



Efficiëntie in membraan technologie in Singapore

Artikel | 1-juni-2017

Alexander van Dorssen

De Singaporese waterautoriteit verwacht dat in 2060 85% van het water gezuiverd of ontzilt wordt door membranen. De komende vijf jaar trekt de overheid ongeveer 130 miljoen euro uit voor onderzoek in de watersector. Het gebruik van membranen bij zuivering en ontziltiging is energie-intensief, uitdagingen liggen daarom in energie-efficiënte en het terugwinnen van energie.

Toename van de waterbehoefte de komende decennia

Singapore is een eiland met beperkte waterbronnen en gebrek aan energiebronnen. Momenteel komt ongeveer 50% van Singapore's water uit Maleisië. Singapore wil zelfvoorzienend zijn in hun waterbehoefte. De Public Utilities Board (PUB), Singapore's nationale waterautoriteit, heeft vier National Taps uitgeroepen om Singapore van water te voorzien: geïmporteerd water, lokaal opgevangen regenwater, gezuiverd afvalwater en ontzilt zeewater. De PUB valt onder het *Ministry of Environment and Water Resources (MEWR)* in Singapore. De huidige watervraag van Singapore is ongeveer 1.600.000m³ per dag. Naar verwachting zal deze watervraag verdubbeld zijn in het jaar 2060 met een grote toename in watergebruik door de industriële sector. Gezuiverd afvalwater in de vorm van NEWater en ontzilt zeewater moeten in 2060 gezamenlijk in 85% van de waterbehoefte voorzien (figuur 1). Zowel voor het zuiveren van afvalwater als het ontziltten van zeewater worden membranen gebruikt. De Singaporese watersector kent 180 nationale en internationale waterbedrijven. Singaporese bedrijven zoals Hyflux, Sembcorp en Keppel Seghers zijn de grootste spelers als het gaat om het implementeren van membraan technologie in Singapore.

Onderzoek en ontwikkeling

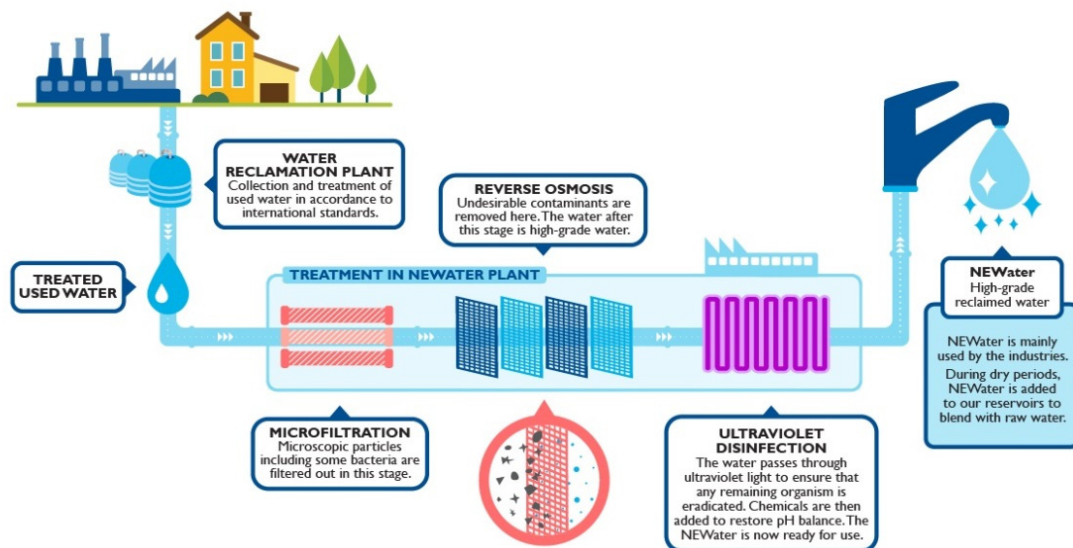
De onderzoeksinstanties van de National University of Singapore's (NUS), Membrane Science and Technology Consortium (MSTC) en het Singapore Membrane Technology Centre (SMTC), onderdeel van het Nanyang Environment and Water Research Institute (NEWRI) zijn de belangrijkste centra voor membraanonderzoek. De onderzoeksthema's van MSTC & SMTC zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

NTU – NEWRI Singapore Membrane Technology Centre (SMTC)	NUS – Faculty Civil and Environmental Engineering – Membrane Science and Technology Consortium (MSTC)
Membraan bioreactor	Membraan bioreactor
Reverse Osmosis, Forward Osmosis, Pressure Retarded Osmosis	Reverse Osmosis, Forward Osmosis, Pressure Retarded Osmosis
Reverse electro-dialysis	Membranen voor gasseparatie
Biomimetische membranen	Controle van membraanvervuiling
Nanofiltratie	Membraan distillatie
Controle van membraanvervuiling	Organic and inorganic membranes

Tabel 1: De onderzoeksvelden van SMTC en MSTC.

