

Membraanfiltratie: een reële optie bij de drinkwaterzuivering?

Inleiding

In het afgelopen jaar zijn 2 studies uitgevoerd naar concrete toepassingen van membraanfiltratie bij de drinkwaterzuivering in Nederland [lit. 1 en 2]. Beide studies waren gericht op het evalueren van de technische en economische haalbaarheid van membraanfiltratie en het berekenen van de kostprijsverhoging van het drinkwater. Bij het uitvoeren van de studies is gebruik gemaakt van ervaringen bij grootschalige toepassing van



PROF. IR. J. C. VAN DIJK
DHV/TUD



IR. B. R. MUNNEKE, WDM



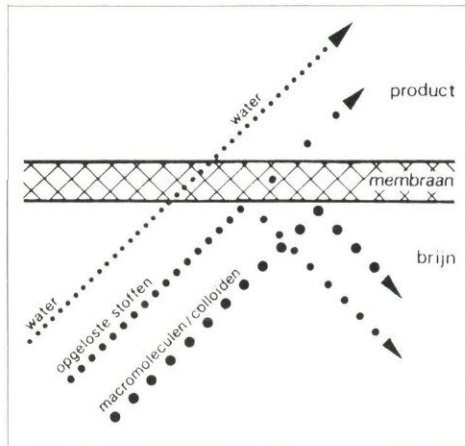
IR. B. KRAMER, PWN

membraanfiltratie in het buitenland en in de industrie. Voor de kostenramingen zijn daarnaast offertes gebruikt van gerenommeerde internationale leveranciers. De kostenramingen zijn voorts gebaseerd op gebruikelijke, conventionele criteria en ervaringen ('good engineering practice').

Kenschets membraanfiltratie

De kern van het membraanfiltratieproces bestaat uit een semipermeabel kunststof membraan, waar het water doorheen wordt geperst terwijl de verontreinigingen vrijwel volledig door het membraan

Afb. 1 - Principe membraanfiltratie.



Samenvatting

Membraanfiltratie is lange tijd gezien als een enigszins futuristisch, duur en gecompliceerd proces waarvan de toepassingen gezocht moesten worden in aride gebieden zonder zoet water en in specifieke industriële scheidingsproblemen. In de afgelopen 10 jaar blijkt het proces zich echter ontwikkeld te hebben tot een volwassen, betrouwbare techniek die serieuze overweging verdient, ook voor toepassing bij de drinkwaterzuivering in Nederland.

Vanuit het oogpunt van kwaliteit van het geproduceerde water is het proces onovertroffen en vormt het een unieke barrière in het zuiveringsproces: vrijwel alle denkbare verontreinigingen worden nagenoeg volledig tegengehouden (voornaamste uitzondering vormen laagmoleculaire en/of apolaire organische verbindingen).

De kosten van membraanfiltratie zijn de laatste jaren vrij sterk gedaald als gevolg van ontwikkelingen in ontwerp en nieuwe membranen. Het proces is nog steeds duurder dan conventionele zuiveringsprocessen; te weten f 0,80–f 1,00 per m³ gezuiverd water. In een aantal gevallen kan echter volstaan worden met een deelstroombehandeling, dat wil zeggen dat een deel van het (drink)water behandeld wordt in de membraanfiltratie-installatie, waarna het produktwater opgemengd wordt met het overige water. Op deze wijze kan een 50% reductie gerealiseerd worden van parameters als hardheid, Na, Cl, NO₃, SO₄ enz. tegen kosten van f 0,40–f 0,50 per m³ drinkwater.

Recent zijn een tweetal toepassingen van membraanfiltratie bij de drinkwaterzuivering in Nederland onderzocht, te weten:

1. verlaging van het zoutgehalte (Na en Cl) van het drinkwater van de WDM.
2. Ontharding en verlaging van het zoutgehalte (Na en Cl) van het drinkwater van PS Andijk van het PWN.

In beide gevallen werd geconcludeerd dat toepassing van membraanfiltratie door middel van een deelstroombehandeling zinvol en reëel is, terwijl de kosten niet onaanvaardbaar zijn (f 0,40–f 0,50 per m³ drinkwater). Afvoer van de brijn brengt geen onoverkomelijke problemen met zich mee, aangezien de brijn slechts uit 5x geconcentreerd drinkwater bestaat.

Op basis van deze resultaten lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat membraanfiltratie op dit moment een reële optie is bij de drinkwaterzuivering in Nederland. Wanneer gedacht wordt aan de voortsluitende vervuiling van de bronnen – die zich onder meer uit in een stijging van de concentraties van anorganische ionen als NO₃, SO₄, Cl, Ca, Mg, Na, K – ligt het voor de hand dat in de nabije toekomst bij meer pompstations de toepassing van membraanfiltratie overwogen zal worden.

worden tegengehouden en afgevoerd worden met de brijn (zie afb. 1). De poriegrootte van het membraan bepaalt primair het scheidend vermogen (zie tabel I), hoewel ook adsorptie aan en diffusie door het membraan een rol spelen. Het scheidend vermogen – ook wel retentie genoemd – van hyperfiltratiemembranen is zeer groot (zie tabel II). Hyperfiltratie – ook wel omgekeerde osmose genoemd – is een bekend en beproefd proces voor de ontzouting van brakwater en zeewater. Het wordt in het buitenland, met name in het Midden-Oosten op grote schaal toegepast (zie tabel III en afb. 3 [lit. 3 en 4]). Hierbij is gebleken dat het proces relatief eenvoudig van opzet is (modules bestaande uit een pomp en een aantal drukvaten) en dat de bedrijfsvoering niet bijzonder ingewikkeld of kwetsbaar is.

