

## Korrelreactoren voor ontharding; membraanprocessen voor gecombineerde problemen

### Ontharden in de toekomst

Op 4 oktober 1995 heeft de werkgroep Conditionering, onder voorzitterschap van ir. J. M. J. M. van Eekhout (WMG), een workshop verzorgd over ontharden in de toekomst. De doelstelling van deze workshop was tweeledig:

- verzamelen van argumenten op basis waarvan waterleidingbedrijven die invoering van ontharding overwegen, een keuze kunnen maken tussen ontharding in korrelreactoren en ontharding met membraanprocessen;
- eventueel bijsturen van het onderzoek binnen het aandachtsveld Conditionering in het VEWIN-onderzoekprogramma.

### Verdergaande invoering ontharding

Naar verwachting komt circa 20 procent (220 miljoen m<sup>3</sup> per jaar) van het in Nederland geproduceerde drinkwater nog in aanmerking voor ontharding. Het resterende drinkwater heeft van nature al een lage hardheid (50%) of wordt inmiddels onthard (30%, zie afb. 1).

Hoewel nog slechts 20% van de drinkwaterproductie in aanmerking komt voor ontharding, betreft het wel een groot aantal pompstations. Een oriëntatie op basis van VEWIN-statistieken geeft aan dat naar verwachting op circa 80 lokaties het metaaloplossend vermogen en de hardheid nog (te) hoog zijn. Ter illustratie: momenteel zijn op 21 pompstations onthardingsinstallaties met korrelreactoren in bedrijf; op twee lokaties wordt water onthard door middel van vlokvorming.

Het merendeel van de pompstations die nog voor ontharding in aanmerking komen heeft een capaciteit kleiner dan 5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.

Invoering van ontharding op deze pompstations wordt mogelijk belemmerd door een aantal specifieke problemen, zoals vergunningverlening in verband met de

bouwhoogte van korrelreactoren, toename van de tijd die nodig is voor onderhoud en bedrijfsvoering en de relatief hoge kosten. Daarbij komt dat bijna de helft van deze lokaties ook te maken heeft met een (te) hoge kleur of met (te) hoge gehalten nitraat, sulfaat, zout of bestrijdingsmiddelen. Hier is een integrale aanpak van problemen gewenst, en zijn membraanprocessen een serieuze optie.



Afb. 2 - Korrelreactoren in de onthardingsinstallatie op drinkwaterproductiebedrijf Leiduin van Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

### Ontharding in korrelreactoren

Ir. R. H. M. Bos (WMD), voorzitter van de projectbegeleidingsgroep Ontharden, presenteerde de resultaten van onderzoek naar ontharden in korrelreactoren. Dit onderzoek is door verschillende waterleidingbedrijven uitgevoerd in het kader van het VEWIN-onderzoekprogramma.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek concludeert de projectbegeleidingsgroep dat ontharding in korrelreactoren een bewezen techniek is, waarbij optimalisatie uiteraard nog mogelijk is.

De bouwhoogte van korrelreactoren hoeft voor vergunningverlening geen probleem meer te zijn: reactoren met een hoogte van 6 meter zijn haalbaar, onder meer door toepassing van volledig cilindrische reactoren met doppenbodem en instelling van een lage opwaartse snelheid. Inmiddels zijn doppenbodems voor zowel natronloog als kalkmelk operationeel. De tijd voor onderhoud en bedrijfsvoering is aanzienlijk te reduceren door preventief onderhoud uit te voeren en door inzet van gedecarboniseerd water voor kalkmelk-aanmaak. Desondanks zal ontharding in korrelreactoren altijd resulteren in een toename van de tijd die nodig is voor onderhoud en bedrijfsvoering. Ontharden met kalkmelk vergt meer onderhoud dan ontharden met natronloog en reactoren met een doppenbodem vragen meer onderhoud dan reactoren met een tangentiële invoer.

