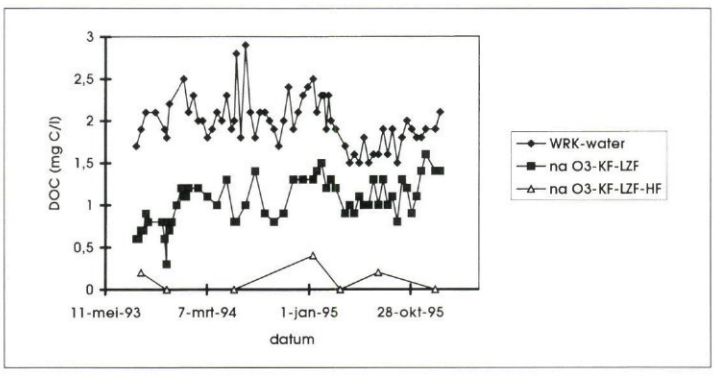
Verwijdering van een groot deel van de zoutionen (PO_4^{3-}, NH_4^+, Fe^{3+}) vindt al plaats in de voorzuivering te Nieuwegein. Zoutionen die daar niet worden verwijderd (zoals Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{2-}) worden voor meer dan 95% verwijderd door de hyperfiltratie: immers, hyperfiltratie is een ontzoutingstechniek.

4.3 *Organische stof*

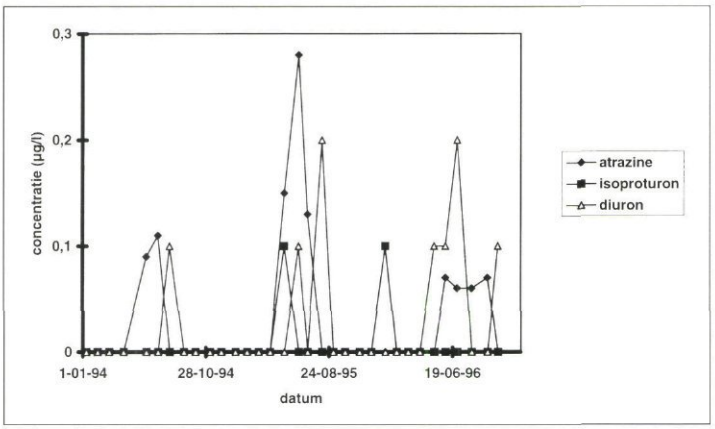
Voor organische stof moet onderscheid gemaakt worden tussen de 'somparameter' DOC (concentratieniveau mg/l) en de organische microverontreinigingen en bestrijdingsmiddelen (concentratieniveau µg/l). Verwijdering van organische stof uit het water is van belang, omdat de organische stof [7]:

- kan functioneren als nutriënt voor bacteriën en hogere organismen [8], wat aanleiding kan geven tot nagroeiproblemen tijdens opslag, transport en distributie, en tot accumulatie van detritus;
- toxicologische, mutagene, carcinogene en teratogene effecten kan hebben;
- aanleiding kan geven tot reuk-, geur- en smaakproblemen.

De verwijdering van DOC is weergegeven in afbeelding 3. De ozonisatie – koolfiltratie – langzame zandfiltratie resulteert al in een DOC-daling naar 1-1,5 mg/l, zelfs met koolfilters met een looptijd langer dan 3 jaar. Door de voorafgaande ozonisatie vindt in de koolfilters naast adsorptie vooral biodegradatie van organische stof plaats [9], met als resultaat zeer lange standtijden en grote verwijderingscapaciteiten. Na hyperfiltratie is het DOC-niveau gedaald tot onder de analysegrens.



Afb. 3 - Verwijdering van DOC uit WRK I/II water door directe zuivering met ozonisatie – biologisch actieve koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie.



Afb. 4 - Aanwezigheid van atrazine, isoproturon en diuron in WRK I/II water.

