

3e Internationale Symposium "Fresh water from the sea", Dubrovnik

Van 13 t/m 17 september jl. werd te Dubrovnik het, door de European Federation of Chemical Engineering georganiseerde, derde internationale symposium „Fresh water from the Sea” onder voorzitterschap van prof. A. A. Delyannis van de Technische Hogeschool te Athene, gehouden. De bijeenkomst werd door meer dan 600, uit 38 landen afkomstige, deelnemers bijgewoond. Een belangrijk aantal van de 146 lezingen, die werden gehouden, werd gevormd door bijdragen uit de Verenigde Staten en Groot-Brittannië. Aan de orde kwamen de onderwerpen: destillatie (waaronder destillatie door zonnearmte), electro-dialyse, omgekeerde osmose, piezodialyse en vries- en hydraatprocessen. Behalve lezingen, gewijd aan de uitkomsten van studies en/of onderzoeken van genoemde processen, werden beschouwingen van kostprijstechnische en economische aard, welke vooral bij ontzoutingstechnieken een rol spelen, gepresenteerd.

Voor destillatie en omgekeerde osmose is in het onderstaande getracht een indruk van de inhoud van de lezingen te geven.

Destillatie

Zoals verwacht, was de grootste groep lezingen op de destillatieprocessen afgestemd. Onderzoeken op dit gebied zijn vooral gericht op het verkrijgen van een beter begrip van zowel het ontspanningsverdamingsproces als het fenomeen van de warmteoverdracht van een medium op een al of niet metalen wand.

Silver (UK), die destijds het „Weir” meertraps ontspanningsverdamingsproces (MSF) introduceerde en o.a. installaties van dit type ontwierp voor Koeweit en Guernsey, gaf een overzicht van de ontwikkeling van dit proces gedurende de laatste tien jaar. Had aanvankelijk bij destillatiesystemen de uitbreiding van het aantal trappen ten doel een vergroting van de destillaat-stoomverhouding, bij ontspanningsverdamings had een toename van het aantal trappen tot gevolg, dat bij een relatief lage destillaat-stoomverhouding in vergelijking minder warmtewisselend oppervlak nodig was. Alleen in het laatste geval bleek een aanzienlijke kostenverlaging mogelijk.

„Meertraps ontspanningsdestillatie beperkt zich tot die installaties, waarbij het aantal trappen groter is dan twee maal de destillaat-stoom verhouding”, aldus het patentschrift (1967) voor dit proces.

Nog steeds neemt vooral in de aride gebieden de totale nieuw geïnstalleerde capaciteit aan ontspanningsverdamers toe (zie afb. 1). Saoedi-Arabië heeft ter uitbreiding van de watervoorziening van haar aan de kust gelegen steden, voor het eerst een omvangrijk meer-jaren bouwprogramma van installaties van dit type opgesteld.

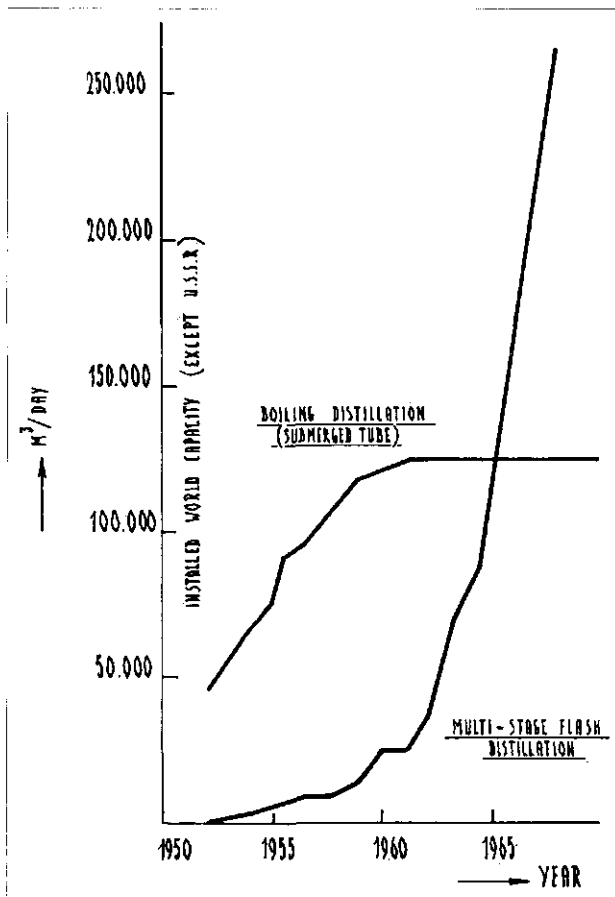
In dit kader zijn al installaties te Al Wajh en Duba (ieder 61000 gpd) in bedrijf. Van de onlangs te Jeddah gereedgekomen installatie (5 mgd, gecombineerd met electriciteits-opwekking) werd een beschrijving gegeven.