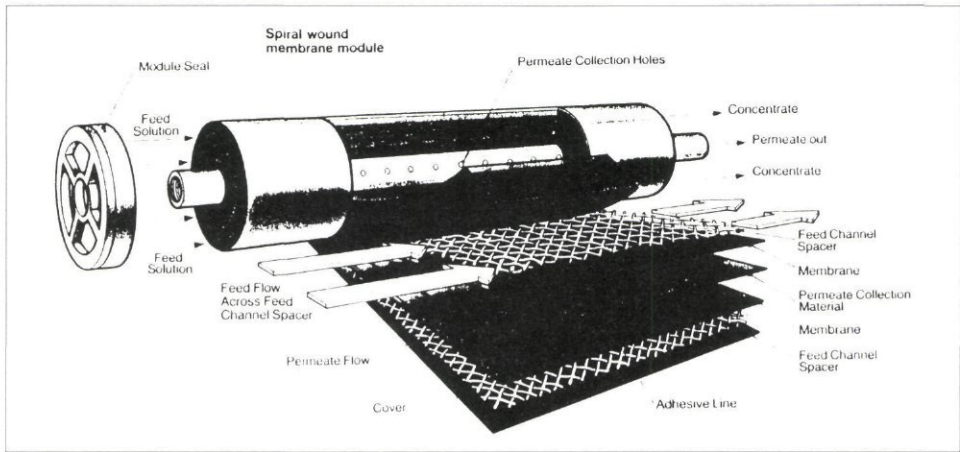
In Nederland staat bij Heineken een installatie van 325 m³/h en heeft het

KIWA jarenlang onderzoek verricht met behulp van proefinstallaties. Voor nadere informatie over de basisprincipes van het proces wordt verwezen naar de rapportages van het KIWA [lit. 5 en 6].

In de afgelopen jaren zijn door de industrie nieuwe membranen ontwikkeld van het type 'Thin Film Composite' (zie afb. 4). Deze membranen bestaan uit een zeer dunne (0,04–0,1 µm) laag van het eigenlijke scheidingsmembraan (materiaal polyamide, gesulfoneerd polysulfon of gesulfoneerd polyfuraan) op een microporeuze ondergrond (materiaal polysulfon, dikte 75 µm) en ondersteund door een polyester steunlaag van 120 µm dikte. Ten opzichte van de vroeger veel gebruikte cellulose-acetaat membranen hebben de composietmembranen superieure eigenschappen met betrekking tot stabiliteit (geen compactie, niet biologisch afbreekbaar, geen hydrolyse) retentie (98% in plaats van 95%) en flux (1,4 m/d

TABEL I – Membraanfiltratieprocessen.

Proces	Poriegrootte	Scheidend vermogen	Werkdruk
Microfiltratie	500 nm	Zwevende stof	1 bar
Ultrafiltratie	50 nm	Zwevende stof Colloidaal materiaal	3 bar
Hyperfiltratie	1 nm	Zwevende stof Colloidaal materiaal Opgeloste ionen Opgeloste macro-moleculen	20-60 bar

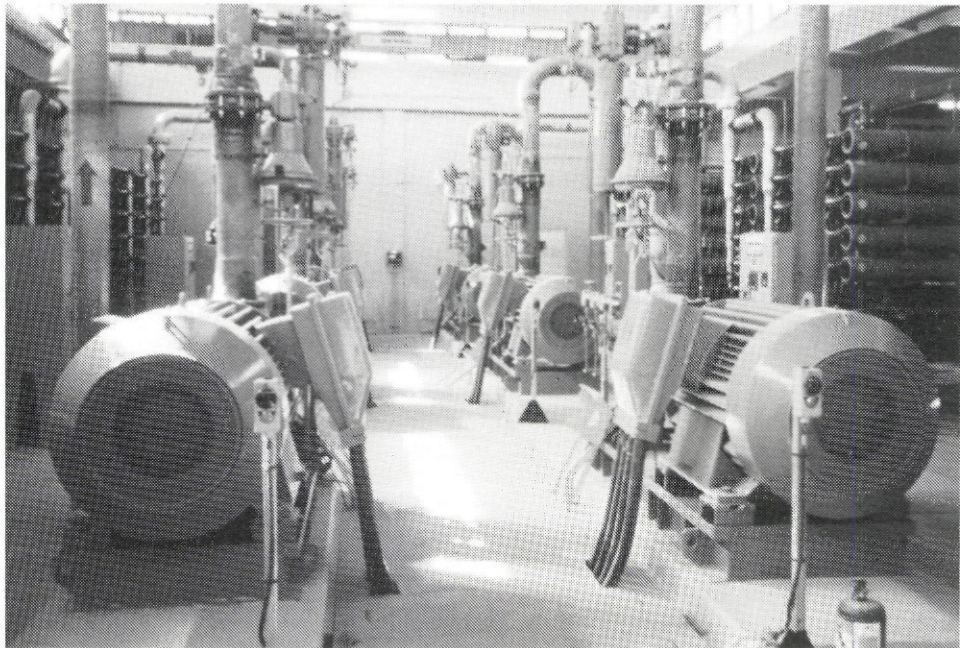


Afb. 2 – Spiral-wound configuratie (lit. 5).

TABEL II – Scheidend vermogen hyperfiltratiemembranen.

