



WMO gaat nieuw concept voor nanofiltratie toepassen

JACQUES VAN PAASSEN, WATERLEIDING MAATSCHAPPIJ OVERIJSSSEL

WALTER VAN DER MEER, NUON WATER FRIESLAND

PETER WESSELS, DHV WATER

CAREL AEIJLS-AVERINK, DEMITEC BV

Waterleiding Maatschappij Overijssel heeft afgelopen voorjaar een nieuw hydraulisch ontwerp voor nanofiltratie getest. Het nieuwe ontwerp gaat uit van minder achter elkaar geschakelde membraan-elementen, waardoor energieverliezen door stromingsweerstand worden geminimaliseerd. Hierdoor kan tot 20 procent op het membraanoppervlak worden bespaard. De tests zijn voor WMO aanleiding om, als eerste in Nederland, het nieuwe ontwerp toe te gaan passen. Het hydraulisch geoptimaliseerde ontwerp is ontwikkeld door Nuon Water Friesland (Waterleiding Friesland), Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant en DHV.

Waterleiding Maatschappij Overijssel gaat op verschillende locaties nanofiltratie toepassen op anaëroob en ijzerhoudend grondwater. Met de nanofiltratie worden zowel kleur als hardheid verlaagd, naast andere ionen als ijzer en mangaan.

WMO wilde het door Waterleiding Friesland, Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant en DHV ontwikkelde hydraulisch gepatenteerde ontwerp^{3),5)} testen vanwege de kostenbesparingen die dit ontwerp oplevert. Het proefonderzoek is uitgevoerd door medewerkers van de drie genoemde bedrijven én Demitec en Kiwa. De proefinstallatie (afbeelding 1) is geleverd door Demitec membraanfiltratie.

De belangrijkste onderzoeksvraag was: leidt het hydraulisch geoptimaliseerde ontwerp tot (meer) scaling of fouling op de membraan elementen?

De achtergrond van deze vraag moet worden gezocht in de langsstroming. Een bepaalde mate van langsstroming is noodzakelijk om de concentratie polarisatie aan het membraanoppervlak te beperken. Bij een te hoge concentratie polarisatie kan scaling van het membraanoppervlak plaatsvinden doordat oplosbaarheidsproducten van zouten (teveel) worden overschreden.

In de huidige beschikbare projectieprogramma's van membraanleveranciers wordt een minimale langsstroming in de

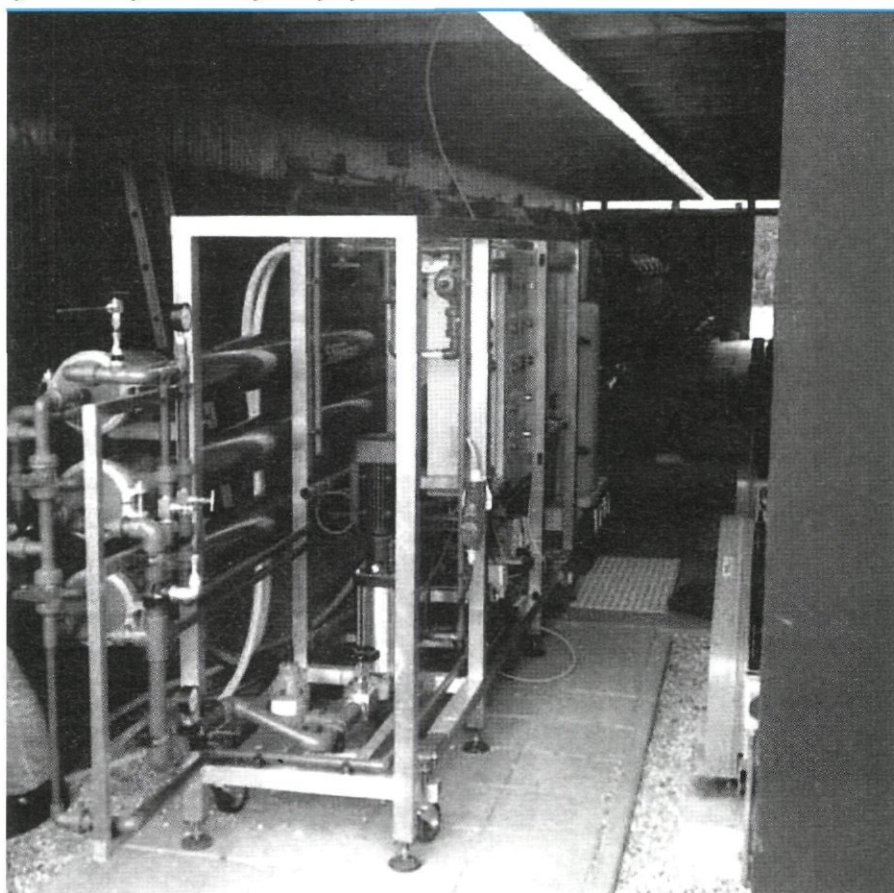
membraan-elementen vereist welke niet mag worden overschreden. Bij overschrijding geven de projectie programma's een foutmelding. De