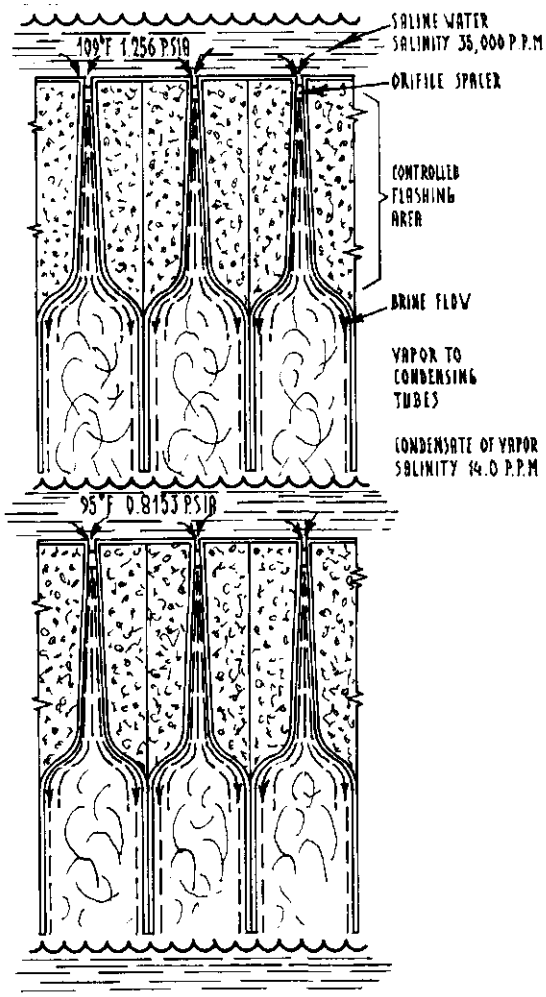
Een overzicht van de ervaringen met een groot aantal over de wereld verspreide, commercieel geëxploiteerde en onder auspiciën van het wel bekende Amerikaanse Office of Saline Water (OSW) werkende proefinstallatie werd door Evans gegeven. Katastrofale aantasting van het metaal van warmtewisselaarbuizen en mantels van ontspanningskamers vormde veelvuldig de oorzaak van een bedrijfsstagnatie. Warmtewisselaarpijpen werden daarbij vrijwel steeds door cupronikkelen buizen vervangen, terwijl in een aantal gevallen bekleding van de stalen ontspanningskamerwanden met mo-nel dan wel roestvaststaal plaatsvond. De ervaringen met experimentele installaties hadden betrekking op de Pt. Loma

(1,25 mgd, 1961), de CEA (1 mgd, 1967, dual purpose), te South Bay (destillaat-stoomverhouding 20, processtemperatuur 140° C), een installatie, een bouweenheid van een 50 mgd installatie vormend en de Freeport II LTV installatie. De waterproduktiekosten bleken in alle gevallen t.g.v. de korte levensduur van de materialen en de relatief korte tijd, dat de installaties voor productie konden worden gebruikt (60-70 %), zeer veel hoger te liggen dan de in de OSW rapporten daarvoor geraamde waarden. Dickson (UK) vermeldde enkele resultaten van de bestudering van evenwichts- en twee fasen stromingsverschijnselen in een experimentele ontspanningskamer, opgesteld aan de Heriot-Watt universiteit te Edinburgh. De dampvorming in een trap, vooral beheerst door de mate van evenwicht tussen damp en vloeistof wordt, zoals bleek, door plaatsing van een speciaal gevormd (kernen vormend) rooster in de toevoeropening van een verdampingstrap aanzienlijk bevorderd. Een overeenkomstige ervaring werd medegedeeld in een lezing door Newson (UK). In dit geval werd een „kernenvormend” rooster geplaatst in een opwaartse stroming van oververhit water in een verticale buis (onderzoek i.v.m. Clementine concept Harwell MSF installatie), waarbij werd geconstateerd dat een 80 % vrije doorlaat het meest effectief is.