Component	Retentie
Opgeloste tweewaardige ionen (Ca, Mg, SO ₄)	> 99%
Opgeloste eenwaardige ionen (Na, K, SO ₄ , NO ₃)	> 98%
Opgeloste en colloïdale anorganische microverontreinigingen (zware metalen, aluminium, radio-actieve elementen)	> 98%
Bacteriën en virussen	> 99%
Opgeloste en colloïdale organische microverontreinigingen	
– molecuul gewicht > 100	> 90%
– molecuul gewicht < 100	0-90% (afh. polariteit)
Zeer substantiële verwijdering (90% of meer) van onder meer: DOC, TOC, KMnO ₄ , UV-adsorptie, THM Precursors, AOCl, pesticiden, reuk en smaak, PAK's.	
Slechte verwijdering van gehalogeneerde vluchtige koolwaterstoffen.	

Afb. 4 – Grootschalige membraanfiltratie in Saudi-Arabië (Qasim Project, circa 2.200 m³/h, lit. 4).



TABEL III – Hyperfiltratie in het buitenland [lit. 3 en 4].

52 installaties met capaciteit	>166 m ³ /h
Totaal geïnstalleerde capaciteit	400.000.000 m ³ /a
Grote installaties:	
Yuma (USA)	11.500 m ³ /h
Salbukh (S-A)	2.500 m ³ /h
Jeddah (S-A)	2.300 m ³ /h
Qasim (S-A)	2.200 m ³ /h
Riyadh (S-A)	4 x 1.200 m ³ /h

in plaats van 0,6 m/d bij 20 bar). Mede als gevolg hiervan zijn de kosten (en bijvoorbeeld ook het energiegebruik) duidelijk gedaald.

Ten aanzien van de configuratie van de membranen in een module wordt tegenwoordig uitsluitend nog het 'spiral-wound' systeem toegepast. Dit biedt voordelen met betrekking tot compactheid, robuustheid en beperkte gevoeligheid voor vervuiling (zie afb. 2).

Een belangrijke ontwerpparameter van een hyperfiltratie-installatie is de recovery, dit is het percentage van het voedingswater dat door het membraan wordt geperst. In de praktijk bedraagt dit circa 80%, zodat 20% van het voedingswater als geconcentreerde oplossing, de zogenaamde brijn afgevoerd moet worden. De brijn bevat alle zouten en overige componenten uit het voedingswater, zodat de concentraties circa 100 : 20 = 5 x verhoogd zijn. De brijn komt onder hoge druk vrij (circa 16 bar) zodat afvoer per transportleiding naar een geschikt lozingspunt voor de hand ligt. Hoewel een verantwoorde brijnafvoer in de literatuur vaak als probleem wordt gezien, dient hierbij opgemerkt te worden dat bij een goed ontwerp vrijwel geen zouten en overige componenten worden toegevoegd. De brijn bestaat dus slechts uit circa 5x geconcentreerd drinkwater, en kan derhalve nauwelijks milieubelastend zijn. Daarbij dient bedacht te worden dat de totale zoutbelasting niet toeneemt, maar dat alleen een scheiding in 2 stromen wordt gerealiseerd waardoor in principe een beter beheersbare situatie ontstaat.

Verlaging van het zoutgehalte van PS Monster van de WDM

De N.V. Westlandsche Drinkwaterleiding Maatschappij (WDM) heeft in haar voorzieningsgebied een groot aantal aangesloten glastuinbouwbedrijven die drinkwater voor gietwatertoepassingen gebruiken. De WDM distribueert dinkwater vanaf het PS Monster (geproduceerd uit voorgezuiverd Andelse Maaswater na duininfiltratie) en revens en-gros ingekocht drinkwater van Drinkwaterleiding (DWL) Rotterdam (geproduceerd uit Maaswater na opslag in de Biesboschbekkens en zuivering op de

Berenplaat) in hoofdzaak vanaf het inkooppunt Pettendijk.

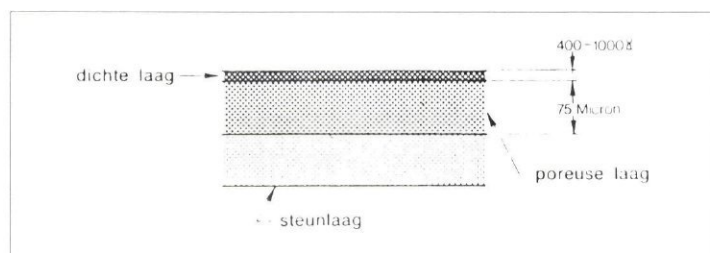
In afb. 5 wordt een overzicht gegeven van de watervoorziening door de WDM. De huidige door de WDM geleverde kwaliteit drinkwater voldoet volledig aan de eisen van het Waterleidingbesluit maar is onvoldoende voor de meest moderne substraatteelttechnieken en ontwikkelingen. Zoals tabel IV aantoont, zijn met name het Na- en Cl-gehalte te hoog wat tot gevolg heeft dat extra doorgespoeld moet worden. Dit leidt weer tot extra milieubelasting en kosten daar het drainwater naast zout ook aanmerkelijke hoeveelheden meststoffen en residuën van gewasbeschermingsmiddelen en dergelijke bevat. In overleg met de tuinbouworganisaties heeft de WDM daarom het initiatief genomen om te bestuderen tegen welke kostprijs de waterkwaliteit verbeterd kan worden tot de normen van klasse 1. Als meest aantrekkelijke variant kwam het schema van afb. 6 naar voren.

