

# Zeewater uit de kraan

Er valt meer regen op de continenten dan we op kunnen. Toch voorspelt men oorlogen om water, net als om olie, nu de makkelijk winbare locaties uitgeput raken. De oplossing moet komen van goedkopere ontzilting en fossiel water uit de laatste ijstijd.

*Annemieke van Roekel*

'De oorlogen in de volgende eeuw gaan over water', verklaarde voorzitter van de World Commission on Water, Ismail Serageldin, in de jaren negentig. Het gebruik van water neemt over de hele wereld toe, door de groei van bevolking, landbouw en industrie. Hernieuwbare bronnen, zoals rivieren, worden stroomopwaarts afgedamd of raken vervuild en grondwater moet van steeds dieper opgepompt worden. Het uitzichtloze conflict tussen Palestijnen en Israëliërs gaat mede over toegang tot het schaarse Jordaan-water, voor irrigatie van landbouwgrond.

Het goede nieuws is, anders dan met olie, dat water nauwelijks *verbruikt* wordt, maar vooral *gebruikt* en daarna weer terugkeert in de wereldwijde kringloop. En de volumes zijn gigantisch: voor elke aardbewoner verdampt er ieder jaar 50.000 kubieke meter schoon, zoet water uit de oceaan, die ook weer omlaag komt in de vorm van regen of sneeuw.

Van de in totaal honderdduizend kubieke kilometer zoetwater die jaarlijks in de vorm van regen en sneeuw op de continenten neerkomt, gaat echter bijna tweederde door verdamping meteen weer verloren voor de mensheid. De resterende veertigduizend kubieke kilometer stroomt vroeg of laat via rivieren en het grondwater terug de oceaan in.

"Daarvan is ongeveer vijfduizend kubieke kilometer gemakkelijk te winnen," zegt Albert Tuinhof van het Amsterdamse Acacia Instituut, dat de rol van grondwater in waterbeheer promoot. "Inmiddels gebruikt de mensheid jaarlijks zesduizend kubieke kilometer, waarvan driekwart voor de landbouw. Hierdoor zijn we gedwongen ook het moeilijker bereikbare zoetwater te benutten door het te transporteren, efficiënter op te vangen, of diepere putten te slaan. Dat maakt zoet water duur. De discussie gaat dus niet over een absoluut watertekort, maar over wie voor het duurdere water moet gaan

betalen. Aangezien de prijs van ontzilting daalt, komen nieuwe waterbronnen als zeewater en brak water binnen bereik. Ontzilt water is tegenwoordig een serieuze optie voor drinkwaterbedrijven."

Allerd Stikker van de Ecological Management Foundation (EMF) verwacht zelfs dat de stijgende productiekosten van drinkwater uit grond- en oppervlaktewater binnen vijf jaar die van ontzilting zullen kruisen. De voormalige topman van het Nederlandse scheepsbouwconcern RSV, dat in de jaren tachtig ter ziele ging, houdt zich tegenwoordig fulltime bezig met mondiale milieuproblemen, zo ook met water. "De markt voor ontzilting groeit explosief. Op dit moment is de capaciteit 32 miljoen kubieke meter per dag en de meeste publicaties wijzen op een verdubbeling in de komende vijf tot tien jaar. Persoonlijk denk ik dat het nog sneller zal gaan. Gemeten naar de totale wereldwijde drinkwaterproductie is het aandeel van ontzilt brak water en zeewater nu drie procent, maar ik verwacht dat dit in de toekomst oploopt tot vijftien procent."

**Levensstandaard** Voor het eerst verrijzen nu ook buiten het Midden-Oosten grootschalige ontziltingsinstallaties, constateert Stikker. "Veel Aziatische landen, zoals Taiwan, Singapore en China, bouwen ze voor de watervoorziening van hun megasteden, waar door een stijging van de levensstandaard en de bevolkingsgroei het watergebruik sterk toeneemt. Behalve deze primeurs staan in onder meer Australië, India, Pakistan, de Verenigde Staten, Trinidad en Spanje nieuwe projecten op stapel met een dagelijkse productie van ruim honderdduizend kubieke meter. Het plan van het Britse waterbedrijf Thames Water om ook in Londen een ontziltingsinstallatie te bouwen die in droge perioden een miljoen mensen van drinkwater moet voorzien, staat nog ter discussie nu de burgemeester van Londen, Ken Living-

stone, zich tegen het plan heeft gekeerd. Livingstone vindt dat watersverspilling door Britse huishoudens en lekkages in het waterleidingnet eerst aangepakt moeten worden.

