

MEMBRAANTECHNOLOGIE

Slechts 2,5 procent van al het water op aarde bestaat uit zoet water. Een constante hoeveelheid, bepaald door de natuurlijke waterkringloop. De toename van de wereldbevolking en productieprocessen betekent dat dit water almaar sneller hergebruikt moet worden. Tegelijkertijd raakt dat zoete water steeds meer vervuild met stoffen die wij niet in het drinkwater willen hebben. Het spanningsveld rond beschikbaarheid van voldoende zoet water en dus ook betrouwbaar drinkwater zal alleen maar toenemen. Kan membraantechnologie hier een oplossing bieden? En hoe staat Nederland daar in?



Micro-verontreinigingen hebben invloed op de gezondheid van mensen.

Nederland koploper bij compacte waterzuiveringen

Door Olav Lammers

Erik Roesink, op dit moment parttime hoogleraar advanced membrane technology aan de Universiteit van Twente (UT) is optimistisch: “Membraantechnologie is de meest dominante waterbehandelingstechniek op dit moment en de ontwikkelingen daarbinnen zullen de komende tien jaar een enorme vlucht gaan nemen. Nederland kan daar een heel belangrijke bijdrage aan leveren. Wij hebben al jaren een sterke membraancultuur”

Roesink zit al zo'n 40 jaar 'in de membranen', geldt als één van de pioniers op het gebied van deze relatief jonge techniek die door de uitspraak van wijlen president Kennedy begin jaren 60 – “degene die van zout water zoet water kan maken, verdient twee Nobelprijzen: voor techniek en voor de vrede”- geïnspireerd raakten. Hij was één van de oprichters van X-Flow in de jaren tachtig, inmiddels onderdeel van het Amerikaanse Pentair, een van de grootste membraanleveranciers ter wereld en hij heeft sinds 2013 ook een eigen bedrijf op het gebied van membranen: SOMUT.

“De ontwikkelingen binnen de membraantechniek zijn razendsnel gegaan en hebben ertoe geleid dat wij nu bijvoorbeeld membraanfilters hebben voor zeewater-ontzouting met een heel hoog rendement en een heel hoge

selectiviteit. Als het theoretisch minimum op dit moment 1 is, dan zitten membranen nu op 1,5. Dat wil zeggen een heel hoog thermodynamisch rendement. Daar valt de verbrandingsmotor van een auto bij in het niet.”

Roesink wijst op allerlei ontwikkelingen die momenteel in Nederland plaatsvinden op gebied van membraantechnologie, om aan te geven dat er grote sprongen te verwachten zijn. Hij noemt de proef met Blue Energy in de Afsluitdijk waar collega-hoogleraar Kitty Nijmeier van de UT intensief bij betrokken is, en waar met membranen energie wordt opgewekt op de grens van zoet en zout water. Een veelbelovende techniek waarvan nu al de eerste successen worden gemeld. Het einddoel is een volwaardige centrale met een capaciteit van 200 Megawatt. Dat is genoeg om 500.000 gezinnen van energie te voorzien. Wereldwijd is een veelvoud van deze hoeveelheid groene energie te benutten.

Zeker zo interessant is bijvoorbeeld het onderzoek dat Kitty Nijmeier op dit moment doet naar het afvangen van waterdamp en CO₂ uit de rookgassen van kolengestookte energiecentrales. Met behulp van membranen kan water worden teruggewonnen en daarmee verspilling worden



tegegangaan. Zo'n centrale gebruikt 50.000 liter, tweemaal gezuiverd water per uur. Zeker met de te verwachten bouw van zo'n 1200 nieuwe centrales de komende jaren, waarvan 75 procent in India en China, is daarmee een enorme 'waterwinst' te behalen. Natuurlijk noemt Roesink ook de recente vinding van UT-promovendus Joris Grooth: een nieuw type membraan waarmee een grootschalige toepassing voor het goedkoop en efficiënt

verwijderen van medicijnresten uit water aanmerkelijk dichterbij is gekomen.

Ondanks de zeer goede drinkwaterkwaliteit in Nederland, is er wel de nodige onrust over de aanwezigheid van micro-verontreinigingen (hormoon versturende stoffen, medicijnresten, pesticiden, etc.), die op de lange termijn wel terdege een invloed hebben op de gezondheid van mensen. Roesink zet zich dan ook in om voor deze toepassing een geheel nieuwe generatie membranen te ontwikkelen.