De waterbehoefte in 1995 bedraagt naar verwachting 20 miljoen m³, waarvan circa 11 miljoen m³ door de tuinders en circa 9 miljoen m³ door burgers en industrie. Bij een deelstroompercentage van 50% (reductie Na en Cl gehalte dus ook 50%) betekent dat dat circa 10 miljoen m³ door de hyperfiltratie-installatie zal moeten worden behandeld. Het ligt voor de hand om als voedingswater gebruik te maken van voorgezuiverd Andelse Maaswater aangezien dit relatief goedkoop is (f 0,45 per m³ tegen f 0,98 per m³ voor drinkwater) en in voldoende hoeveelheid beschikbaar.

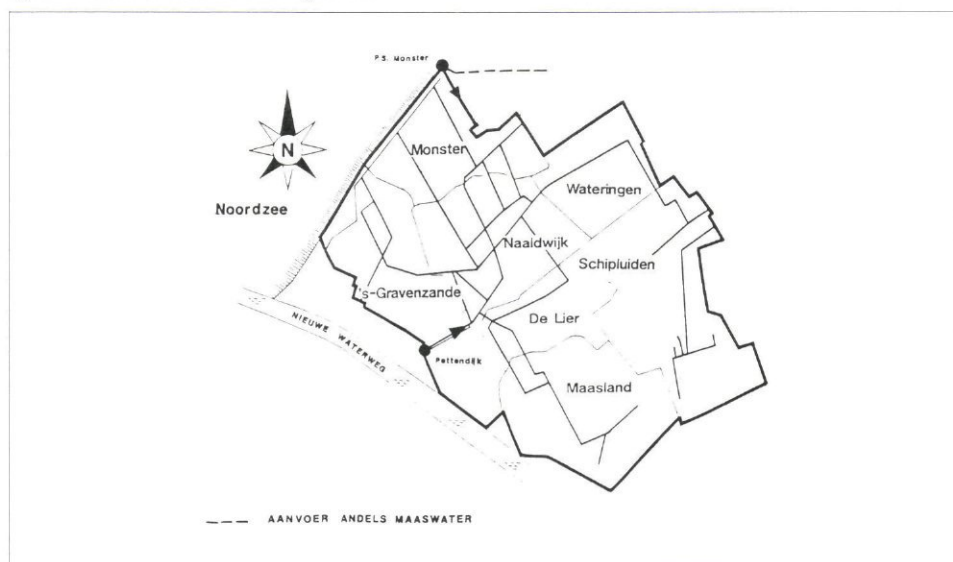
Voor de produktie van 10 miljoen m³ ontzout water is circa 12 miljoen m³ voedingswater nodig en ontstaat circa 2 miljoen m³ brijn. De brijn kan in principe via een bestaand gemaal (Vlotwatering) uitgeslagen worden op zee. Dit betekent geen extra belasting van het milieu aangezien de zouten uit het Andelse Maaswater afkomstig zijn. Bij de realisatie in de praktijk is voorzien dat het ontzoute water opgemengd wordt met het drinkwater op PS Monster en het inkooppunt Pettendijk zodat overal in het distributienet van de WDM een gelijke waterkwaliteit wordt verkregen. Dit betekent dat 5 miljoen m³ per transportleiding naar het inkooppunt Pettendijk wordt gebracht.

In afb. 7 is het processchema van de hyperfiltratie-installatie gegeven. De dosering van zuur is nodig teneinde afzettingen van CaCO₃ in de membranen

Afb. 4 – Opbouw composiet-membraan.



Afb. 5 – Overzicht watervoorziening WDM.



TABEL IV – Waterkwaliteit WDM in vergelijking tot klasse 1.

Parameter	PS Monster (WDM)	Inkooppunt Pettendijk (DWL) Rotterdam	Norm glastuinbouw (klasse 1)
Na (mg/l)	39	54	23
Cl (mg/l)	69	61	35

tegen te gaan, terwijl het produktwater over marmer gefiltreerd wordt om de hardheid en het bicarbonaatgehalte op de gewenste waarden in te stellen (eisen Waterleidingbesluit en VEWIN-aanbevelingen, TH = 1,5 mmol/l en TAC = 2 mmol/l).

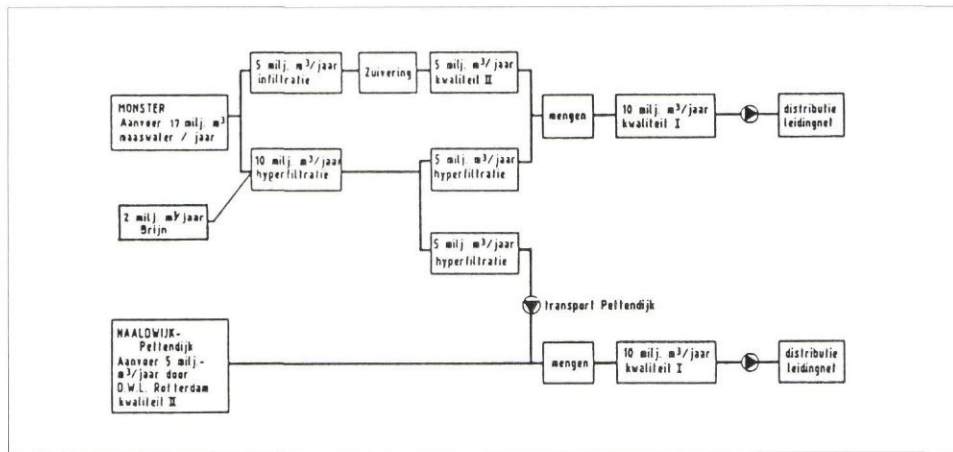
De resultaten van de kostenberekeningen zijn weergegeven in tabel V. Geconcludeerd wordt dat de kosten van de hyperfiltratie circa f 1,- per m³ ontzout water bedragen en derhalve f 0,50 per m³ gemengd water (deelstroombehandeling 50%). In dit specifieke geval is de totale kostprijsverhoging van het drinkwater overigens nog geringer, te weten f 0,32 per m³, aangezien het voorgezuiverde Andelse Maaswater aanzienlijk goedkoper is dan drinkwater. Uiteraard dient deze kostprijsverhoging voor het grootste deel opgebracht te worden door de tuinders die immers het meeste profiteren van de voordelen van het klasse 1 water (besparing meststoffen, minder waterinkoop, minder lozing drainwater en betere kwaliteitsbeheersing produktie sommige teelten). Daarnaast verbetert ook

de drinkwaterkwaliteit voor de burgers (verlaging hardheid, zoutgehalte, microverontreinigingen).