De meest toegepaste technologieën voor ontzilting zijn verdamping en membraanfiltratie. Tweederde van de bestaande installaties werken met verdamping, waarvan *Multi-effect Distillation* (MED, vooral voor industriewater), *Multi-stage Flash* (MSF, vooral voor drinkwater) en *Vapour compression* (VC) het populairst zijn. Het zijn energie-intensieve processen, van oudsher populair in het Midden-Oosten, waar goedkope brandstof in overvloed aanwezig is. "Ook bij de vervanging van oude installaties blijft men daar traditiegetrouw de voorkeur geven aan verdampingstechnieken, terwijl de rest van de wereld kiest voor omgekeerde osmose," zegt Stikker. "Dat laatste is qua energiegebruik een veel efficiënter proces."

Omgekeerde osmose (*reverse osmosis*, RO) en elektrolyse zijn de twee meest gebruikte membraan-separatietechnieken voor ontzilting. Daarvan is RO verreweg het populairst. Zout water wordt onder hoge druk door een membraan geperst dat wel water, maar geen opgeloste zouten doorlaat. RO is zowel populair voor kleinschalige ontzilting, zoals op schepen en in toeristencomplexen, als voor grootschalige drinkwaterproductie. Stikker: "RO groeit snel. Bij tweederde van de nieuwe contracten gaat het om RO-installaties".

**Grootschalig** "De afgelopen vijf jaar zijn de kosten van membraantechnologie sterk gedaald," zegt Jan Henk Hanemaaijer van TNO Industrie en Techniek (voorheen TNO-MEP). "Voor grootschalige toepassingen lijkt de prijs zich nu iets boven een halve dollar per kubieke meter te stabiliseren. De prijsdaling is te danken aan energierugwinning, goedkopere membranen, verbeterde prestaties door schaalvergroting, concurrentie tussen installateurs en gunstige financiële constructies."

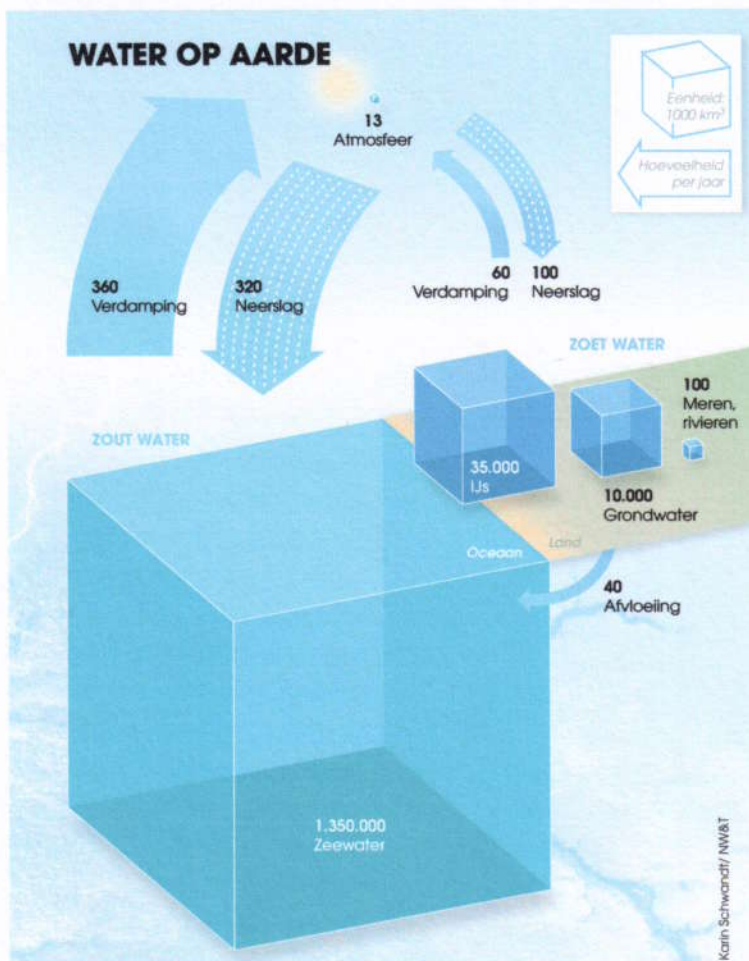
In 1970 lag het energieverbruik van RO-installaties nog op 22 kWh per kubieke meter, een hoeveelheid energie waarop een middenklasse-auto van Amsterdam naar Utrecht kan rijden. In moderne RO-installaties is nog maar drie tot vier kWh per kuub nodig. Stikker verwacht dat dit nog verder kan dalen, tot twee kWh per kuub, waardoor de prijs op dertig dollarcent uitkomt. "Nóg goedkoper is niet mogelijk, omdat voor ontzilting altijd energie nodig zal zijn."