Gezuiverd afvalwater: NEWater

Singapore heeft aanzienlijk geïnvesteerd in onderzoek naar hergebruik van water en water terug te brengen in de watercyclus. De voornaamste bezwaren voor het recycleren van gebruikt water waren de gezondheidsrisico's en de financiële haalbaarheid van het proces. Gebruikt water bevat pathogenen, zoals e.coli en salmonella, die een risico vormen voor de gezondheid. De PUB voerden tussen 2000 en 2002 een omvangrijk onderzoek uit die de veiligheid van hergebruikt afvalwater bevestigden. In 2002 opende de eerste twee NEWater installaties in Bedok en Kranji. Momenteel zijn er vijf NEWater installaties in Singapore die samen in 40% van de waterbehoefte voorzien. NEWater moet in 2060 in 55% van de waterbehoefte voorzien. Het meeste van het geproduceerde NEWater wordt gebruikt voor de industrie en de rest voor indirect drinkwater via reservoirs. Het NEWater wordt aan de industrie geleverd via een speciaal netwerk aan pijpleidingen. De wafer-fabricatie industrie gebruikt momenteel het meeste NEWater. Figuur 1 geeft het proces van NEWater weer.



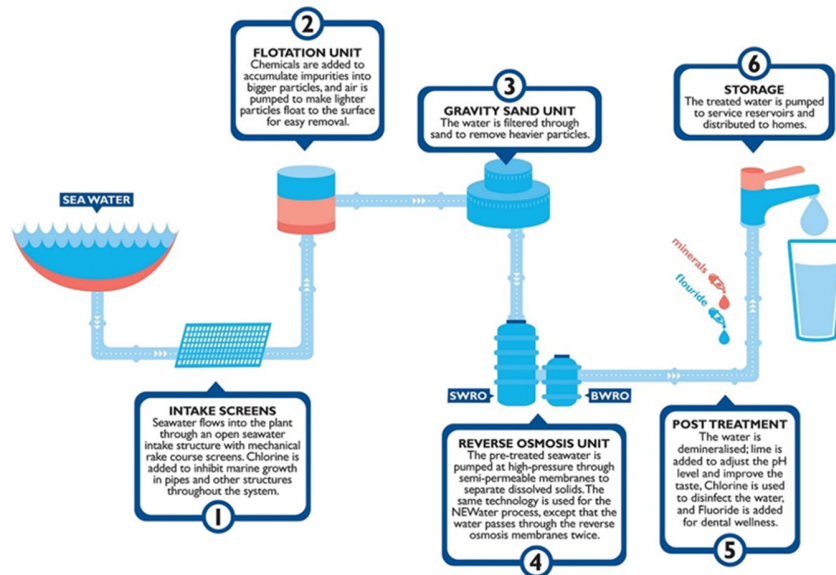
Figuur 1: Schematisch overzicht van de processen binnen een NEWater installatie (PUB).

Afvalwater wordt eerst conventioneel gereinigd in een Water Reclamation Plant (WRP). Een deel van het gereinigde water van een WRP gaat naar NEWater. De eerste stap in het NEWater proces is microfiltratie waarbij membranen bacteriën, virussen, protozoa en andere vervuilingstoffen uit het water halen. Opgeloste zouten en organische moleculen passeren dit type membraan en gaan naar de reverse osmosis (RO) membranen. Dit type membraan heeft veel kleinere poriën. Hier worden de opgeloste zouten en organische moleculen uit het water verwijderd. De laatste stap van UV desinfectie zorgt ervoor dat eventuele overgebleven organische deeltjes inactief worden gemaakt om de waterkwaliteit te garanderen.

Ontzilt zeewater

Singapore is omringd door zee, ontzilting is daarom een logische methode voor het creëren van drinkwater. Pas in de jaren negentig ontwikkelde membraantechnologie voor ontzilting zich als alternatief voor het energie-intensieve thermische ontzilting. In 2001, betrok de PUB de private sector om Singapore's eerste grootschalige ontziltingsinstallatie te bouwen. Het Singaporese bedrijf Hyflux won een 25-jarig contract met de PUB en opende in 2005 een ontziltingsinstallaties in Tuas (SingSpring) met een capaciteit van 136.382 m³ per dag. In 2013 opende Hyflux een tweede ontziltingsinstallaties in Tuas

(Tuaspring) met een capaciteit van 318.500 m³ per dag. Beide ontziltingsinstallaties zijn gebouwd op basis van een *Design, Build, Own, Operate (DBOO)* contract met de PUB. De installaties gebruiken RO membranen voor het ontzilten en voorzien momenteel in 25% van de waterbehoefte. Figuur 2 geeft het ontziltingsproces weer.