Het meest belangrijke voordeel van het project betreft uiteraard de aanzienlijke reductie op de belasting van het milieu (zout, meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen).

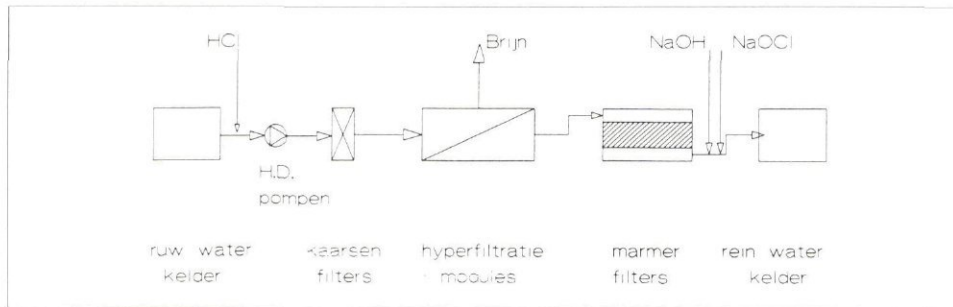
Ontharding en verlaging van het zoutgehalte bij PS Andijk van PWN

PS Andijk van het Provinciale Waterleidingbedrijf van Noord-Holland (PWN) neemt ruwwater in van het IJsselmeer hetgeen via een uitgebreide fysisch-chemische zuivering wordt behandeld. De capaciteit van het pompstation bedraagt 20 miljoen m³ per jaar. De samenstelling van het IJsselmeerwater wordt primair bepaald door de samenstelling van de Rijn, waarbij echter het zoutgehalte nog negatief beïnvloed wordt door kwel van brak grondwater en de zoute uitslag van polderwater van de Wieringermeer. Als gevolg hiervan zijn met name de concentraties van Na en Cl te hoog. Een probleem is voorts de hoge hardheid en



Afb. 6 – Schema toepassing hyperfiltratie PS Monster.

Afb. 7 – Processchema hyperfiltratie PS Monster



de lage TAC (Total Anorganic Carbon, zie tabel VI), waardoor chemische ontharding slechts mogelijk is met behulp van Na₂CO₃. Indien sanering van de zoutbelasting van het IJsselmeer achterwege blijft, zal toepassing van chemische ontharding derhalve in droge jaren leiden

TABEL V – Kosten hyperfiltratie PS Monster (50% deelstroom, cap. 20 miljoen m³/a).

Investeringen	
Hyperfiltratie	28 miljoen
Nabehandeling	9 miljoen
Transport, berging en menging	18 miljoen
Totaal	55 miljoen

Jaarlijkse kosten	
Afschrijvingen en rente*	5,3 miljoen
Energie	2,2 miljoen
Membraanvervanging	1,1 miljoen
Chemicalien	0,6 miljoen
Bediening	0,4 miljoen
Onderhoud	0,7 miljoen
Totaal	10,3 miljoen

x f 1,03/m³ ontzout water
 f 0,51/m³ gemengd water (50% deelstroom)
 f 0,32/m³ integrale kostprijsverhoging (50% deelstroom, inkoop Andelse Maaswater is goedkoper dan drinkwater).

* Basis: rente 7%

afschrijvingstermijn mech./el.	15 jaar
civil	25 jaar
leidingen	40 jaar

tot een vergaande overschrijding van de natriumnorm in het drinkwater. In dat geval is het noodzakelijk om bij toepassing van hardheidsverlaging ook het zoutgehalte te verlagen. Dit kan gerealiseerd worden door een deel van het water te ontzouten met behulp van hyperfiltratie (deelstroomontzouting), al of niet in combinatie met chemische ontharding. Bij een laag deelstroompercentage is additionele chemische ontharding noodzakelijk, bij een hoog deelstroompercentage vervult de hyperfiltratie beide functies (ontzouting

TABEL VII – Resultaten deelstroomvarianten PS Andijk (op basis van langjarig gemiddelde 1968-1988).

	deelstroom-variant 20%	deelstroom-variant 35%	deelstroom-variant 50%
1. chemische ontharding nodig?	ja, 0,46 mmol/l Na ₂ CO ₃	neen	neen
2. TAC verhoging nodig?	neen	neen	neen
3. Ca(OH) ₂ vervangen door NaOH?	ja, 0,92 mmol/l NaOH	ja, 0,92 mmol/l NaOH	gedeeltelijk 0,25 mmol/l NaOH
4. Na-reinwater gem. 1968-1988	132 mg/l	104 mg/l	82 mg/l
gem. 1972	189 mg/l	148 mg/l	112 mg/l
max. 1972	220 mg/l	174 mg/l	129 mg/l
5. Cl-reinwater gem. 1968-1988	152 mg/l	122 mg/l	94 mg/l
gem. 1972	238 mg/l	195 mg/l	149 mg/l
max. 1972	259 mg/l	209 mg/l	160 mg/l
6. Kosten f 7 milj./jaar	f 7 milj./jaar	f 7 milj./jaar	f 9 milj./jaar
35 cent/m ³	35 cent/m ³	35 cent/m ³	45 cent/m ³
inv. 35 milj.	inv. 35 milj.	inv. 40 milj.	inv. 47 milj.