Hanemaaijer en Stikker zijn beide betrokken bij Memstill, een nieuwe ontziltingstechnologie waarin membraanfiltratie en verdamping zijn gecombineerd. Opschaling van de techniek gebeurde in het kader van het programma Economie, Ecologie en Technologie (EET) van de ministeries van Economische Zaken en Onderwijs, Cultuur en Wetenschap.

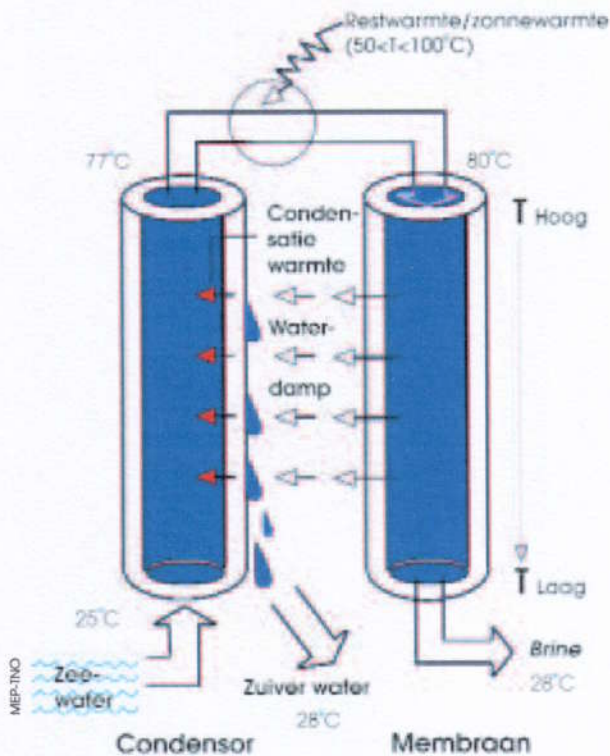
Net als RO bevat het Memstill-systeem ook membranen, maar die lijken niet op de moleculaire membranen in RO-installaties met minuscule 'doorgangen' van minder dan één nanometer. Dankzij de membranen is het water schoner en het systeem compacter, aldus Hanemaaijer.

De efficiëntie van ontziltingssystemen zit hem vooral in de mate waarin energierugwinning mogelijk is. Hanemaaijer: "Verhitten van water tot aan het verdampingspunt kost altijd ruim 2300 joule per gram. Waar het om gaat is hoe vaak je de warmte hergebruikt. Bij MSF ligt dat op een factor zeven, bij MED op circa elf en bij Memstill is dat, ook in kleine toepassingen, een factor twintig."

Bij RO wordt geen warmte toegevoegd, maar is er energie nodig voor de hogedrukpompen. Hanemaaijer: "Zee-waterontzilting vereist een druk van circa 60 bar (ongeveer 60 atmosfeer, red.); voor brak water is vijftien bar vaak al vol-



## Principe Memstill-proces



doende. Daarom is RO met brak water veel energiezuiniger en dus goedkoper, terwijl dat bij verdampingstechnieken niet zoveel uitmaakt. Het water moet toch verwarmd worden.”

Dit jaar en begin volgend jaar zullen drie Memstill-proefinstallaties worden opgeleverd, twee in Nederland en een in Singapore.