minimaal vereiste langsstroming wordt veelal gedefinieerd in de vorm van vuistregels. De eisen voor het hydraulisch ontwerp ten aanzien van langsstroming worden gelijkgesteld voor zowel zeewater-ontzouting als nanofiltratie/hyperfiltratie van zoet oppervlakte- of grondwater.

Met de conventionele membraanconfiguraties, waarbij zes of zeven elementen in serie in drukvaten worden geplaatst, bedraagt het hydraulisch verlies al snel 20 tot 30 procent van de voedingsdruk^{1),2),4)} bij nanofiltratie of lage druk-hyperfiltratie. Door nu uit te gaan van een configuratie met drie elementen in serie in drukvaten geplaatst, kan circa 15 tot 20 procent worden bespaard op membraanoppervlak. Als echter projectieberekeningen worden gemaakt van deze configuratie, wordt met de huidige programma's de foutmelding 'langsstroom-snelheid te laag' gegeven.

Waterleiding Maatschappij Overijssel bleek bereid om het door WLF/WOB/DHV voorgestelde ontwerp met drie elementen in serie in drukvaten uitgebreid te testen met het oog op de potentiële besparingen. Bovendien bestond, op basis van reeds verrichte onderzoeken^{1),2),4)} en op basis van besprekingen met diverse deskundigen, waaronder membraanleveranciers, de indruk dat bij nanofiltratie een hogere β -factor kon worden toegestaan als bij bijvoorbeeld zeewater-

Afb. 1 Proefinstallatie nanofiltratie pompstation Boerhaar.



ontzouting. De nieuwe configuratie mocht daarbij natuurlijk geen aanleiding geven tot ernstige scaling en fouling van de membranen.

Proefonderzoek

Met het proefonderzoek wilde WMO onderzoeken of een configuratie met drie elementen in serie geen ernstige problemen met scaling en fouling van de membranen zou opleveren.

Gedurende acht weken zijn tests uitgevoerd met een installatie met de in tabel 1 aangegeven kenmerken en procesparameters. De proefinstallatie is gevoed met anaëroob grondwater.

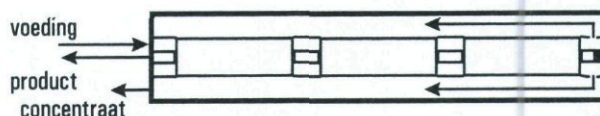
De proefinstallatie was uitgerust met drie PVC drukvaten (doorsnede 160 mm, drie meter lengte) waarin de 4 inch membranen zijn geplaatst volgens het gepatenteerde ontwerp^{3,5)}. De aansluiting van voeding, permeaat en concentraat zijn hierbij aan een zijde gesitueerd (zie afbeelding 2 t/m 4). Het concentraat stroomt vanaf het uiteinde van de drukvaten tussen de membraanelementen en het drukvat terug naar de aansluiting van de concentraat afvoer. Bij toepassing op praktijk-schaal worden drukvaten voor zes elementen toegepast, waarbij aan beide zijden van het drukvat aansluitingen voor voeding, product en concentraat zijn gesitueerd. Hiermee kan het hydraulische concept van drie elementen in serie worden toegepast, zonder de aanschaf van een fors aantal extra drukvaten.