Voor bestrijdingsmiddelen is het niveau dat aanwezig is in het WRK I/II water van belang. Afbeelding 4 toont de aanwezigheid van atrazin, isoproturon en diuron in het WRK-water gedurende een periode van meer dan 2½ jaar. Piekconcentraties hoger dan 0,5 µg/l blijken niet voor te komen. Uit proefinstallatie-onderzoek, uitgevoerd in samenwerking met Kiwa Onderzoek & Advies NV, is gebleken dat bij langdurige belasting (2 maanden) met een mix van bestrijdingsmiddelen, elk op een individueel niveau van 5 µg/l, de bestrijdingsmiddelen volledig worden verwijderd [10]. Gedurende een periode van drie dagen is ook een piekbelasting (20-25 µg/l) gedoseerd aan de proefinstallatie.
In afbeelding 5 en afbeelding 6 is de verwijdering van diuron, bentazon, atrazin, glyfosaat, AMPA, isoproturon en TCA weergegeven. Zelfs moeilijk te verwijderen verontreinigingen als AMPA en glyfosaat [11] blijken volledig verwijderd te worden door de directe zuivering, ook bij extreem hoge piekbelastingen.

4.4 *Micro-organismen*

Voor de verwijdering van micro-organismen (bacteriën, virussen en (oö)cysten) wordt uitgegaan van de Amerikaanse Surface Water Treatment Rule [12] en de uitwerking hiervan voor de Nederlandse situatie [13]. In de Amerikaanse Surface Water Treatment Rule wordt uitgegaan van een toelaatbare concentratie van micro-organismen in drinkwater (virussen en Giardia-cysten), waarbij het infectierisico maximaal 1 per 10.000 consumenten per jaar is. Als de aanwezigheid van virussen en Giardia-cysten in het ruwe water bekend is, kan bepaald worden welke verwijderingscapaciteit de zuivering moet hebben. De capaciteit die het zuiveringssysteem daadwerkelijk heeft wordt bepaald door aan elke zuiveringsstap een bepaalde 'Decimale Eliminatie Capaciteit' (DEC) toe te kennen. De som van de afzonderlijke DEC's is de DEC van de totale zuivering. Een afdoende desinfectiebarrière is gewaarborgd als de aanwezige DEC van het totale zuiveringssysteem groter is dan de vereiste DEC.
Op basis van een (beperkt) aantal metingen van Cryptosporidium en Giardia (oö)cysten in het ruwe water, en een maximaal toelaatbare dichtheid in drinkwater van $2{,}6 \cdot 10^{-5}$ oöcysten/l en $5{,}5 \cdot 10^{-6}$ cysten/l voor respectievelijk Cryptosporidium en Giardia, is door Medema *et al.* [13] de vereiste verwijderingscapaciteit bepaald voor Rijnwater voor een gemiddelde dichtheid en een maximale dichtheid. Tabel III vat dit samen.
In tabel IV wordt de verwijderingscapaciteit van de directe zuivering vergeleken met de vereiste verwijderingscapaciteit, onder normale bedrijfsomstandigheden: een lage ozondosis (0,8–1,0 mg/l) en een optimale werking van de hyperfiltratiemembranen, die dan een DEC hebben van 5 éénheden [3]. De vermelde DEC-waarden van de verschillende zuiveringsstappen voor virussen, Giardia en Cryptosporidium zijn deels ontleend aan de Amerikaanse Surface Water Treatment Rule [12] en deels aan literatuurgegevens [14-16]. Het blijkt dat de directe zuivering ruimschoots aan de vereiste verwijderingscapaciteit kan voldoen.
Een punt van aandacht is de aan hyperfiltratie toegekende desinfectiecapaciteit. De integriteit van hyperfiltratiemembranen, en de bewaking daarvan, staat nog ter discussie [17, 18]. Uitgaande van 'lekke' hyperfiltratiemembranen met een verwijderingscapaciteit van slechts 2 éénheden, kan de verwijderingscapaciteit van het totale zuiveringssysteem tòch op het gewenste niveau worden gebracht door de ozonisatie te bedrijven met een hogere ozondosis, waardoor hieraan een hogere DEC kan worden toegekend. Ook dan blijkt de totaal vereiste verwijderingscapaciteit te kunnen worden gerealiseerd, zoals blijkt uit tabel V. De door de verhoogde ozondosis sterk verhoogde bromaatvorming en