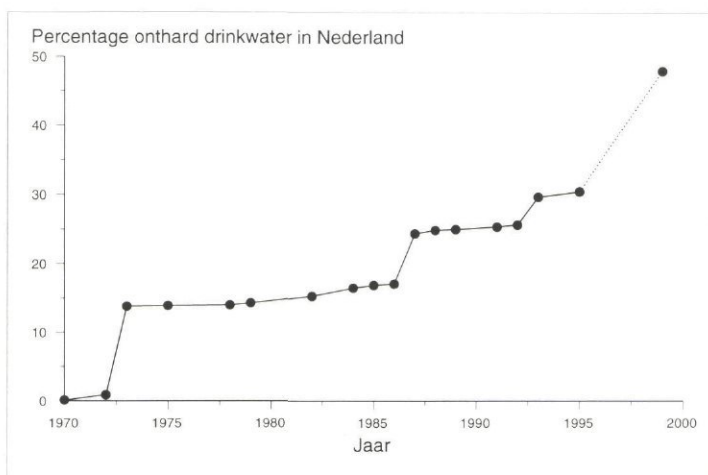
De exploitatiekosten voor ontharding variëren van circa 50 cent per m<sup>3</sup>, voor installaties met een capaciteit van 1 miljoen m<sup>3</sup>, tot circa 15 cent per m<sup>3</sup> voor installaties met een capaciteit van 10 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. De kosten voor ontharding met kalkmelk zijn enigszins hoger dan voor ontharding met natronloog. Met name op pompstations met relatief kleine capaciteit is de bijdrage van de vaste kosten (rente en afschrijving van de investering) relatief groot. De investering voor een onthardingsinstallatie is te beperken door:

- het ontwerp kritisch te beoordelen;
- de installatie enkelvoudig uit te voeren;
- de ontharding voor de bestaande filters in te passen;
- deelstroomontharding toe te passen.

Tot slot merkte Bos op dat ontharding in korrelreactoren een milieuvriendelijk proces is: de reststoffen (kalkkorrels en kalkslib) zijn volledig her te gebruiken.

### Ontharding met membraanprocessen

Met name nanofiltratie is een techniek waarvoor binnen de bedrijfstak grote belangstelling bestaat, aldus dr. ir. M. M. Nederlof (Kiwa). Nanofiltratie wordt in de VS en in Europa al geruime tijd op een groot aantal lokaties voor ontharding toegepast. Nanofiltratiemembranen hebben een hoge retentie voor tweewaardige ionen zoals calcium, magnesium en sulfaat, en zijn tevens geschikt voor de verwijdering van kleur



Afb. 1 - In Nederland wordt inmiddels 30% van het geproduceerde drinkwater onthard.





*Afb. 3 - De proefinstallatie met nanofiltratie voor ontharding en kleurverwijdering op pompstation Hammerfliet van de NV Waterleiding Maatschappij Overijssel (foto WMO).*

uit water. De retentie voor eenwaardige ionen zoals nitraat en chloride is echter aanmerkelijk lager.

Hyperfiltratie is vooral geschikt als naast hardheid ook de gehalten aan eenwaardige ionen en bestrijdingsmiddelen (te) hoog zijn. Door de ontwikkeling van ionselectieve membranen, met name voor nitraat, is elektrolyse een kansrijke techniek voor de gecombineerde verwijdering van hardheid, sulfaat en nitraat. Elektrolyse is bovendien minder gevoelig voor vervuiling dan nano- of hyperfiltratie.

Elektrolyse, nano- en hyperfiltratie worden nagenoeg altijd als deelstroombehandeling toegepast. Bij toename van de deelstroom nemen de kosten per m<sup>3</sup> behandeld water toe. De kosten zijn wellicht te beperken door het membraanproces direct op grondwater toe te passen. Het opgeloste ijzer en mangaan worden door het membraan tegengehouden, zodat een ontijzeringsinstallatie (snelfiltratie) achterwege kan blijven. Hierbij geldt als voorwaarde dat het water strikt anaëroob dient te blijven, om problemen met vervuiling van de membranen te voorkomen. Doordat recent hyperfiltratiemembranen beschikbaar zijn gekomen die bij aanzienlijk lagere drukken werken, zijn de kosten voor hyperfiltratie nu vergelijkbaar met die voor nanofiltratie.