Resultaten

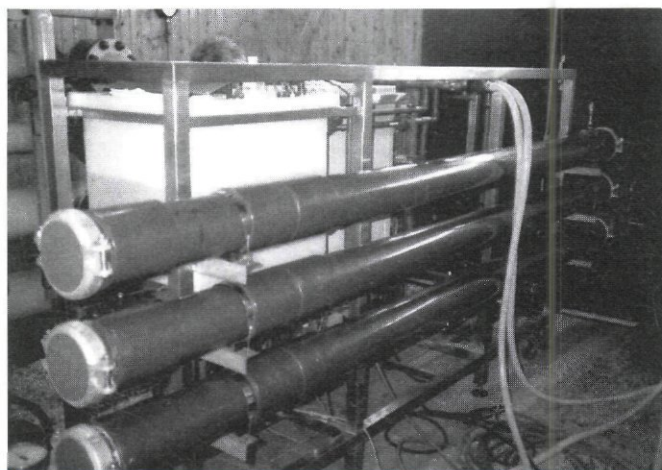
De proefinstallatie is, behoudens één storing op dag 20, gedurende acht weken continu in bedrijf geweest. In de periode van dag 30 tot 35 is bovendien de anti-scalant dosering circa 50 procent lager geweest dan bedoeld. Elke werkdag zijn handmatig metingen uitgevoerd en wekelijks zijn monsters genomen en geanalyseerd op de relevante parameters.

Bedrijfsvoering

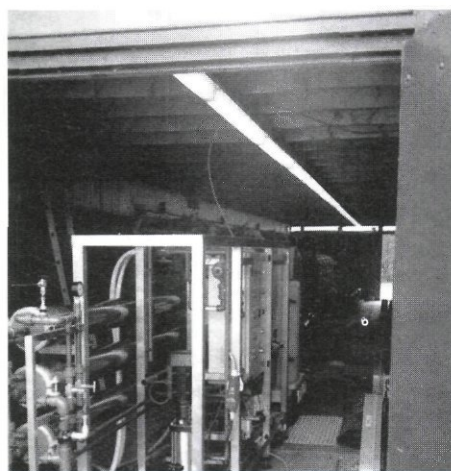
De flux was gemiddeld circa 23,8 l/(m².h) gedurende het gehele onderzoek. In de tweede stage is de flux hoger geweest dan in de eerste (zie afbeelding 5). Dit werd veroorzaakt door de staging 2:1. De installatie werd geregeld op een vaste flux en de recovery is gedurende het gehele onderzoek circa 81 procent geweest.



Afb. 2 Schematische voorstelling van de in de proefinstallatie gebruikte drukvaten.



Afb. 3 PVC-drukvaten met concentraatafvoer tussen drukvat en membraanelementen.



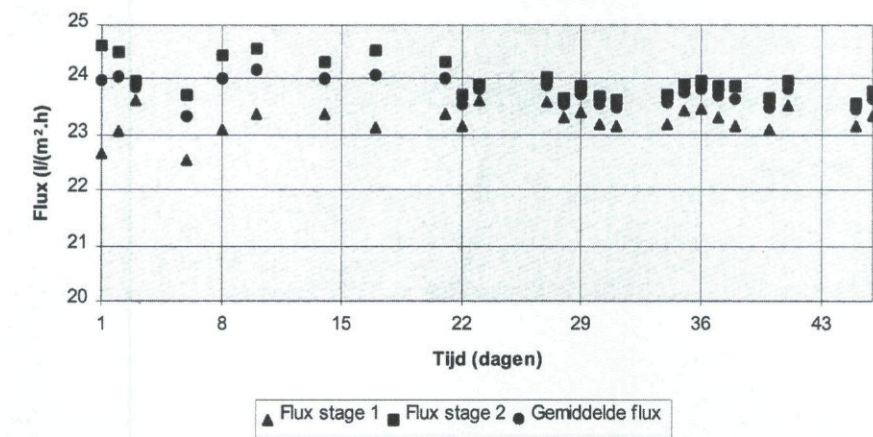
Afb. 4 Aansluitingen voeding, permeaat en concentraat aan één zijde van de drukvaten.

Tabel 1 Kenmerken proefinstallatie en proces parameters proefonderzoek nanofiltratie Boerhaar.