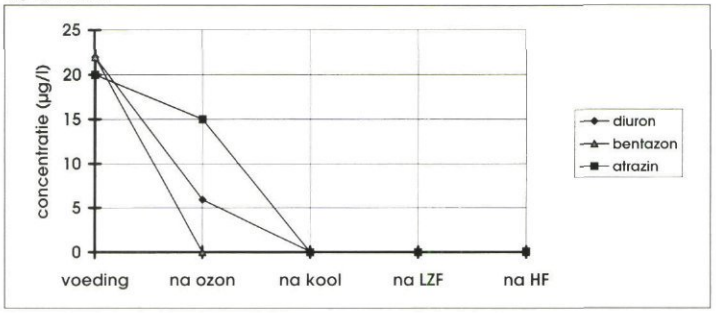
TABEL III – *Benodigde verwijderingscapaciteit (DEC) drinkwaterzuivering om van Rijnwater microbiologisch acceptabel drinkwater te maken [13].*

	Vereiste DEC t.a.v.	
	Cryptosporidium	Giardia
Bij gemiddelde dichtheid	5,4	6,6
Bij maximum dichtheid	6,1	7,0

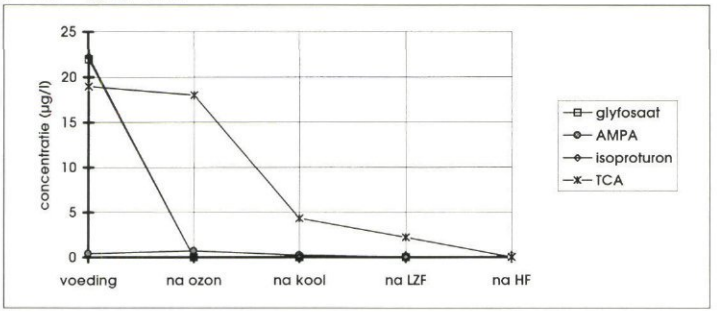
TABEL IV – *Verwijderingscapaciteit (DEC) van de directe zuivering onder normale bedrijfscondities (directe zuivering: WRK – ozon – kool – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie; ozondosis 0,8-1,0 mg/l, optimale werking hyperfiltratiemembranen).*

	Virussen	Giardia	Crypto-sporidium
WRK (coag/SF)	2	2,5	2
O_3 (CT = 0,5-1,0)	≥ 2	≥ 0,5	0
BAKF	?	?	?
LZF	1-2	2	2
HF	5	5	5
Totaal	≥10	≥10	9
Vereist	6,0	7,0	6,1

Afb. 5 - Verwijdering van piekconcentraties diuron, bentazon en atrazin door directe zuivering met ozonisatie – biologisch actieve koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie.



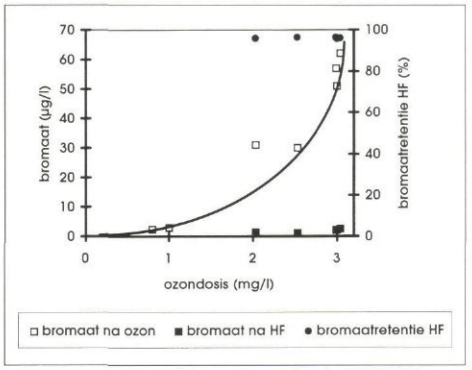
Afb. 6 - Verwijdering van piekconcentraties glyfosaat, AMPA, isoproturon en TCA door directe zuivering met ozonisatie – biologisch actieve koolfiltratie – langzame zandfiltratie – hyperfiltratie.



TABEL V - *Verwijderingscapaciteit (DEC) van de directe zuivering onder bijzondere bedrijfscondities (directe zuivering: WRK - ozon - kool - langzame zandfiltratie - hyperfiltratie; ozondosis 2,5-3,0 mg/l, 'lekke' hyperfiltratiemembranen).*

	Virussen	Giardia	Crypto-sporidium
WRK (coag/SF)	2	2,5	2
O_3 (CT = 20)	> 4	> 3	1
BAKF	?	?	?
LZF	1-2	2	2
HF	2	2	2
Totaal	> 9	> 9,5	7
Vereist	6,0	7,0	6,1

AOC-vorming blijkt goed opgevangen te kunnen worden door de na de ozonisatie geplaatste zuiveringsstappen: de hyperfiltratiemembranen hebben een bromaatretentie van 96% en verwijderen bromaat tot lager dan 2,5 µg/l (afb. 7), terwijl de kool- en langzame zandfiltratie het AOC-niveau terugbrengen naar circa 10-15 µg/l (tabel VI), waardoor biofouling van de hyperfiltratie-membranen wordt voorkomen.