Figuur 2: Diagram die de processen laat zien binnen de ontziltingsinstallaties van Hyflux (Bron: PUB).

In de toekomst zullen er nog drie ontziltingsinstallaties bijgebouwd worden in Tuas, Marina East en Jurong Island. Het streven van PUB is om ontzilting voor 2060 in 30% van de waterbehoefte te voorzien. Belangrijke uitdagingen voor de PUB op het gebied van ontzilting zijn energieverbruik en membraanvervuiling.

Energieverbruik moet omlaag

Het gebruik van membranen voor waterzuivering en ontzilting vereist veel energie door de kracht die nodig is om het water door een membraan te pompen. NEWater kost op dit moment 0.7 kWh/m³. Bij ontzilting ligt het energieverbruik hoger op 3.5 kWh/m³, het doel is dit te halveren. Mogelijke technologieën om doelstellingen te behalen zijn de Membrane Bioreactor, Pressure Retarded Osmose, reverse electro-dialysis en biomimetische membranen.

Membraan Bio-Reactor

Een membraan bio-reactor (MBR) is een proces waarbij sedimentatie overbodig is door een combinatie van een biologisch proces met een membraan. Dit proces voorziet in een hogere waterkwaliteit, een reductie van energieverbruik, compacter ontwerp en een lagere footprint. Het inbrengen van de MBR zal de energievraag reduceren in dit deel van de zuivering van 0.5 kWh/m³ tot 0.34 kWh/m³. Door het succes van de technologie heeft PUB de MBR toegepast in de Jurong WRP, gebouwd door het Singaporese Hyflux. De technologie is geniet tevens voorkeur voor nieuw te bouwen installaties. Het SMTC en MSTC doen onderzoek op lab-schaal naar proces optimalisatie voor MBR's. Een van de nadelen voor het gebruik van MBR is de vervuiling van de membranen. Voor het tegengaan van vervuiling wordt lucht geblazen door het membraan. Onderzoekers van onder anderen de NUS hebben een mechanische methode ontwikkeld die een trilling in het membraan veroorzaakt waardoor vervuiling losraakt.

Het terugwinnen van energie: blauwe energie

Blauwe energie is het winnen van energie door het verschil in de zoutconcentratie van twee waterstromen. SMTC en MSTC onderzoeken twee technologieën die blauwe energie kunnen opwekken: pressure retarded osmosis en reverse electro-dialysis.

1. Pressure Retarded Osmosis

Wanneer er een semi-doorlaatbare membraan tussen zout- en zoetwater water geplaatst wordt, stroomt het zoetwater naar de kant van het zoutwater via natuurlijke osmose. Aan de kant van het zoute water wordt een druk opgebouwd die omgezet kan worden in energie. De PUB onderzoekt of dit mogelijk zal zijn met het combineren van de geconcentreerde afvalstroom uit een ontziltingsinstallatie (zout) en een toekomstige NEWater-installatie (zoet) in Tuas. Het SMTC doet onderzoek op lab-schaal naar PRO en heeft plannen om samen met de PUB een pilot-schaal project op te zetten om deze technologie te testen. Het MSTC doet ook onderzoek op lab-schaal.

2. Omgekeerde elektrolyse

Samen met het bedrijf GE Water and Process Technologies werkt PUB aan toepassing van omgekeerde elektrolyse. Stromend zout en zoet water gaan door ion-selectieve membranen heen waardoor er een miniem spanningsverschil ontstaat. Het ene type membraan laat positief geladen deeltjes door, het andere type de negatief geladen deeltjes. Door deze in serie te schakelen ontstaat een bruikbaar spanningsverschil. PUB bekijkt de mogelijkheid de vuile waterreststroom van NEWater en van ontzilt water te combineren. Enerzijds kan er op deze manier blauwe energie worden gewonnen anderzijds verminderd dit het zoutpercentage van het de waterreststroom van de ontziltingsinstallatie waardoor deze in een nieuwe cyclus ontzilt kan worden. Het is voor PUB geen optie een grote installatie voor omgekeerde elektrolyse te bouwen zoals in Nederland bij de afsluitdijk. Het zoetwater is te schaars om voor grootschalige omgekeerde elektrolyse te gebruiken.

Biomimetische membranen

Biomimetische membranen bootsen natuurlijke chemische processen na om selectief bepaalde ionen uit het afvalwater te halen. Met behulp van aquaporin proteïnen (AQP) worden watermoleculen doorgelaten en ionen tegengehouden. Biomimetische membranen hebben geen hoge druk nodig, waardoor het energieverbruik laag is. Biomimetische membranen kunnen gebruikt worden voor ontzilt water reiniging onder lagere kosten vanwege de verminderde druk die er nodig is. Het SMTC doet uitgebreid lab-schaal onderzoek naar biomimetische membranen. Ook het Advanced Environmental Biotechnology Centre (AEBIC), onderdeel van NEWRI, doet lab-schaal onderzoek naar biomimetische membranen. De Deense bedrijven Aquaporin en DHI ontwikkelde samen met het SMTC de eerste generatie Aquaporin Inside Hollow Fiber Membrane.