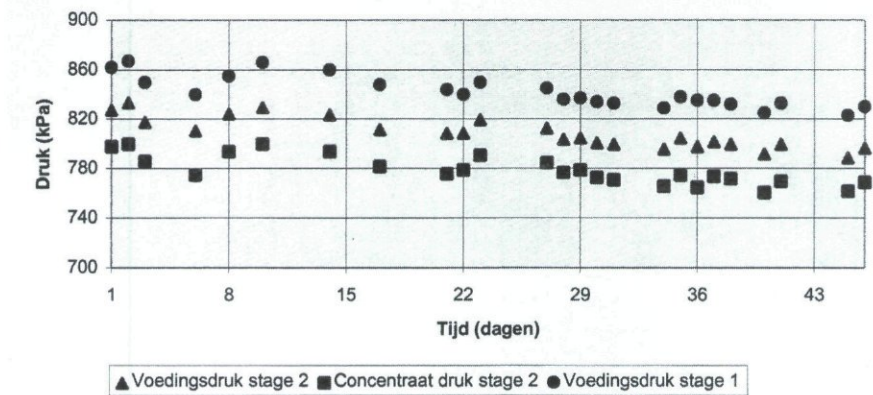
	Proefonderzoek	Opmerkingen
Installatie:		
- membraan elementen in serie	3	huidige praktijk: zes tot zeven elementen in serie
- staging	2:1	
- totaal aantal membranen	9	
- gebruikte elementen	TS-80 (4 inch)	
- metingen	handmatig	
Procesparameters:		
- dosering	permatreat 191	Er is geen zuur gedoseerd.
- voedingsdruk	8,4 bar	
- voedingsdebiet	2,1 m ³ /h	
- recovery	81%	
- gemiddelde flux	circa 23,8 l/(m ² .h)	huidige praktijk: circa 20 l/(m ² .h) bij 8,4 bar
- drukverschil voedings-spacers stage 1	circa 0,33 bar	huidige praktijk: circa 1 bar
- drukverschil voedings-spacers stage 2	circa 0,30 bar	huidige praktijk: circa 1 bar

Het verloop van de voedingsdruk en de genormaliseerde drukval over de voedings-spacers van stage 1 en 2 is weergegeven in afbeelding 6. Er is geen verontrustende stijging in de voedingsdruk waargenomen. Ook de genormaliseerde drukverschillen over de beide stages zijn gedurende het gehele onderzoek constant gebleven. Uit deze gegevens kan derhalve geen vervuiling van de voedings-spacers van de membranen worden aangetoond.

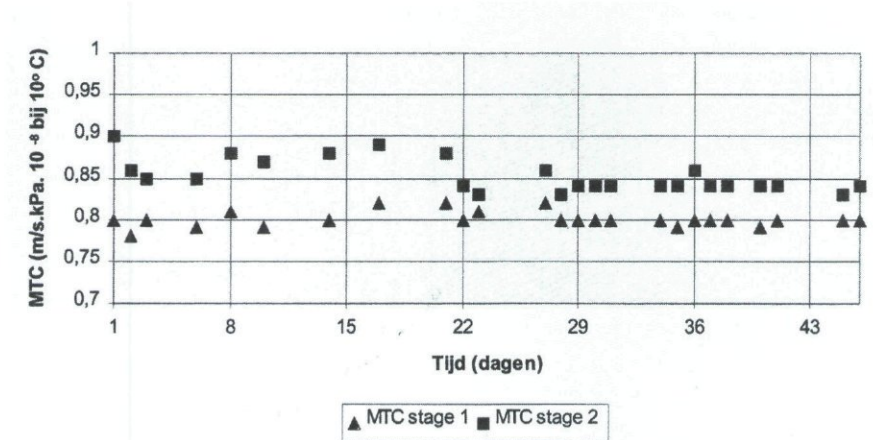
De Massa Transport Coëfficiënt (MTC) geeft een indruk van het massa-transport door het membraan. Als de MTC een daling vertoont, betekent dit een daling van de doorlatendheid van het membraan, hetgeen veroorzaakt kan zijn door scaling of fouling van het membraanoppervlak. De genormaliseerde MTC over beide stages is weergegeven in afbeelding 7. Uit de afbeelding blijkt dat de MTC gedurende de gehele proefperiode constant is gebleven. Het verloop van de MTC



Afb. 5 Fluxverloop nanofiltratie proefinstallatie Boerhaar.



Afb. 6 Verloop voedingsdruk en genormaliseerde drukval stage 1 en 2 bij nanofiltratie op de proefinstallatie Boerhaar.



Afb. 7 Verloop Massa Transport Coëfficiënt stage 1 en 2 bij nanofiltratie op proefinstallatie Boerhaar

Tabel 2 Kwaliteit voeding, product en concentraat in het proefonderzoek op pompstation Boerhaar.

	pH	EGV	waterstof carbonaat	calcium	sulfaat	barium	ijzer	mangaan	kleur
eenheid	-	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg Pt/l
voeding	7,2	64	330	130	70	165	4,3	0,28	19
product	6,1	5	25	<2,5	<2,5	4	0,08	<0,005	2
concentraat	7,6	240	1600	620	350	750	20	1,2	56
retentie	-	92%	92%	98%	96%	98%	98%	98%	89%

is dermate constant dat scaling niet lijkt te zijn opgetreden.