TABEL VI – Samenstelling reinwater PS Andijk (minimum-maximum 1968-1988) en normen.

Parameter	Reinwater PS Andijk	Norm
Na	49-181 mg/l	120 mg/l*
Cl	82-305 mg/l	150 mg/l**
Ca	72-190 mg/l	150 mg/l
Mg	11-28 mg/l	50 mg/l
TH	2,3-4,0 mmol/l	> 1,5 mmol/l***
TAC	0,6-2,6 mmol/l	> 2,0 mmol/l****

* Waterleidingbesluit, ontheffing tot 150 mg/l mogelijk, waarbij gedurende een periode van 3 jaar 80% van de metingen lager moet zijn.

** Waterleidingbesluit: geldt voor jaar-gemiddelde.

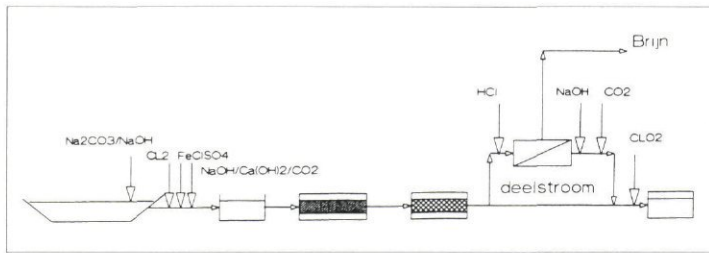
*** Waterleidingbesluit: geldt voor onthard en ontzout water.

**** VEWIN-aanbeveling.

en ontharding). Om tot een verantwoorde conclusie te komen over de optimale opzet van de ontharding en ontzouting op PS Andijk dienen vele factoren en alternatieven geanalyseerd en uitgewerkt te worden.

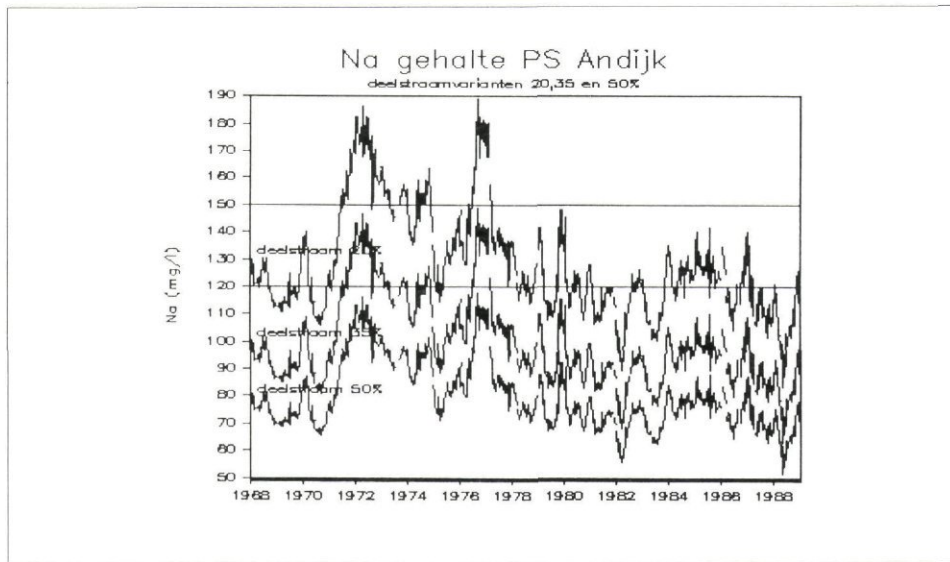
Genoemd worden hier de volgende aspecten:

- invloed variatie in ruwwaterkwaliteit (Na, Cl, TH, TAC) in de tijd ('natte' jaren en 'droge' jaren, variatie gedurende het jaar);
- invloed huidige fysisch-chemische zuivering (verhoging Na, Cl, TH tengevolge van chlorering met Cl₂, coagulatie met FeClSO₄, pH correctie met Ca (OH)₂ en pH correctie met NaOH);
- alternatieven fysisch-chemische zuivering (gebruik Ca(OH)₂ vervangen door NaOH, toepassen CO₂ en NaOH voor verhoging TAC);
- additionele chemische ontharding (met behulp van NaOH of Na₂CO₃);
- additionele deelstroomontzouting (met behulp van hyperfiltratie, tevens verhoging TAC produktwater met behulp van CO₂ en NaOH).



Afb. 8 – Processchema PS Andijk incl. chemische ontharding en deelstroomontzouting.

Afb. 9 – Berekende reinwaterkwaliteit PS Andijk bij deelstroomvarianten hyperfiltratie.



TABEL VIII – Mogelijkheden brijnafvoer PS Andijk

Afvoer naar	Vergunning verkrijgbaar	Realisatie binnen	Investerings miljoen gulden
Noordzee	ja	3 jaar	22,2
Waddenzee	ja	2 jaar	14,4
IJsselmeer	nee	–	3,0
Wieringermeer	?	? + 1 jaar	9,0
Injectie ondergrond	?	? + 2 jaar	0,7

Teneinde de problematiek 'beheersbaar' te maken en in verband met het feit dat de hyperfiltratie het duurste proces is, is gekozen voor een benadering waarbij 3 deelstroomvarianten als uitgangspunt genomen zijn, te weten 20%, 35% en 50% (zie afb. 8).