De kosten voor ontharding met membraanprocessen zijn op dit moment nog steeds aanzienlijk hoger dan de kosten voor ontharding in korrelreactoren. De voordelen van membraanprocessen ten opzichte van korrelreactoren zijn:

- de hoge mate van automatisering;
- de compacte en modulaire bouw;
- de flexibele wijze waarop uitbreidingen mogelijk zijn (zodat investeringen zijn te spreiden).

### Membraanconcentraat

Bij alle membraanprocessen komt een geconcentreerde zoutstroom vrij: het membraanconcentraat. De samenstelling ervan hangt onder meer af van de samenstelling van het te behandelen water, de selectiviteit van het membraan, de opbrengst van de installatie en het al dan niet doseren van zuur en/of anti-scalant.

Ir. H. D. M. Sombekke (Kiwa) ging in op de vraag of de verwijdering van membraanconcentraat een belemmering kan vormen voor de invoering van membraanprocessen. Op deze vraag blijkt op dit moment (nog) geen pasklaar antwoord te geven. Het rijksbeleid ten aanzien van de verwijdering van afvalstoffen is voornamelijk gericht op preventie en hergebruik. Lozen van membraanconcentraat wordt vanuit dat oogpunt als minst gewenste optie aangemerkt. Preventie, zowel kwalitatief als kwantitatief, kan onder meer bewerkstelligd worden door de juiste keuze van het membraanproces en het type membraan, geen dosering van anti-scalants en het nastreven van een hoge opbrengst.

In theorie is het denkbaar dat membraanconcentraat nuttig kan worden ingezet (zoals voor beregening van landbouwgronden, substraattuinbouw). De kans op succes wordt echter beperkt geacht, gezien de discontinuïteit van de afzet, het eventuele transport en de geringe marktwaarde. Over het algemeen geldt dat nuttige inzet kansrijker is naarmate het concentraat specifiek van samenstelling is.

Gezien het feit dat er momenteel geen andere realistische oplossingen zijn, komt lozen van membraanconcentraat op oppervlaktewater in beeld. Er wordt onderscheid gemaakt tussen indirecte (via het riool of samen met het effluent

van een rioolwaterzuiveringsinrichting) en directe lozing. Voordat lozing mogelijk is, zal een aantal wettelijke procedures moeten worden doorlopen. Aan lozing zijn bovendien kosten verbonden, zoals lozingsheffingen en transportkosten. Sombekke gaf het advies om bij aanvang van een project met membraanprocessen al rekening te houden met de bestemming van het concentraat. Hierbij zijn de volgende stappen van belang:

- karakteriseren van het concentraat;
- bestuderen van mogelijke bestemmingen;
- voeren van vooroverleg met vergunningverleners;
- inventariseren en oplossen van eventuele knelpunten;
- concretiseren van de bestemming;
- aanvragen van de vergunning(en).

Verwacht wordt overigens dat membraanconcentraat geen belemmering voor de invoering van membraanprocessen hoeft te zijn, als een groot ontvangend oppervlaktewater in de nabije omgeving aanwezig is. De effecten van een concentraatlozing op een klein ontvangend oppervlaktewater kunnen wel substantieel zijn. In dat geval dient bijvoorbeeld uitgeweken te worden naar een groter ontvangend oppervlaktewater of is lozen met het effluent van een rioolwaterzuiveringsinstallatie een betere optie. De tijd van vergunningaanvraag tot en met de afgifte van de definitieve lozingsvergunning bedraagt al snel 1 à 2 jaar.