Afb. 7 - Bromaatvorming bij verhoogde ozondosis en bromaatretentie door hyperfiltratiemembranen (DOC = 1,9-2,3 mg/l; Br^- = 100-200 µg/l).

TABEL VI - *AOC-vorming bij verhoogde ozondosis en AOC-verwijdering in de directe zuivering vóór de hyperfiltratie.*

Bruto ozondosis (mg/l)	AOC (µg/l) na ozon	na kool	na LZF
0,8-1,0	66-97	4-10	5-11
2,5	110	23	14
3,0	120	18	11

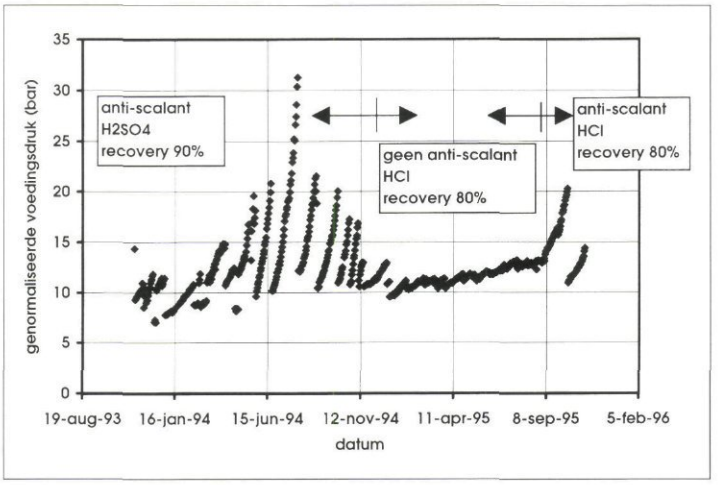
5. Leveringszekerheid en bedrijfsvoering

In de directe zuivering volgens het schema van Gemeentewaterleidingen is hyperfiltratie het procesonderdeel, dat sterk bepalend is voor een stabiele bedrijfsvoering. Met de intensieve voorzuivering ozonisatie - biologisch actieve koolfiltratie - langzame zandfiltratie wordt van de hyperfiltratie nauwelijks meer vereist dan ontzouting en ontharding. Met deze intensieve voorzuivering en de juiste procescondities, blijkt echter ook een zeer stabiele bedrijfsvoering van de hyperfiltratie mogelijk te zijn.
Om colloidal fouling, organic fouling en biofouling van de membranen te voorkomen moet het voedingswater van de hyperfiltratie-installatie een MFI lager dan 0,6 s/l^2, een DOC-gehalte lager dan 1 mg/l en een AOC-gehalte lager dan 10 µg/l hebben. Door de voorzuivering ozonisatie - biologisch actieve koolfiltratie - langzame zandfiltratie kan aan deze eisen worden voldaan. Er dient geen anti-scalant te worden gedoseerd, aangezien dit kan leiden tot biofouling [2, 19]. Scaling (neerslag van slecht oplosbare zouten zoals $CaCO_3$ en $BaSO_4$ in het concentraat) kan worden voorkomen door doseren van zoutzuur in het voedingswater van de hyperfiltratie-installatie en door de recovery te beperken tot 88% [20, 21]. Onder deze condities is een looptijd van de hyperfiltratie-installatie mogelijk, zonder noodzakelijke reiniging, van 3-8 maanden. In afbeelding 8 is dit weergegeven. De in afbeelding 8 vermelde recovery van 80% blijkt opgevoerd te kunnen worden naar 88% zonder enige scaling problemen.
De reactievatiefrequentie van de koolfilters is mede bepalend voor een stabiele bedrijfsvoering. Door voorafgaand aan de koolfiltratie een lichte ozonisatie toe te passen (ozondosis 0,8-1,0 mg/l) wordt organische stof in de koolfilters niet alleen geadsorbeerd, maar ook biologisch afgebroken. De standtijd van de koolfilters wordt hierdoor verlengd tot tenminste 3 jaar.
De hiervoor beschreven aspecten betreffen vooral de leveringszekerheid uit kwaliteitsoogpunt en deels uit kwantiteitsoogpunt. Door de directe zuivering wordt de kwantitatieve leveringszekerheid van de drinkwatervoorziening vooral óók vergroot, doordat de conventionele, bestaande zuiveringslijn na duininfiltratie via het open verzamelbekken 'de Oranjekom' verloopt en de directe zuivering buiten het duin om. In feite is er dus sprake van een 'twee-anker systeem': WRK-water direct en WRK-water via de voorraad in het duin. Dit in tegenstelling tot het alternatieve uitbreidingsscenario diepinfiltratie: in dat geval lopen zowel de conventionele, bestaande zuivering, alsook het uitbreidingsscenario diepinfiltratie via het duin.