Roesink: "Ik verwacht ook dat er over tien jaar, naast de spiraalgewonden membranen (Reverse Osmosis RO) een grote markt is ontstaan voor capillaire membranen, de 'holle rietjes' en dat we het hele verhaal van de microverontreiniging in de westelijke wereld op de kaart hebben gezet en er op dat moment ook mee aan de slag zijn." Maar de hoogleraar voorspelt dat daarmee ook een trend zal ontstaan waarbij waterproductie steeds vaker decentraal plaatsvindt omdat met deze membraantechniek zeer compacte, robuuste waterzuiveringen te realiseren zijn. "Zo compact dat ze bij wijze van spreken zo in een container kunnen en naar landen worden verscheept waar een gebrek is aan schoon drinkwater. Net als met het explosieve gebruik van mobieltjes (omdat men daar geen last heeft van de wet op de remmende voorsprong: geen vaste telefoonlijnen) zal het gebruik van deze compacte waterzuiveringen vanwege afwezigheid van leidingenstelsels in korte tijd snel toenemen. Er ligt daar een enorme markt en ik voorzie dat Nederland daarin het voortouw neemt."

Puur technisch gezien is het maken van onberispelijk drinkwater geen enkel probleem, benadrukt Roesink. Maar

de toepassing van membraantechnieken is vooral afhankelijk van de schaal waarop zij moeten/kunnen worden ingezet, de omstandigheden waaronder, de samenstelling en ook temperatuur van het te behandelen water en de energie die benodigd is voor het zuiveringsproces, chemicaliënhergebruik, wetgeving etc. "Kortom, de economische haalbaarheid, want ook hierbij draait alles om geld. Daarom wordt in de membraanwereld overal gezocht naar nieuwe technieken die zoveel mogelijk op deze belemmerende factoren inspelen. We willen de kosten naar beneden hebben en elke keer weer intelligente dingen in de membraanfilters brengen om daarmee het zuiveringsproces flexibeler en robuuster te maken."

Roesink werkt daar zelf ook aan mee. Hij richt zich op dit moment op de verbetering van de zogenaamde reverse osmosis filtermembranen. Met deze membranen kan water niet alleen worden ontzout, ook alle andere daarin aanwezige stoffen worden eruit gefilterd waardoor echt onberispelijk water verkregen kan worden. "Dit membraan bestaat uit grote vlakke vellen die worden opgerold in zogenaamde spiraalgewonden modulen. Het nadeel van deze membraansoort is dat het door zijn enorme dichtheid relatief snel verstopt raakt. Het goed schoonmaken van dit membraan is een probleem omdat ze in aanraking met chloorbleekloog al snel kapot gaan. Mijn opdracht is dit membraan resistentier te maken tegen reinigingsmiddelen, maar tegelijkertijd wil ik ze ook in een geheel ander jasje steken. Ik wil ze niet meer vlak maken, maar proberen de specifieke filteringskenmerken over te brengen in de vorm van dunne holle vezelmembranen. Daarnaast gaan we werken aan een andere chemie zodat we ze wat stabielier kunnen reinigen. Ik maak het mijzelf nog moeilijker door ze zodanig te construeren dat ze wel zout doorlaten, maar alle andere vormen van microverontreinigingen tegenhouden. Dat is membraantechniek op Première League niveau!"

De wens om zouten wel door te laten heeft alles te maken met het flexibeler en compacter maken van het drinkwaterzuiveringsproces. Voor drinkwater bestaan wettelijke eisen wat betreft de aanwezigheid van mineralen die de consument nodig heeft. Dat wil zeggen dat met het bestaande reverse osmosis membraansysteem – dat alle stoffen in het water tegenhoudt – na zuivering een extra stap moet worden ingezet waarmee de benodigde mineralen weer aan het drinkwater worden toegevoegd. Roesink heeft voor zijn onderzoek daarom samenwerking gezocht met het drinkwaterbedrijf Oasen.

Oasen

Oasen wil op termijn op al haar zeven waterzuiveringslocaties de conventionele techniek (zes tot acht zuiveringsstappen) na afschrijving vervangen door die van reverse osmosis membranen. Daartoe worden op dit moment 15 membranen van verschillende internationale leveranciers getest. (In Nederland worden – nog – geen reverse osmosis membranen geproduceerd).