“Met Memstill mikken we eerst op kleinschalige toepassingen van zeewaterontzilting op locaties waar restwarmte beschikbaar is,” zegt Hanemaaijer. “Dat is mogelijk omdat het proces plaatsvindt bij relatief lage temperatuur, tussen zestig en tachtig graden Celsius. Dit maakt ook een combinatie met thermische zonne-energiesystemen mogelijk. Een tweede milieuvoordeel is het lage chemicalieengebruik. Dit is veel lager dan bij RO en verdampingstechnieken omdat de voorbehandeling van het zeewater minimaal is.”

Het water dat uit de Memstill-installatie komt, is zuiverder dan bij RO en daarom geschikt voor industriële toepassingen. Industrierwater wordt vanwege de hoge kwaliteitseisen (hoger dan bij drinkwater) nu meestal met verdampingstechnieken of RO in combinatie met andere technieken, zoals ionenuitwisseling, geproduceerd, ook in Nederland. De pilots zullen op alledrie de locaties ketelwater voor elektriciteitscentrales gaan maken. In Nederland bouwen stroomproducent E.ON Benelux op de Maasvlakte en waterbedrijf Evides bij Afvalverwerking Rijnmond de proefopstellingen. Evides produceert hier al industrierwater door verdamping van brak water uit de Nieuwe Waterweg.

“We hebben niet voorzien dat RO zo ver in prijs zou dalen,” zegt Hanemaaijer. “Voor kleinschalige drink- en industrierwaterproductie is Memstill, dankzij de modulaire opbouw, goedkoper dan RO. Voor grootschalige drinkwaterproductie,

**Het Memstill-proces** combineert moderne membraantechnologie met verdamping. Zeewater (linkerkolom) wordt door warmterugwinning uit condenserende waterdamp (rechterkolom) voorverwarmd tot circa 77 graden Celsius. Een externe warmtebron (dit kan restwarmte zijn) verhit het verder tot 80 graden. Het zeewater verdampt via een membraan en condenseert, onder afgifte van de condensatiewarmte, op een dunne plastic wand waarachter het inkomende zeewater wordt geleid (linker kolom). De afstand tussen verdampers en condensator is in feite minder dan één millimeter.

Door het water meerdere malen rond te leiden wordt de zoute stroom (brine) steeds geconcentreerder.

boven de tienduizend kub per dag, is het even duur. Op termijn verwachten we door de voortgaande ontwikkeling van de technologie en milieueisen ook voor grootschalige toepassingen een grote speler op de markt te worden.”

**Fossiel water** Een recente ontdekking geeft RO nog een extra steun in de rug: voor de kust van veel landen blijken grote onderzeese voorraden brak water te liggen. Amerikaanse klimaatonderzoekers ontdekten dit bij toeval onder het continentaal plat aan de oostkust van de Verenigde Staten. Tot die tijd wist men niet dat sedimenten in ondiepe kustzones zulke grote hoeveelheden water bevatten.

Hydrogeoloog Rogier van Opstal onderzoekt met zijn bedrijf Sea Spring Water of deze fossiele watervoorraden geschikt zijn voor commerciële exploitatie. Sea Spring Water, dat is gevestigd in het Centrum voor Innovatie op de Vrije Universiteit Amsterdam, werd opgericht op initiatief van het Acacia Instituut, dat ook aandeelhouder is.

Ondergrondse *aquifers* (grondwaterreservoirs) op het land en in kustzones worden al in onder meer de Verenigde Staten, Saoedi-Arabië, Israël en Libië afgetapt voor irrigatie. De fossiele watervoorraden die Sea Spring Water op het oog heeft zijn in zoverre nieuw dat zij zich onder de zeebodem bevinden.

De precieze locaties laat Van Opstal nog even in het midden. Het gaat om ondiepe kustzones die tijdens de laatste ijstijden droog zijn gevallen. De zeespiegel lag toen zo'n 130 meter lager dan nu. Groot-Brittannië was verbonden met het Europese vasteland, Indonesië met Azië. De wereldwijde zeespiegeldaling werd veroorzaakt door het koude klimaat. Veel oceaanwater bevroor en lag in de vorm van landijs en gletsjers op de continenten.