6. Milieu en kosten

Zoals al vermeld in de inleiding, zijn de beoordelingscriteria 'milieu' en 'kosten' sterk afhankelijk van de aanwezigheid van andere alternatieven en lokale, bedrijfsspecifieke omstandigheden. In het geval van Gemeentewaterleidingen Amsterdam is directe zuivering één van de alternatieven voor uitbreiding van de capaciteit van het productiebedrijf Leiduin. Een ander alternatief is uitbreiding van de productiecapaciteit door diepinfiltratie van voorgezuiverd Rijnwater (WRK I/II water) in de Amsterdamse Waterleidingduinen. Beide alternatieven zijn financieel doorgerekend [22] en blijken te leiden tot dezelfde productiekosten, uitgedrukt in ct/m^3. De investeringskosten voor het alternatief 'directe zuivering door hyperfiltratie' zijn hoger, maar daar staat tegenover dat bij dit alternatief tegelijkertijd ontzouting en ontharding plaatsvindt. Dit in tegenstelling tot het diepinfiltratie-alternatief, waarvoor de onthardingscapaciteit uitgebreid zal moeten worden. Ook is het alternatief 'directe zuivering door hyperfiltratie' vrij van de Ecotax (Wet Belasting Milieugrondslag). Financieel is directe zuivering in dit geval concurrerend met diepinfiltratie. Met de nieuwe generatie ultra lagedruk membranen zal het totale energieverbruik van de directe zuivering zelfs lager uitkomen dan dat van de conventionele, bestaande zuivering.
Door de verdere hardheidsverlaging met hyperfiltratie tot minstens 1,25 mmol/l kan

• *Vervolg op pagina 582.*



Afb. 8 - Genormaliseerde voedingsdruk c.q. stabiliteit bedrijfsvoering hyperfiltratie-installatie als functie van de bedrijfscondities.

Rapportage over het meetjaar 1995 van het provinciaal meetnet grondwaterkwaliteit. TNO Grondwater en Geo-Energie, rapport GG R 96-78(A).
Duyvenbooden, W. van (1991). *Verslag Kiwa/VWN-colloquium over het voorkomen van sporenelementen in grondwater. Bedreigen sporenelementen de openbare drinkwatervoorziening?* H_2O (24), p. 376-377.
Frapporti, G. (1994). *Geochemical and statistical interpretation of the Dutch national groundwater quality monitoring network.* Proefschrift, Inst. voor Aardwetenschappen, Universiteit Utrecht.
Griffioen, J. & Hoogendoorn, J. (1994). *Infiltratie-dieptes van diffuse, agrarische verontreinigingen in het grondwater in Salland: controle door hydrogeochemie en hydrogeologie.* H_2O, (27), 138-144.
Kloosterman, F. H. (1996). *Landelijke Hydrologische Systeemanalyse. Deelrapport 2, deelgebied Midden-Nederland. De regionale grondwaterstromingsstelsels rond de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug.* TNO Grondwater en Geo-Energie, rapport OS 93-41(B).
Pebesma, E. J. (1996). *Mapping groundwater quality in the Netherlands.* Proefschrift, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht.
RGD (1975). *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland.* Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
RGD (1993). *Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000;* blad Almelo Oost (28O)/ Denekamp (29). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
Stuyfzand, P. J. (1993). *Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands.* Proefschrift, Vrije Universeit, Amsterdam.