Kansen voor Nederland

Het gebruik van membranen is van groot belang voor de huidige en toekomstige waterzuivering in Singapore. De PUB is op zoek naar technologieën die het energieverbruik zullen verminderen bij zowel ontzilt water als bij NEWater. Naast dit hoofdstreven is een compact ontwerp en verbeterde water kwaliteit belangrijk voor de PUB. De overheid investeert fors in de watersector en heeft 130 miljoen euro beschikbaar gesteld voor onderzoek en ontwikkeling in de watersector. Voor de PUB is het belangrijk dat technologieën bewezen zijn onder Singaporese omstandigheden. Het Nederlandse PWNT Technologies heeft dit proces doorlopen na een pilotproject van 18 maanden over de effectiviteit van ceramische membranen. Na succesvolle resultaten van de pilotproject deed PWN Technologies mee aan een

openbare tender die ze uiteindelijk wonnen. Als gevolg opent PWN Technologies in 2018 in samenwerking met PUB een ceramische membranen installaties in Chua Chu Kang. SMTC en MSTC doen onderzoek naar technologieën als de membraan bioreactor, blauwe energie (PRO & RED) en biomimetische membranen op lab-schaal. Beide instituten staan open voor internationale samenwerking. Dr Emile Cornelissen, senior wetenschappelijk onderzoeker bij KWR, heeft een aanstelling als gastwetenschapper bij het SMTC van NEWRI. Voor commercialisatie van onderzoek is het Separation Technologies Applied Research and Translation (START) center in het leven geroepen. START heeft als primair doel om innovatieve (membraan) onderzoek en ontwikkeling te koppelen met de industrie. Het centrum wordt financieel ondersteund door NTU, de Economic Development Board (EDB) en de National Research Foundation (NRF).

Meer informatie?

Neem contact op met de innovatieadviseurs in Singapore via sin-ia@minbuza.nl of kijk op de website: www.ianetwerk.nl. Het IA-Netwerk in Singapore verbindt in opdracht van het ministerie van Economische Zaken kennis over internationale innovatieve ontwikkelingen en daaraan gerelateerde trends aan Nederlandse bedrijven, kennisinstituten en overheden.

Bronnen

1. Voor de laatste updates over Singapore's beleid omtrent membraangebruik kijkt u op www.pub.gov.sg & www.mewr.gov.sg
2. Innovation in Water Singapore, publicatie over R&D in de watersector door PUB, uitgebracht in juli 2017 (volume 9), https://www.pub.gov.sg/Documents/PUB_InnovationinWater_Issue9.pdf
3. Website van verschillende onderzoekscentra die zich bezig houden met membraanonderzoek vindt u op: <http://newri.ntu.edu.sg/smtc/Pages/Home.aspx>; <http://membrane.chbe.nus.edu.sg/index.html>; <http://www.eng.nus.edu.sg/mstc/about-us.html>.
4. Academische papers en publicaties van het SMTC zijn te vinden via: <http://newri.ntu.edu.sg/smtc/Publications/Pages/Publications.aspx>
5. Informatie over the meeste recente ontwikkeling van de belangrijkste bedrijven die zich bezig houden met membranen vindt u op: <http://www.hyfluxmembranes.com/>; <http://www.keppelseghers.com/en/content.aspx?sid=3023>; <http://www.sembcorp.com/en/our-businesses/utilities/water>.
6. De onderzoeksterreinen van het MSTC worden uitgelegd in dit filmpje: <https://www.youtube.com/watch?v=RScs26VbUNM>
7. Verdere bronnen die gebruikt zijn:
 - Biomimetic membranes: taking on energy usage in water purification. <http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-27/issue-3/editorial-focus/desalination/biomimetic-membranes-taking.html>
 - \$200m boost for water research <http://www.straitstimes.com/singapore/environment/200m-boost-for-water-research>
 - Fifth Singapore desalination plant in the pipeline. <http://www.straitstimes.com/singapore/environment/fifth-spore-desalination-plant-in-the-pipeline>
 - Informatie tijdens de Engineering with Membranes Conference 2017, georganiseerd door het SMTC van NTU.
 - Launch of new S\$30 million national centre to speed up commercialisation of separation and filtration technologies <http://media.ntu.edu.sg/NewsReleases/Pages/newsdetail.aspx?news=40d60834-a60b-46f3-8bdb-80547103cdef>