Van deze 3 varianten zijn vervolgens aan de hand van de feitelijke waterkwaliteitsgegevens van de periode 1968-1988 de consequenties doorgerekend met betrekking tot waterkwaliteit en kosten (bij ontharding tot 1,5 mmol/l TH en 2 mmol/l TAC).

De resultaten zijn weergegeven in tabel VII en leiden tot de volgende conclusies:

1. de deelstroomvariant 20% is niet aantrekkelijk; de kosten zijn relatief hoog (tengevolge van kosten chemische ontharding en slibverwerking) en de reinwaterkwaliteit blijft relatief slecht.

2. De deelstroomvariant 35% levert een gemiddeld acceptabele reinwaterkwaliteit tegen kosten van 35 ct/m³. In droge jaren (1972, 1973, 1974, 1976 en 1977) worden de normen voor Na en Cl nog overschreden.

3. De deelstroomvariant 50% levert een goede waterkwaliteit tegen kosten van 45 ct/m³. Ook in droge jaren worden de normen niet overschreden (als jaargemiddelde).

In afb. 9 is de berekende waterkwaliteit met betrekking tot Na voor de drie deelstroomvarianten gedurende de jaren 1968-1988 weergegeven.

Uit de kostenopbouw kan tevens opgemerkt worden dat de kosten voor een groot deel vastliggen met het gekozen ontwerp (deelstroompercentage) en niet beïnvloed kunnen worden door bedrijfsvoeringsopties. Dit geldt in ieder geval

TABEL IX – Kosten hyperfiltratie PS Andijk (50% deelstroom, cap. 20 miljoen m³/a).

Investerings	
Hyperfiltratie	27 miljoen
Voor- en nabehandeling	2 miljoen
Brijnafvoerleiding	18 miljoen
Totaal	47 miljoen
Jaarlijkse kosten	
Afschrijvingen en rente*	4,4 miljoen
Energie	1,5 miljoen
Membraanvervanging	0,6 miljoen
Chemicalien	1,1 miljoen
Bediening	0,5 miljoen
Onderhoud	0,7 miljoen
Totaal	8,8 miljoen

X f 0,88/m³ ontzout water
f 0,44/m³ gemengd water (50% deelstroom)

* Basis: rente 7%
afschrijvingstermijn mech./el. 15 jaar
civiel 25 jaar
leidingen 40 jaar

voor de posten afschrijvingen en bediening, maar in feite voor een belangrijk deel ook voor onderhoud en membraanvervanging. Dit betekent dat in feite alleen de energiepost overblijft als besparingsmogelijkheid in perioden van betere waterkwaliteit.

De mogelijkheden voor de afvoer van de brijn zijn samengevat in tabel VIII.

Afvoer van de brijn naar de Noordzee en de Waddenzee zijn zonder meer realiseerbaar, waarbij de afvoer naar de Waddenzee (via een zinker door het IJsselmeer) het goedkoopst is. De overige mogelijkheden – afvoer naar het IJsselmeer, afvoer naar de Wieringermeer en injectie in de ondergrond – wil het PWN verder niet beschouwen aangezien ze dit uit milieuoverwegingen ongewenst vindt. Vooralsnog is in de kostenramingen uitgegaan van een afvoer naar de Waddenzee.

Geconcludeerd wordt dat gecombineerde ontharding en verlaging van het zoutgehalte mogelijk is bij de varianten 35% en 50% deelstroombehandeling en dat de kosten circa f 0,35–f 0,45 per m³ drinkwater bedragen. In tabel IX zijn de kosten van de variant 50% deelstroom nader gedetailleerd. Hierbij dient nog opgemerkt te worden dat het PWN rekent met een afschrijvingstermijn van 10 jaar voor het gehele project in verband met de (mogelijke) implementatie van het Rijn-Zoutverdrag. Met deze afschrijvingstermijn worden de kosten f 0,45–f 0,55 per m³ drinkwater.

Conclusies

1. Membraanfiltratie heeft zich in de afgelopen 10 jaar ontwikkeld tot een volwassen, betrouwbare techniek die onovertroffen is vanuit het oogpunt van waterkwaliteit en die serieuze overweging

verdient voor toepassing bij de drinkwatervoorziening in Nederland.

2. De kosten van membraanfiltratie zijn duidelijk gedaald als gevolg van nieuwe ontwikkelingen met betrekking tot ontwerp en membranen.

De kosten bedragen circa f 0,80–f 1,- per m³ gezuiverd (ontzout) water.

3. De brijnafvoer behoeft geen onoverkomelijke problemen met zich mee te brengen, aangezien de brij slechts bestaat uit circa 5x geconcentreerd drinkwater. Daarnaast neemt de totale zoutlast niet toe.

4. In veel gevallen ligt een deelstroombehandeling voor de hand (reductie hardheid, Na, Cl, NO₃, SO₄ etc.) waardoor de kosten per m³ drinkwater evenredig dalen (bijvoorbeeld circa f 0,40–f 0,50 bij 50% deelstroombehandeling).

5. Concrete toepassingsmogelijkheden voor membraanfiltratie zijn:

– verlaging van het zoutgehalte van het drinkwater van de WDM (ten behoeve glastuinbouw)

– gecombineerde ontharding en verlaging van het zoutgehalte van het drinkwater van PS Andijk van PWN.