• • •

Pluimveeslachterij geeft WLF opdracht voor ontwikkeling grondwaterwinning met membraanfiltratie

Pluimveeslachterij J. de Vries & Zn. BV te Haulerwijk heeft Waterleiding Friesland (WLF) opdracht gegeven een grondwaterwinning voor het bedrijf te ontwikkelen. Het water zal met behulp van een door Waterleiding Friesland ontwikkeld nieuw proces gezuiverd worden tot een hoge kwaliteit proceswater. Op jaarbasis zal ca. 150.000 m^3 proceswater moeten worden geproduceerd. Het water zal anaëroob (zuurstofloos) met behulp van membraanfiltratie worden gezuiverd. Een dergelijk zuiveringsproces is voor Nederland op deze schaal uniek.
Waterleiding Friesland zal het engineeringstraject uitvoeren. Als het project eenmaal is gerealiseerd zal Waterleiding Friesland alle benodigde service bieden om de grondwaterwinning te runnen. Die service zal voor een groot deel bestaan uit het uitvoeren van kwaliteitscontroles van het water, dat vanwege de toepassing aan hoge kwaliteitseisen moet voldoen.
Een uitgebreide praktijkproef heeft uitgewezen dat met het nieuw ontwikkelde zuiveringsproces aan de hoge kwaliteitseisen kan worden voldaan (Persbericht WLF/ Pluimveeslachterij J. de Vries & Zn. BV).

Directe zuivering

• *Slot van pagina 586.*

de consument bij hyperfiltratie daarnaast 10-20 ct/m^3 besparen.
Uit oogpunt van milieu heeft directe zuivering het voordeel dat door het lagere zoutgehalte en de lagere hardheid, beide een gevolg van de toepassing van hyperfiltratie, minder zware metalen (o.a. lood en koper) vrijkomen bij de distributie en bij de behandeling van afvalwater. Door het lagere zoutgehalte zal bruinkleuring en troebeling van het door gietijzeren leidingen gedistribueerde water worden voorkomen. In vergelijking met de uitvoering van diepinfiltratie in het duin zal de directe zuivering geen extra belasting voor de natuur betekenen.
Concentraatafvoer is in het geval van Gemeentewaterleidingen geen probleem: afvoer naar de Noordzee is toelaatbaar, mits het concentraat laag is in DOC-gehalte en vrij is van toxische stoffen, zoals pesticiden en AOX. Door de aan hyperfiltratie voorafgaande ozon-koolfiltratie kan aan deze eis worden voldaan.
Het concentraat (zoutgehalte circa 5 g/l) leidt dan slechts tot 'verdunning' van het Noordzeewater (zoutgehalte circa 30 g/l).

7. Conclusies

Directe zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater blijkt een reëel alternatief te zijn. Vooral door het toepassen van hyperfiltratie, in combinatie met een adequate voorzuivering, blijken kwaliteit en leveringszekerheid gewaarborgd te zijn, óók onder extreme omstandigheden.
Op de aspecten kosten en milieu is de directe zuivering tenminste concurrerend met andere zuiveringssystemen. De in het Beleidsplan Drink- en Industriewater Voorziening toegekende lage waardering aan directe zuivering van oppervlaktewater lijkt nu niet meer geldig, mede gezien de technologische ontwikkelingen die zich de laatste jaren hebben afgespeeld op het gebied van de membraanfiltratie.