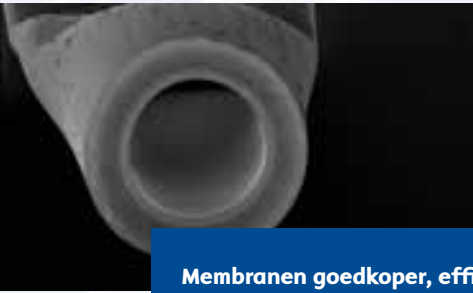
“We zitten nu in een traject waarin we op een locatie die techniek binnenkort voor de helft van de waterstroom gaan inzetten en denken over twee jaar op een tweede locatie de techniek volstrooms aan te pakken”, vertellen Willem-Jan Knibbe en Bastiaan Blankert, respectievelijk Hoofd afdeling onderzoek en Technologisch specialist membraantechnologie bij Oasen. Deze keuze is voornamelijk ingegeven met het oog op de toenemende verzilting die wordt verwacht als gevolg van klimaatverandering en ook de overtuiging dat reverse osmosis zo langzamerhand een relatief betrouwbare, probleemloze techniek is geworden die bovendien weinig onderhoud vraagt. Willem-Jan Knibbe: “Oasen maakt al honderd jaar probleemloos gebruik van oevergrondwater als bron, maar de laatste jaren constateren wij dat de waterkwaliteit per put sterk wisselt. Door de toenemende verzilting is de kans groot dat de klassieke zuiveringsmethode op termijn niet meer voldoet. Dat gegeven wordt versterkt door de discussie over de te verwachten toename van ongewenste organische microverontreinigingen in het oppervlaktewater, zoals medicijnresten, pesticiden en ook kunstmatige zoetstoffen. Die stoffen komen via de rivieren uiteindelijk ook in onze bronnen. Nu kunnen wij die nog afdoende verwijderen, maar in de toekomst voorzien wij daar grote problemen mee.”

Omdat de bestaande installaties pas in de loop der jaren worden afgeschreven, zal het membraansysteem geleidelijk worden ingevoerd en biedt het Oasen daarmee de kans de meerwaarde in onderhoud en toepassing te verkennen en mee te groeien in nieuwe ontwikkelingen. Bovendien ziet men als voordeel dat RO-membranen ook kunnen worden ingezet bij bronnen als bijvoorbeeld oppervlaktewater en regenwater, wat het bedrijf in de toekomst, indien nodig, extra speelruimte geeft. Die mogelijkheden worden overigens nu al verkend samen met kennisinstututen als Unesco IHE, KWR, TU Delft, RIVM, Universiteit Wageningen en ook Erik Roesink van de Universiteit Twente, vertelt Knibbe. “Voor ons staat in ieder geval vast dat deze membraantechnologie grote voordelen heeft op een stabiel kwaliteitsniveau van het drinkwater, dat in de toekomst geheel onberispelijk zal zijn. Bovendien verwachten

wij dat ook de bedrijfsvoering vele malen gemakkelijker en lonender zal zijn dan de huidige zuiveringstechnieken.” Technologisch specialist Bastiaan Blankert: “Een afgeleide van onze doelstelling om onberispelijk water te gaan maken is het gegeven dat membraantechnologie robuust is en qua prijs vergelijkbaar met het huidige proces. Bovendien is een membraansysteem goed schaalbaar, wat wellicht in de toekomst de mogelijkheid biedt om ook kleinschaliger te gaan zuiveren, misschien wel op wijkniveau. Daar moet nog onderzoek naar gedaan worden omdat er daarbij aspecten naar voren komen als waar zet je ze dan neer, waar haal je het water vandaan en hoe past dat in de huidige infrastructuur?”