Aan de hand van een rekenmodel werd door Porteous (UK) aangetoond en experimenteel bevestigd, dat de mate, waarin bij ontspanningsverdamings het evenwicht tussen damp en vloeistof wordt benaderd uit te drukken is in een exponen-

Afb. 1 - Ontwikkeling van de destillatie.





Afb. 2 - „Controlled Flash Evaporation”.

tiële functie. De zogenoemde verdampingsindex werd door hem voor een aantal specifieke gevallen gemeten.

Een, van het gebruikelijke afwijkend, ontwerp van een meertrapsontspanningsstelsel, „Controlled Flash Evaporation” genoemd, werd door Ralph Roe van Burns and Roe (VS), uitvoerig behandeld. Hierbij wordt een zo volledig mogelijke benadering van het dampvloei-toef-evenwicht nagestreefd door speciale „omgekeerde trechtervormige” kanalen (van hout) toe te passen (zie afb. 2); de gevormde waterdamp wordt horizontaal naar de condensorpijpen afgevoerd. De investeringen zouden 10-15 % lager liggen dan bij de meer gebruikelijke installaties van dit type. Eveneens zou het warmteverbruik lager zijn. Hoewel toepassing van het valende film (VTE) verdampingsproces in de eerste installatie van dit type te Freeport (OSW 1967), sindsdien elders nog weinig navolging heeft gevonden, staat deze wijze van verdampen o.a. doordat de warmteoverdracht aanzienlijk werd verbeterd door gebruik van speciaal geprofileerde buizen (zie afb. 3), weer volop in de belangstelling.

Kays van Aerojet-General Co (VS) meent zelfs, dat dit proces voorbestemd zou kunnen zijn een „second generation” ontzoutingsinstallaties te vormen. In een door hem besproken „once through” VTE installatie zou bij een procestemperatuur van 130° C „de recovery” 2/3 bedragen. Combinatie met het MSF proces zou voorts een hogere benutting van het warmtewisselende oppervlak van een VTE installatie mogelijk maken. Berekend werd, dat een VTE installatie, geoptimaliseerd voor brandstofkosten hoger dan \$2,- per 10⁶ kcal en een rente lager dan 7 % per jaar, tenminste 24 m³ destillaat per 10⁶ kcal warmte zou moeten kunnen produceren. Een Frans ontwerp van een VTE installatie

(10 effecten, procestemperatuur 135° C, destillaat-stoomverhouding 12,5), waarin de ervaringen met de te Lille, Grenoble en Toulon, door het Commissariat à l’Energie Atomique gebouwde proefinstallaties zijn verwerkt, werd door Leleu van Sté Appareils & Evaporateurs Kestner behandeld. Een allerwege naarstig zoeken naar een vergroting van de warmteoverdracht door een wand heeft l’Institut National des Sciences Appliquées (Fr.) er toe gebracht de invloed van een gedeeltelijke bekleding van horizontale warmtewisselaarpijpen met verschillende materialen te onderzoeken. Aangevoerd werd dat even onder het midden van de buis aangebrachte strips van goud zo’n aanmerkelijke vergroting van de warmteoverdracht tengevolge hebben, dat daardoor de hoge kosten van dit materiaal ruimschoots worden gecompenseerd. Ook gebruik van „niet-metalen” voor warmtewisselende wanden wordt overwogen. Zo werd door de technische hogeschool te Berlijn een door het warmtewisselende medium doorstroomde, uit een celstructuur bestaande wand van dun PVC folie ontworpen.