Op het drooggevallen continentaal plat infiltreerde regen- en rivierwater. Toen de zeespiegel weer steeg, werd de zeebodem bedekt met sedimenten. Het zoete regenwater werd zo van de bovenliggende zee afgesloten. Het fossiele water ligt op plaatsen waar de zee nu niet dieper is dan ongeveer honderd meter. In welke mate het water in de loop van de tijd is verzilt, hangt af van de doorlaatbaarheid van de omringende sedimenten. Het paleowater kan in principe uit kalk- en zandsteen worden opgepompt. Uit klei is het praktisch onmogelijk.

“Mensen associëren offshore met olieplatforms,” zegt Van Opstal, die de milieu-effecten van offshore-grondwater-



## Vooral milieubewegingen bekritisieren ontzilting, vanwege de suggestie dat waterbronnen oneindig zijn.

Stikker karakteriseert de ontziltingsindustrie - wereldwijd verenigd in de International Desalination Industry - als een 'gesloten technocircuit'. "Vroeg of laat zullen ze op de milieubelasting die zij veroorzaken worden aangesproken. Bedrijven denken ten onrechte dat milieumaatregelen geld kosten. Dat is kortzichtig. Vernieling van kustgebieden kost uiteindelijk ook geld." Als voorbeeld noemt hij Cyprus, waar twee grote ontziltingsinstallaties in bedrijf zijn en waar veel onderzoek is gedaan naar het effect van de lozingspijpen verlengd.

**Eilanden** Tuinhof van het Acacia Instituut benadrukt dat ook grondwater een sleutelrol blijft spelen in het waterbeheer. "In het verleden hebben we vaak gezien dat kleine eilanden door bevolkingsgroei of door een snelle ontwikkeling van de toeristische sector voor ontzilting kozen. Een klassiek voorbeeld is Curaçao. Traditionele systemen van regenwateropvang zijn hier verdwenen en dat is jammer. Ook Bonaire heeft al twintig jaar een ontziltingsinstallatie en grote hotelconcerns als Van der Valk hebben er hun eigen installaties. Op deze eilanden valt het hele jaar door voldoende regen, maar het regenwater loopt er linea recta de zee in."

Tachtig procent van de wereldbevolking is op dit moment afhankelijk van grondwater. Tuinhof: "De meeste investeringen gaan naar winning van oppervlaktewater. Grondwater zie je nou eenmaal niet. Het wordt pas een probleem als het waterniveau daalt. Dat zie je bijvoorbeeld in Bangkok en Jakarta waar de huizen verzakken. Door overmatige onttrekking van grondwater is de bodem ingeklonken. In het verleden heeft grootschalige grondwateronttrekking in de Sahara voor irrigatie tot een ecologische ramp in Egypte geleid. Oases verdwenen en door een gebrek aan drainage ontstonden in lager gelegen delen van de woestijn zoutvlakten, met alle ecologische gevolgen van dien."

Zelfs in landen waar ontzilting als gevolg van langdurige droogte nu gewoon is, legden de bewoners vroeger ingenieuze opslag- en transportsystemen voor regen aan, weet Tuinhof. Zoals in het oude Perzië, waar het water uit de bergen via ondergrondse tunnels naar landbouwgebieden werd geleid. "Je ziet een wereldwijde trend dat lokale technieken voor wa-

terbeheer in onbruik zijn geraakt. Door klimaatverandering wordt het onderwerp weer actueel. In kortere tijd zal meer regen gaan vallen en droge perioden worden langer. De seizoensfluctuaties worden groter. We zullen meer bergingsmethodes moeten ontwikkelen om die lange, droge perioden te overbruggen."

Op Bonaire, waar tuinbouw nauwelijks mogelijk is door de hoge kosten van zoet water, bracht het Acacia Instituut in opdracht van EMF de waterhuishouding en grondwatersituatie in kaart. Tuinhof: "Eén procent van de jaarlijkse regenval zou al voldoende zijn voor de watervoorziening op dit eiland. Zowel op Bonaire als Curaçao zijn vroeger kleine dammetjes, zogeheten *tankis*, aangelegd zodat er tijdelijk kleine meertjes ontstonden. Zo kreeg het water meer tijd om in de bodem te infiltreren. Herstel van de *tankis* maakt het mogelijk om de tuinbouw weer te herstellen. De meeste producten op de Antillen worden geïmporteerd uit Venezuela en Miami. Ontzilt water is door de hoge kosten en de onbetrouwbare levering geen optie voor de tuinbouw. Afgelegen gebieden worden al



**Waterpiramide** Deze zomer is in Gambia de Waterpiramide uitgetest. Het is een grote kunststof koepeltent waarin door zonnewarmte maximaal een kubieke meter water per dag gedestilleerd wordt.

helaam niet belevd. Met regenwater heb je de problemen niet. Binnenkort gaan we de grondwatersituatie op Saba bekijken. Ook de Kaap-Verdische Eilanden en Griekenland hebben belangstelling getoond.”