In beide gevallen is een deelstroombehandeling van circa 50% mogelijk tegen kosten van f 0,45–f 0,50 per m³.

6. De verwachting lijkt gerechtvaardigd dat in de nabije toekomst op meer pompstations toepassing van hyperfiltratie overwogen zal worden, onder meer voor de reductie van NO₃, SO₄, Cl, Ca, Mg, Na en K.

Literatuur

1. *Studie waterkwaliteit klasse 1 ten behoeve van de Westlandse tuinbouw*. DHV Raadgevend Ingenieursbureau, januari 1988, Amersfoort.

2. *Studie toepassing hyperfiltratie PS Andijk*. DHV Raadgevend Ingenieursbureau, juni 1988, Amersfoort.

3. *1988 IDA Worldwide Desalting Plants Inventory*. IDA, Topsfield, Mass., USA.

4. Moel, P. J. de, Gier, R. F. M. de, Onderdelinden, G. (1981). *Design of the 50.000 m³/d treatment plant for Qasim S.A.: Desalination of brackish water at 99% recovery*. Desalination, 55, p. 343–356.

5. Schippers, J. C., Kostense, A. (1982). *Overzicht ontzoutingstechnieken, deelrapport 16 IODZH*. RID Leidschendam.

6. Schippers, J. C., Kostense, A. (1981). H₂O (25) 1981, p. 610–617. *Kwaliteitsverbetering door hyperfiltratie*.



Boekbespreking: Sewage sludge treatment and use

Van 19 tot 23 september 1988 vond in Amsterdam, gelijktijdig met de Aquatech, een conferentie plaats over slib, getiteld: 'Sewage sludge treatment and use; new developments, technological aspects and environmental effects'.

De proceedings van deze conferentie zijn onlangs in boekvorm verschenen, onder redactie van A. Dirkzwager en P. l'Hermite. Volgens de omslag bevat dit boekwerk in grote lijnen de resultaten van het EG Cost 681 programma 'Treatment and use of organic sludges and liquid agricultural wastes'. Het boek is bestemd voor 'specialisten op het gebied van agrarische afvalstoffen, proces ingenieurs, ontwerpers van milieu-installaties, universitaire en industriële onderzoekers en milieudeskundigen'.

Het is moeilijk om een boek in algemene zin te beoordelen; deze boekbespreking beperkt zich dan ook tot het gebied van de afvalwaterbehandeling.

Nieuwe EG-richtlijnen zullen het steeds moeilijker maken afvalwaterslib op landbouwgronden kwijt te raken.

Dit, gecombineerd met het toenemende bezwaar tegen zeelozingen en de beperkte mogelijkheden tot storten, betekent een toenemende druk om alternatieve routes, zoals verbranden en drogen, te vinden voor toenemende slibhoeveelheden. In dit kader is het verrassend dat toch nog meer dan één derde van het symposium gewijd is aan aspecten betreffende de landbouwkundige bestemming!

Allereerst vertellen enkele bijdragen over diverse algemene aspecten van slib, zoals produktie en behandeling, eigenschappen en hoeveelheden en dergelijke.

Vervolgens wordt nog eens uitgebreid stilgestaan bij de landbouwkundige bestemming en hergebruiksopties.

Er komen zelfs weer ideeën naar voren om het slib in de bosbouw te gaan toepassen (Noorwegen). Interessant wordt het pas als ontwatering aan de beurt komt; dit omvat echter slechts twee, nogal door leveranciers gekleurde, bijdragen.

Aan verbranding en andere thermische processen wordt steeds meer aandacht besteed. Een redelijk overzicht van de stand van zaken op dit gebied wordt gepresenteerd. Tenslotte wordt het 'symposium'-gedeelte afgesloten met enkele artikelen over stortplaatsen en de invloed van slib daarop.

Mogelijk interessante zaken komen naar voren in het 'poster'-gedeelte. Hierdoor wordt dit boek duidelijk meer lezenswaard. 27 Korte bijdragen geven een beeld van de veelzijdige ontwikkelingen op slibgebied, zij het dat ook hier (landbouwkundig) hergebruik (te) veel aandacht krijgt. Opvallende items zijn: biologisch drogen, anaëroob/aërobe behandeling, aëroob thermofiele behandeling, magnetische extractie van zware metalen, elektro-acoustische ontwatering, VerTech, compostering, hergebruik verbrandingsresten, membraanfilterpers.

Al met al biedt het boek een veelzijdig overzicht met veel informatie en op enkele plaatsen nieuwe inzichten. Degenen die alles van slib willen weten, kunnen er hun voordeel mee doen.

prof. ir. J. H. J. M. van der Graaf

Koninklijk onderscheiden

Ter gelegenheid van de verjaardag van Hare Majesteit de Koningin is ook een aantal personen onderscheiden die onder de lezers van dit blad bekendheid genieten:

- ir. M. H. C. Lodewijks, lid van het College van Gedeputeerde Staten van Limburg; ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw;
- W. Don, lid van het College van Gedeputeerde Staten van Zeeland; ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw;
- dr. J. H. Dewaide, directeur van de directie Drinkwater, Water en Bodem van het Directoraat-Generaal Milieubeheer in Leidschendam; officier in de Orde van Oranje Nassau;
- dr. H. M. Klouwen, Regionaal inspecteur van de volksgezondheid, belast met het toezicht op de hygiëne van het milieu; officier in de Orde van Oranje Nassau;
- drs. J. H. M. Kienhuis, oud-algemeen directeur en -secretaris van de Unie van Waterschappen; officier in de Orde van Oranje Nassau.