Proefnemingen door het UK Atomic Energy Establishment met warmtewisselaars van glas en polypropyleen (maximale bedrijfstemperaturen respectievelijk 90 en 70° C) verliepen hoopgevend. In vergelijking met de kosten van metalen warmtewisselaars zouden in dit geval besparingen van 7-10 % mogelijk zijn. PTFE en polyphenylen, hoewel technisch bijzonder geschikt, werden uit kostenoverwegingen buiten beschouwing gelaten. Voor Al-Cu, polypropyleen en glas zouden de kosten van „warmtewisseling” respectievelijk 0,33-0,45d; 0,14d en 0,11d per BTU/h° F bedragen.

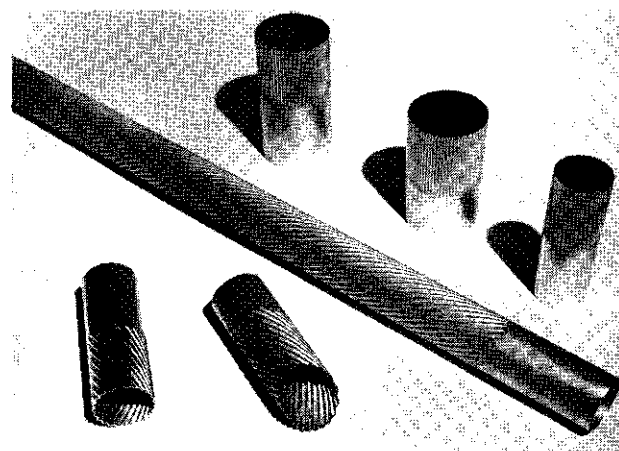
Mogelijkheden om het rendement van de installatie te verhogen worden ook gezocht in een betere voorbehandeling van het voedingswater.

Vermeld werden de ervaringen in de Centa installatie (Spanje) met Hagevap (een polyfosfaat). Vooral van belang is het onderzoek naar een volledige verwijdering van de bicarbonaat- en sulfationen uit het voedingswater met behulp van bijvoorbeeld zwak anion-uitwisselende harsen, waarbij regeneratie door de zoutwaterafvoerstroam, afkomstig van de ontzoutingsinstallatie, zou kunnen worden verkregen. De in dit geval hogere toelaatbare procestemperatuur bij meertrapsontspanningsdestillatie zou economisch optimaal tussen 175 en 200° C liggen.

Omgekeerde osmose

Een twintigtal lezingen was gewijd aan ontzouting door omgekeerde osmose. Opmerkelijk is dat dit jaar door het US Office of Saline Water van haar budget voor research en ontwikkeling meer geld voor membraan-, dan voor destillatieprocessen is bestemd, ondanks dat 97 % van de bestaande ontzoutingsinstallaties op het destillatieproces zijn gebaseerd. In een aantal voordrachten werd een overzicht gegeven van de ontwikkeling van de omgekeerde osmose technieken en

Afb. 3 - Yorkshire Imperial Metals Ltd.; warmtewisselaarbuizen voor een VTE installatie.