**Millennium Goals** Volgens Tuinhof is waterberging in natuurlijke systemen belangrijk bij het realiseren van de Millennium Development Goals (MDG) van de Verenigde Naties: halvering van het aantal mensen dat geen beschikking heeft over goed drinkwater in 2015. Dat komt neer op anderhalf miljard mensen. “De Wereldbank, zelf ook een belangrijke investeerder, heeft berekend dat de komende tien jaar alleen al in Afrika miljarden euro's nodig zijn om de bergingscapaciteit op peil te brengen. Maar het onderwerp staat nog onvoldoende op de politieke agenda. Ik verwacht dat ondergrondse berging het *water-issue* van de toekomst zal worden.”

Ook Stikker bekriftiseert de mondiale waterpolitiek. Volgens hem zijn de plannen van de VN te eenzijdig gericht op grootschalige, door centrale overheden beheerste waterproductie. Plattelandsgebieden worden met dergelijke macro-projecten onvoldoende bereikt. Hij pleit daarom ook voor een micro-benadering, met aandacht voor kleinschalige, *stand-alone* technieken. Stikker: “Een miljoennaal een kleine oplossing is ook een grote oplossing.”

Hij doelt daarbij op kleinschalige watermakers die per dag tot tien kubu schoon water produceren uit zout water of vochtige lucht. Ze werken veelal op zonnewarmte, wat zgeschikt maakt voor afgelegen gebieden. Zoals de Waterpyramide, die deze zomer (2005) de primeur had in het West-Afri-

kanse Gambia. Het systeem bestaat uit een kunststof tent van tweehonderd vierkante meter waarin zout of verontreinigd water wordt verdampt door zonnewarmte en weer condenseert. Afhankelijk van het weer kan per dag tot één kubu zout water geproduceerd worden. Martijn Nitzsche van Aqua-Acro Watersystems, ontwikkelaar van de Waterpyramide: “Veel waterputten in Gambia zijn verzilt door overmatige ontzinking van grondwater. Met de Waterpyramide kunnen we niet alleen zout of verontreinigd water ontzilt, we kunnen de tent ook gebruiken voor opvang van regenwater. In Gambia valt de helft meer regen dan in Nederland.”

Kleinschalige ontzinking op land is nog een betrekkelijk nieuw fenomeen, ook in combinatie met duurzame energie. Op Bonaire levert een windturbine stroom voor een RO-ontzillingsinstallatie. “De afzonderlijke technieken zijn niet nieuw”, zegt Stikker, die graag zou zien dat er een demonstratie-site komt van kleinschalige technieken voor waterproductie. “De combinatie van duurzame energie en ontzitting is dat wel.”

Niet alleen de kleinschalige, *stand-alone* technieken komen er in de plannen van de Verenigde Naties bekaaid af, vindt Stikker. Ook ontzitting krijgt niet de plek die het verdient. “In 2025 zullen zo'n vier miljard mensen in megasteden leven. De meeste megasteden liggen minder dan honderd kilometer van de kust. Ontzitting ligt daar voor de hand. Een belangrijk voordeel van ontzitting is dat het voor zowel groot- als kleinschalige productie kan worden ingezet. Maar eerst moeten internationale afspraken over de zoute afval-

**Istijwater** Ontzilt men met omgekeerde osmose is voor brak water veel goedkoper dan voor zeeewater, omdat het energieverbruik orfhngt van het zoutgehalte. Bij toeval ontdekte men in kustzones grote ondergrondse reservoirs brak water. Ze liggen op ondiepe pieken die tijdens de laatste ijstijd, toen de zeespiegel 130 meter lager lag, droog vielen. Dit fossiele grondwater rakte later bedekt met sediment en afgesloten van het zoutere zeeewater. In sommige gevallen kan het ionend zijn om dit water aan te boren en verder te ontzilt.