### Nanofiltratie te Hammerfliet

De Waterleiding Maatschappij Overijssel (WMO) heeft op 10 lokaties te maken met een hoge hardheid en kleur van het grondwater. Op drie van deze lokaties is tevens het gehalte chloride hoger dan 100 mg/l. Op pompstation Hammerfliet, een lokatie met hoge hardheid (2,1 mmol/l) en kleur (18 mg/l Pt), heeft de WMO een proefinstallatie met nanofiltratie in bedrijf. Ing. J.A.M. van Paassen (WMO) gaf een toelichting bij de keuze voor nanofiltratie in plaats van de combinatie van korrelreactoren met actieve koolfiltratie. De bestaande zuivering met actieve koolfiltratie en UV-desinfectie, wordt gekenmerkt door een te hoog metaaloplossend vermogen en een korte looptijd van de actieve koolfilters. Door invoering van bijvoorbeeld ontharding in korrelreactoren is het metaaloplossend vermogen voldoende te verlagen, maar wijzigt de looptijd van de actieve koolfilters niet. Bovendien wordt een extra proces aan de zuivering toegevoegd. WMO heeft daarom gekozen voor deelstroombehandeling met nanofiltratie. Argumenten voor deze keuze zijn:



- dat de kosten van nanofiltratie lager zijn dan de kosten voor ontharding in korrelreactoren, actieve koolfiltratie en UV-desinfectie;
- dat een nanofiltratie-installatie volledig te automatiseren is;
- de (naar verwachting) betere kwaliteit van het water.

WMO voert het onderzoek uit met een proefinstallatie bestaande uit een 'kerstboomschakeling' van 5-3-2-1-1 drukvaten met elk 4 membranen van 4 inch. Aan de voeding van de installatie (nafiltraat) wordt zwavelzuur en anti-scalant gedoseerd. De retentie voor kleur, hardheid en sulfaat is 90% of hoger en de retentie voor chloride en nitraat respectievelijk 64 en 15%. Door de dosering van zwavelzuur en de hoge retentie voor sulfaat bevat het concentraat een zeer hoog gehalte sulfaat. WMO overweegt om deze reden toepassing van zoutzuur in plaats van zwavelzuur.

Door een fout bij de produktie van de membranen, waren de ervaringen met de eerste levering membranen negatief. Het proefinstallatie-onderzoek heeft hierdoor een vertraging van een half jaar opgelopen. Desondanks blijkt nanofiltratie een veelbelovende techniek voor de aanpak van een gecombineerd probleem. 'Onze ervaringen tonen wel het nut van proefinstallatie-onderzoek aan' concludeerde Van Paassen.

### Korrelreactor of membraanproces?

Ir. M.W.M. van Eekeren (Kiwa) ging tot slot in op de argumenten, die van belang zijn bij de keuze tussen conventionele ontharding in korrelreactoren of behandeling met een membraanproces. Belangrijke argumenten zijn de exploitatiekosten, de bestemming van de reststoffen en het onderzoek dat nodig is voordat de techniek operationeel is en ingezet kan worden. De watersamenstelling na behandeling is per techniek afhankelijk van een groot aantal factoren, maar is instelbaar. Hierdoor is de watersamenstelling geen zwaarwegend argument.

Van Eekeren wees op het belang om bij kostenvergelijkingen gelijke uitgangspunten te hanteren. Kostenschattingen van korrelreactoren zijn gebaseerd op gegevens van in Nederland gerealiseerde installaties. Deze installaties worden gekenmerkt door een hoge betrouwbaarheid, leveringszekerheid en reservestelling. Membraanprocessen zijn nog niet operationeel bij de drinkwaterbereiding in Nederland. Kostenschattingen zijn daarom gebaseerd op industriële ervaringen,

ervaringen in het buitenland of op offertes. De hierbij gehanteerde uitgangspunten kunnen sterk afwijken. Vooral voor kleine installaties kunnen de verschillen in kosten, bijvoorbeeld als gevolg van een verhoogde reservestelling, aanzienlijk zijn.