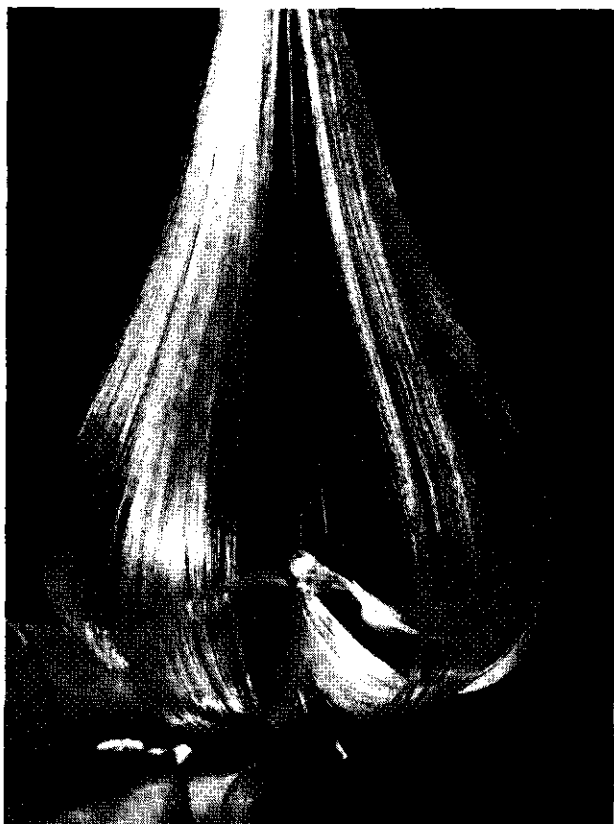
van de kostprijzen van het „gezuiverde” produkt bij verschillende systemen en capaciteiten. Membranen, inwendig aangebracht tegen als steunwand dienende buizen en membranen gevormd door de wand van zeer dunne nylon „hollow fiber”-buizen (zie afb. 4) bieden momenteel gunstige perspectieven (waterflux door membraanwand resp. 15-25 gf^2d en 0,19 gf^2d). De bij laatstgenoemde membranen zeer lage flux wordt gecompenseerd door een hoge pakingsdichtheid en een relatief lange levensduur. Membranen geschikt voor de ontzouting van zeewater in één trap verkeren nog geheel in een experimenteel stadium. De hierbij nodige hoge zoutretentie gaat gepaard met een lage waterdoorlatendheid, waardoor reeds bij een installatie van kleine capaciteit de vereiste membraanoppervlakte zeer omvangrijk wordt. Ramingen van de produktiekosten van het „produkt” water variëren van \$ 0,69/1000 gall. voor een 1 mgd installatie tot \$ 0,20/1000 gall. voor een installatie met een capaciteit groter dan 100 mgd. Voor de Coalinga installatie (5000 gall. per dag) bedragen de kosten \$ 2,—/1000 gall.

Ervaringen met de sinds september '68 in de Negev woestijn opgestelde omgekeerde osmose installatie (cap. 200 m^3/dag) werden beschreven door Cohen van het Negev Institute for Arid Zone Research, Israel. Veelvuldige en vaak langdurige bedrijfsstagnatie werd ondervonden. Hydrolyse en samendrukking van de celstructuur waren veelal de oorzaak van het falen van de membranen. Langdurige opslag van de membranen bleek geen veranderingen van de eigenschappen van de membranen tot gevolg te hebben. Mechanische reiniging van de membranen door middel van een, door de buisvormige membranen gevoerde, prop van schuimplastic bleek na een eerste reiniging geen effect meer te sorteren. Behandeling met citroenzuur resulteerde in een verbetering van de flux met 30 %, bij een slechts geringe teruggang van de zoutretentie.

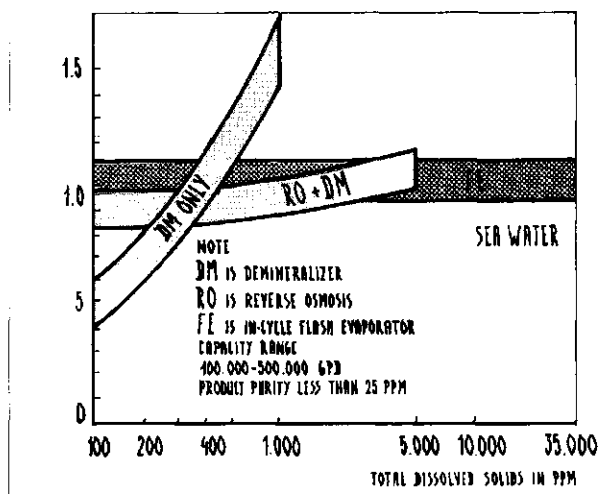
Geconstateerd werd dat E. Coli bacteriën volledig door de membranen worden tegengehouden.

Eveneens werd een sinds juli '69 op het eiland Cavallo (Corsica) in bedrijf zijnde, door Degremont gebouwde, installatie

Afb. 4 - Du Pont, Hollow fibers.