Literatuur

1. Hoek, J. P. van der, Beerendonk, E. F., Bonné, P. A. C. en Hopman, R. (1997). *Verwijdering van bestrijdingsmiddelen met een integraal zuiveringssysteem.* H_2O (30) 1997, p. 40-44.
2. Hoek, J. P. van der en Bonné, P. A. C. (1997). *Vervuiling van hyperfiltratie membranen.* H_2O (30) 1997, p. 175-178.
3. Berkmortel, H. A. van den and Graveland, A. (1994). *Potable water quality improvement for the city of Amsterdam.* Desalination 98, 83-103.
4. Dijk, J. C. van en Schulting, F. (1994). *Welke technische ontwikkelingen bepalen de toekomstige infrastructuur?* H_2O (27) 1994, p. 461-468.
5. Merks, C. W. A. M., Nederlof, M. M. en Schippers, J. C. (1996). *Verslag Kiwa-workshop 'Membraantechnologie' - 'Membraantechnologie gaat uit oogpunt van kwaliteit, milieu en kosten concurreren met conventionele technieken'.* H_2O (29) 1996, p. 649-651.
6. Hoek, J. P. van der, Bonné, P. A. C., Soest, E. A. M. van and Graveland, A. (1997). *Reverse osmosis: Finding the balance between fouling and scaling. Proceedings of the 21st International Water Supply Association Conference and Exhibition,* September 21-26, 1997, Madrid, Spain, Special Subject 1 'Membrane Technology'.
7. Graveland, A. (1993). *Biologisch actieve koolfiltratie in Weesperkarspel in gebruik.* H_2O (26) 1993, p. 312-315.
8. Lieverloo, J. H. M. van en Kooij, D. van der (1996). *Waterpissebedden: Natuurlijke, maar ongewenste bewoners van systemen voor distributie van drinkwater.* H_2O (29) 1996, p. 773-777.
9. Graveland, A. (1994). *Application of biological activated carbon filtration at Amsterdam Water Supply.* Proceedings of the IWSA Specialised Conference 'Activated Carbon Filtration in Drinking Water Treatment', September 27-28, 1994, Amsterdam, The Netherlands - Water Supply 14, 233-241.
10. Beerendonk, E. F., Hopman, R., Bonné, P. A. C. en Hoek, J. P. van der (1995). *Verwijdering van bestrijdingsmiddelen door een integraal zuiveringssysteem.* Kiwa-rapport SWI 95.170, Nieuwegein, november 1995.
11. Hopman, R. en Puijker, L. M. (1996). *Glyfosaat en AMPA: aanwezigheid in de bronnen en verwijdering tijdens de drinkwaterbereiding.* H_2O (29) 1996, p. 42-44.
12. Huben, H. von (1991). *Surface water treatment: The new rules.* American Water Works Association, Denver, USA.
13. Medema, G. J., Ketelaars, H. A. M. en Hoogenboezem, W. (1996). *Cryptosporidium en Giardia in de Rijn en Maas.* RIVM-rapport 2892020, Bilthoven, mei 1996.
14. Reading, A. and Bell, J. (1995). *Inactivation of Cryptosporidium oocysts in surface waters using ozonation. Proceedings of the 12th World Congress of the International Ozone Association,* May 15-18, 1995, Lille, France, Vol. 1, pp. 467-476.
15. Nieminski, E. C. and Ongerth, J. E. (1995). *Removing Giardia and Cryptosporidium by conventional treatment and direct filtration.* Journal Am. Waterworks Ass. 87 (No. 9), 96-105.
16. Gregory, J. (1994). *Cryptosporidium in water: treatment and monitoring methods.* Filtration & Separation 31 (No. 3), 283-289.
17. Adham, S. S., Jacangelo, G. en Laîné, J.-M. (1995). *Low-pressure membranes: assessing integrity.* Journal Am. Waterworks Ass. 87 (No. 3), 62-75.
18. Jornitz, M., Waibel, P. J. and Meitzer, T. H. (1994). *Filters - The filter integrity test correlations.* Ultrapure Water 11 (No. 7), 59-64.
19. Hoek, J. P. van der, Bonné, P. A. C., Soest, E. A. M. van and Graveland, A. (1997). *Fouling of reverse osmosis membranes: Effect of pretreatment and operating conditions.* Proceedings of the AWWA Membrane Technology Conference, February 23-26, 1997, New Orleans, USA, pp. 1029-1041.
20. 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 AWWA Membrane Technology Conference, August 13-16, 1995, Reno, USA, pp. 277-294.
21. Boerlage, S. F. E., Kennedy, M. D., Witkamp, G. J., Hoek, J. P. van der and Schippers, J. C. (1997). *Prediction of $BaSO_4$ solubility in reverse osmosis systems. Proceedings of the AWWA Membrane Technology Conference,* February 23-26, 1997, New Orleans, USA, pp. 745-759.
22. Gemeentewaterleidingen Amsterdam (1996). *Tweede tussenrapportage inzake het onderzoek naar de uitbreiding van de productiecapaciteit van Gemeentewaterleidingen.* Rapport Gemeentewaterleidingen Amsterdam, 29 april 1996.

• • •