Op dag 20 is een eenmalige daling van de MTC zichtbaar. Waarschijnlijk is deze daling veroorzaakt door het onvoldoende doorspoelen van de membranen bij de storting op dag 20. Als het concentraat niet wordt uitgespoeld kan er scaling ontstaan omdat de gedoseerde anti-scalant een werkingsduur van slechts 30 minuten heeft.

In tabel 2 zijn de gemiddelde waarden van de belangrijkste kwaliteitsparameters weergegeven voor de voeding, het product en het concentraat. Het grondwater van pompstation Boerhaar bevat ook barium en sulfaat. Een van de belangrijkste zorgen was derhalve dat in de proefinstallatie scaling met bariumsulfaat zou optreden. Deze vorm van scaling is zeer moeilijk te verwijderen. Een ijzergehalte van 4,3 mg/l is geen probleem zolang de gehele installatie goed anaëroob kan worden opgestart en bedreven.

Uit tabel 2 blijkt dat de tweewaardige ionen voor circa 98 procent door het membraan worden tegengehouden.

Autopsie membranen

Na afloop van het proefonderzoek is het laatste membraan element van stage 2 uitgebreid door TNO geanalyseerd met behulp van Scanning Electron Microscopy. Bij het openmaken (autopsie) van het membraanelement was een lichte, bruin-grijze aanslag zichtbaar. Bij nadere analyse bleek het te gaan om neerslag met de elementen calcium, ijzer en fosfor. Een neerslag met barium is niet aangetroffen.

Wel is er een lichte scaling opgetreden van ijzer, calcium en fosfaat. Deze scaling kan zijn veroorzaakt tijdens de normale bedrijfsvoering, tijdens de storting van de installatie op dag 20 en tijdens de opstart van de installatie.

Tijdens de storting op dag 20 is de installatie niet voldoende doorgespoeld voor het uit bedrijf nemen. Hierdoor kan scaling met Ca

worden verklaard: tijdens het proefonderzoek is alleen anti-scalant gedoseerd (geen zuur). Deze anti-scalant heeft echter een werkingsduur van circa 30 minuten. De opstart van de installatie is de eerste maal mislukt wegens technische problemen. Hierdoor zijn de membranen, na in

contact te zijn geweest met ijzerhoudend en anaëroob grondwater, enkele dagen buiten de installatie in opslag geweest. Dit zou een aannemelijke verklaring kunnen zijn voor de opgetreden scaling met ijzer.

Conclusie

Het proefonderzoek geeft aan dat het nieuwe hydraulische concept werkt. Er is tijdens de bedrijfsvoering geen significante toename van de voedingsdruk waargenomen en ook het verloop van de MTC en de genormaliseerde drukval over de stages gaf geen aanleiding tot zorg. De in de autopsie gevonden scaling is naar verwachting goed te verwijderen met een chemische reiniging, bovendien zijn er aanwijzingen dat deze scaling is veroorzaakt door buitengewone omstandigheden. ■

LITERATUUR

- 1) M. Riemersma: Nanofiltratie efficiënter en goedkoper. Afstudeerverslag Technische Universiteit Delft, augustus 1997.
- 2) M. Riemersma, W. van der Meer en J. van Dijk. Naar twee elementen per drukvat? *H₂O* (1998), nr 1, pagina 22-26.
- 3) L. Wessels, W. van der Meer, W. van Paassen en G. Vos. Innovative design of nano- and ultrafiltration plants *Desalination* 118 (1998), pages 341-345.
- 4) W. van der Meer, M. Riemersma en J. van Dijk. Only two membrane modules per pressure vessel? Hydraulic optimization of spiral-wound membrane filtration plants. *Desalination* 119 (1998), pages 57-64. Voordracht gehouden tijdens de conferentie 'Membranes in drinking and industrial water production' van de International WaterSupply Association, september 1998 in Amsterdam.
- 5) B. van Efferen, L. Wessels, W. van der Meer, W. van Paassen en G. Vos. Innovative design of nano- and ultrafiltration plants, a new approach in membrane system design. Voordracht gehouden tijdens de Membrane Technology Conference van de American WaterWorks Association, maart 1999 in Long Beach, California.