Relative cost of water



Afb. 5

met een capaciteit van 8 m^3 per dag beschreven. De membranen zijn hierbij van het Loeb-Sourirajan type (max. zoutretentie 98 %), waardoor in het „gezuiverde” water gemiddeld nog een rest zoutgehalte van 1000 mg/l voorkomt.

Door Coit van Westinghouse Electric Co US werd gewezen op de mogelijkheden, die omgekeerde osmose biedt voor hergebruik van water, de bereiding van ketelvoedingwater en de behandeling van industrieel afvalwater. Door hem werden voor ketelvoedingwater de kosten vergeleken voor het geval dit wordt verkregen door destillatie, demineralisatie of omgekeerde osmose gecombineerd met demineralisatie (zie afb. 5). Beproevingresultaten van door Aerojet-General en Gulf General Atomic ontwikkelde membranen werden vermeld door Gillam.

Membranen voor zeewaterontzouting met een zoutretentie van 99,5 % en een flux van 10 g^2d gaven daarbij na één jaar een fluxreductie van 10-22 % te zien. Voor de nieuw ontwikkelde brakwater membranen liepen de resultaten nogal uiteen. Een membraan met een zoutretentie van 80 % bij een flux van 82 g^2d vertoonde een afname van de flux van 19 % na één jaar.

De relatief korte levensduur van de huidige ter beschikking staande membranen heeft vooral het onderzoek naar zowel meer duurzame als minder kostbare produktiemethoden gestimuleerd.

Door Hydronautics Co, gefinancierd door het US Office of Saline Water, worden met dit oogmerk een aantal technische mogelijkheden om membranen te vormen onderzocht. Nog geheel in het ontwikkelingsstadium verkeert een methode onder de naam „Hydrocasting”. Hierbij wordt een in buizen aanwezige warme cellulose acetaat oplossing door een luchtstroom uitgedreven. Het op het inwendige buisoppervlak achterblijvende cellulose acetaat wordt daarna met een koude en een warme waterstroom behandeld waardoor een buisvormig membraan wordt verkregen. De kosten van membraanverwisseling (geen demontage) zouden in dit geval slechts \$ 0,1/ ft^2 membraanoppervlak bedragen.

Sachs van het Weizmann Institute of Science, Israel maakte melding van een membraan, waarvan de laag waarin ontzouting plaatsvindt wordt gevormd door poly-acryl zuur. Hij vermeldt een flux van 3,5 m^3/m^2 membraan oppervlak per dag bij een zoutretentie tussen 50-80 %.

Aerojet-General Co ontwikkelde membranen van cellulosediacetaat en cellulose triacetaat, die in zeewater bij een zoutretentie van ca. 95 % een waterflux van 0,4 m^3/m^2 membraanoppervlak per dag en in brak water een waterflux van 2 m^3/m^2 membraanoppervlak per dag hebben.

Membranen van cellulose acetaat-methacrylate zouden in

• *vervolg op pag. 158*

● *vervolg van pag. 157*

brak water bij een zoutretentie van 81 % zelfs een flux van $4 \text{ m}^3/\text{m}^2$ membraanoppervlak per dag hebben. Vermeld dient nog te worden een ontwikkeling door Ionics Inc. (US) onder de naam „Piezodialyse” waarbij, onder druk, zuivering wordt verkregen, doordat zoutionen in plaats van water door een (Kation-anion permeabel) membraan worden doorgelaten.

Wordt aangenomen, dat de gehouden lezingen een weerspiegeling zijn van de huidige stand van de ontwikkeling van de ontzoutingsprocessen, dan moet worden geconstateerd dat

sinds het 2e symposium „Fresh water from the Sea” in 1967 te Athene slechts sprake is van een matige vooruitgang van de technieken voor de ontzouting van zee- en brakwater. Revolutionaire nieuwe ontwikkelingen hebben zich in die tijd niet voorgedaan. Verhoogde belangstelling is waar te nemen voor de ontwikkeling van de omgekeerde osmose technieken.

Verwacht wordt, dat dit proces, indien de zich daarbij technisch voordoende problemen worden opgelost, de toepassing van het destillatieproces zal terug dringen.