Hoewel op dit moment testen worden gedaan met de verschillende RO-membranen om te zien welke het meest geschikt zijn voor ontzouting en filteren van organische microverontreinigingen, is men bij Oasen ook zeer geïnteresseerd in het onderzoek dat Erik Roesink uitvoert. Bastiaan Blankert: “Op dit moment nemen we de eerste stappen in de deelstroombehandeling. We behandelen dus 50 procent van het water op die locatie met het RO-membraan, maar in de andere 50 procent zitten nog voldoende noodzakelijke mineralen zodat we daar niets extra's aan hoeven toe te voegen. Anders wordt het wanneer we volstrooms gaan behandelen op de tweede installatie. Dan zullen we in een extra stap die mineralen wel moeten toevoegen om aan de wettelijke eisen te kunnen voldoen. Overigens zijn deze zouten ook noodzakelijk voor het transport door het waterleidingnetwerk. Je wilt namelijk chemisch stabiel water hebben wat op geen enkele manier reageert met materiaal wat het onderweg tegenkomt. Chemisch stabiliseren doe je bijvoorbeeld door toevoeging van een bepaalde concentratie bicarbonaat en daar wordt ook calcium aan toegevoegd. Het verwijderen van zouten is een onvermijdelijk gevolg van het verwijderen van micro organica. Zeker de ‘wenselijke’ zouten als calcium en magnesium. Daarnaast is het verwijderen van natrium, chloride, zware metalen, ijzer en mangaan juist gunstig voor de drinkwaterbereiding. Wanneer Roesink slaagt in zijn onderzoek, zal deze extra handeling, de toevoeging van mineralen, dus niet meer nodig zijn.” Blankert benadrukt dat de effecten van de toevoegingen ook nauwkeurig zullen worden gemonitord.





Membranen goedkoper, efficiënter maken, dat is zo'n beetje de 'ongoing improvement', vervolgt Erik Roesink. "Dat betekent dat ik die membranen ook op een andere manier probeer te maken. Zo'n 90 procent van de membranen worden gemaakt van kunststof, polymeren. Die polymeren moeten worden gemengd om tot een polymeeroplossing te komen. Dat doen we met oplosmiddelen die toch wel wat toxische issues hebben. Voor het filteringsproces in de membranen zelf, geeft dat geen problemen, maar bij de vervaardiging van die membranen in de fabriek moeten wel veel voorzorgsmaatregelen worden genomen. Vanuit de EU-wetgeving REACH worden echter maatregelen genomen om het gebruik van een aantal gevaarlijke chemicaliën te verbieden en daaronder vallen ook een aantal oplosmiddelen die in de membraanindustrie worden gebruikt. Daarom ben ik bezig met het opzetten van een onderzoeksrichting waarmee ik membranen wil gaan maken, vergelijkbaar met wat we nu hebben, maar dan zonder oplosmiddelen. Ik ben daarbij op zoek naar 'groene chemie' en wie weet wat wij tijdens dat onderzoek nog meer tegenkomen. Dit onderzoek is nog in de beginfase en speelt zich nu nog op academisch niveau af. Samen met Franse en Duitse partijen hebben we hiervoor een Europees Horizon 2020 project aangevraagd."

Tenslotte is Roesink nog met enkele andere ontwikkelingen bezig. "Als je de gaatjes van een ultrafiltratiemembraan maar klein genoeg maakt, kun je ook virussen tegenhouden en op die manier biologisch veilig water maken wat voor grote delen van de niet-westerse wereld een enorme vooruitgang betekent." Maar dat onderzoek, dat we uitvoeren bij Wetsus in Leeuwarden, gaat direct een stap verder: het functionaliseren van membranen. "Het 'inbakken' in het membraan met slimme stofjes waarmee virussen en bacteriën worden geïnactiveerd of gedood. En wat te denken van het zelfreinigend maken van membraanoppervlakken. We zijn nog lang niet aan het eind van de mogelijkheden die membraantechnologie ons te bieden heeft!"



De Verenigde Naties waarschuwt dat in de nabije toekomst een grote wereldwijde waterschaarste dreigt.

Als landen hun beleid op het gebied van watergebruik niet veranderen, bestaat de reële kans dat er al in 2030 een flink watertekort op aarde is. Het gaat om een tekort van naar schatting 40 procent.

Dat staat in een rapport dat de VN vrijdag heeft gepresenteerd.

Veel ondergrondse waterreservoirs raken uitgeput en door de klimaatveranderingen vinden de regenbuien die de voorraden moeten aanvullen onregelmatiger plaats.

Gewelddadige conflicten

Daarnaast blijft de wereldbevolking naar verwachting de komende decennia toenemen. Naar schatting wonen er in 2050 zo'n 9 miljard mensen op aarde, wat betekent dat er meer water nodig is voor landbouw, industrie en persoonlijke consumptie.

De VN waarschuwt ook dat door de waterschaarste oogsten gaan mislukken, ecosystemen afbreken en het aantal gewelddadige conflicten over de resterende waterbronnen gaan toenemen