Met enkele voorbeelden gaf Van Eekeren aan dat bij hantering van dezelfde ontwerpuitgangspunten, een installatie met korrelreactoren altijd goedkoper is dan een installatie met membraanprocessen. Alleen als een installatie met korrelreactoren volgens traditioneel (uitgebreid) ontwerp wordt vergeleken met een eenvoudig uitgevoerde installatie met membraanprocessen, komen de kosten in dezelfde orde van grootte. Uit een voorbeeld voor een lokatie met water dat naast een hoog metaaloplossend vermogen en hardheid tevens een hoog nitraatgehalte heeft, blijkt dat met name elektrodialyse en lage druk hyperfiltratie goedkoper zijn dan behandeling in korrelreactoren en het vastbed-ethanolproces.

### Conclusie

Van Eekhout concludeerde dat korrelreactoren nog steeds de beste optie zijn voor uitsluitend ontharding. Als naast hardheid ook de gehalten van andere parameters zoals nitraat of kleur verlaagd moeten worden, is de inzet van een membraanproces kansrijk. Hij kondigde daarnaast aan dat op basis van de resultaten van de workshop het onderzoek binnen het aandachtsveld Conditionering zal worden bijgestuurd: aan onderzoek naar ontharding met korrelreactoren zal vanaf 1996 geen prioriteit meer worden gegeven. Er zullen overigens nog wel enkele (afsluitende) projecten worden uitgevoerd.

**Ing. C. W. A. M. Merks,**  
**dr. ir. M. M. Nederlof, ir. H. Brink**  
Kiwa NV Onderzoek en Advies



### Ontvangbak

- Slot van pagina 282.

### Tijdsplanning

Bij het opstellen van het projectvoorstel is gekozen voor een meetperiode van een jaar. De achterliggende gedachte bij deze keus was de uitdrukkelijke wens om een volledige seizoenscyclus te bemeten. De verwachting is dat over een periode van 12 maanden het aantal bemeten buien voldoende groot is om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over het functioneren van de ontvangbak.

Na het gereedkomen van de meetopstelling is in de loop van september 1994 het meetprogramma gestart. Gedurende de eerste maanden kwamen nog allerlei kinderziekten aan het licht, die zich pas openbaarden toen er daadwerkelijk buien van enige betekenis vielen. De definitieve start van de metingen is daarom vastgesteld op 1 december 1994. Inmiddels hebben we een regenrijke periode achter de rug, zodat al van het begin volop gegevens zijn verzameld.

### Kosten

Voor de duur van het project van één jaar worden de kosten geraamd op circa 770 Kf. In dit bedrag zijn opgenomen de kosten voor:

- de aanschaf en installatie, het beheer en de bewaking van de apparatuur; het transport van de monsters: 272 Kf.
- het uitvoeren van de analyses op de water- en slibmonsters: Kf 330.
- het verwijderen van de sliblaag in de ontvangbak: 5 Kf.
- de wetenschappelijke begeleiding en de rapportage: 160 Kf.

### Participanten

Het onderzoek wordt uitgevoerd door Riolering en Waterhuishouding Amsterdam, in samenwerking met de Sectie Gezondheidstechniek van de TU Delft. Het projectmanagement berust binnen RWA bij de sector Riolering, afd. Beheer. Binnen RWA zijn verschillende sectoren bij het project betrokken:

- de sector Zuivering en Bemaling, afd. Chemie en Technologie voor de analyses;
- de sector Zuivering en Bemaling, afd. Bedrijfsafvalwater Meting en Heffing voor inrichting, bewaking en onderhoud van de meetopstelling, het opnemen van de meetgegevens en het monstertransport;
- de sector Waterbeheer, afd. Systeemontwikkeling voor periodieke controle van de oppervlaktewaterkwaliteit;
- de sector Riolering, afd. Onderhoud voor alle werkzaamheden aan het stelsel.

