

## Ontzouting

Met het ontwikkelen van werkwijzen voor de ontzouting van water heeft de procestechniek een nieuwe bewerking toegevoegd aan het arsenaal dat de waterleidingdeskundigen reeds ter beschikking stond.

Bij deze werkwijzen wordt het water of het zout van de oplossing, het te ontzouten water, gescheiden; zij kunnen in het kader van de waterbehandeling als zuiveringsprocessen worden beschouwd ter verbetering van de kwaliteit.

Voor een overzicht van de verschillende ontzoutingsprocessen moge ik U verwijzen naar artikelen van Burley [1] en Lerk [2] uit de laatste tijd en U hier slechts een korte schets geven van de meest belangrijke procédés.

### Destillatie

Veruit de grootste toepassing heeft tot op heden de destillatie gevonden in de vorm van vaak reeds zeer grote meertrapsontspanningsverdamperen. Er zijn al meer dan dertig zulke installaties met capaciteiten van meer dan 1 miljoen m<sup>3</sup> per jaar in gebruik, o.a. op Curaçao met ruim 2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar, terwijl binnenkort de grote verdampers in Terneuzen klaar komt met een capaciteit van meer dan 10 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.

In de Verenigde Staten, Rusland en Israël wordt gewerkt aan de bouw van grote waterfabrieken volgens hetzelfde principe met capaciteiten van meerdere tientallen miljoenen m<sup>3</sup> per jaar.

Deze voorbeelden zijn een duidelijk bewijs van het reële belang van de ontwikkelde ontspanningsverdamperen en van het feit dat zij op een aantal plaatsen in de wereld economisch kunnen worden bedreven. Daarbij speelt de prijs van de energie een grote rol.

Zeker zijn alle technische problemen nog niet achter de rug en moet men veel aandacht geven aan het voorkomen van afzettingen en het tegengaan van corrosie, maar men mag verwachten dat hiervoor, voor elke situatie op zich, adequate oplossingen kunnen worden gevonden.

De andere verdamperen zijn van weinig belang voor de bereiding van water op grote schaal al vinden zij

onder bijzondere omstandigheden toepassing, zoals op schepen en voor de voorziening van kleine gemeenschappen, bijvoorbeeld in zeer zonnige gebieden.

Alle destillatieprocessen zijn, in welke vorm dan ook, in principe zowel voor de verwerking van zout als van brak water geschikt. Zij leveren gewoonlijk zeer zuiver water met zoutgehalten van 1 tot 10 p.p.m. Dit water kan direct worden gebruikt als industrie-water, ketelwater of proceswater, maar het is erg corrosief en niet geschikt voor onmiddellijke consumptie. Voor de distributie voor huishoudelijk gebruik moet het water harder worden gemaakt door middel van toevoegingen van kalk en bicarbonaten of met niet ontzout water worden gemengd.

Het werken met ontspanningsverdamperen vraagt over het algemeen geen vergaande en kostbare voorbewerking van het ruwe water, hetgeen onder sommige omstandigheden een beslissend voordeel tegenover andere wijzen van ontzouting kan zijn.

### Elektrodialyse

Dit is na de ontspanningsverdampers het meest ontwikkelde procédé, het enige dat ook reeds technisch-commerciële toepassingen heeft gevonden. De orde van grootte van de ca. tien huidige waterbedrijven op basis van elektrodialyse is een factor 10-100 kleiner dan de fabrieken met ontspanningsverdamperen; het grootste is dat in Buckeye, Arizona, USA, met een capaciteit van 750.000 m<sup>3</sup> per jaar. Daarnaast zijn een groot aantal proefbedrijven in bouw of voltooid met capaciteiten variërend van ca. 10.000 tot enkele honderdduizenden m<sup>3</sup> per jaar.

In tegenstelling tot de destillatie wordt hier niet het water maar het zout uit het te bewerken uitgangsprодукt verwijderd, zodat het zoutgehalte van het ruwe water een grote rol speelt bij de economie van het elektrodialyseproces. Ook is dit het geval met de toegepaste membranen, gevoelige onderdelen waarvan de levensduur sterk afhangt van de kwaliteit van het te behandelen water. Dit laatste zal in vele gevallen aan een zorgvuldige voorzuivering moeten worden onderwor-

pen, vooral wanneer het oppervlaktewater betreft dat organisch is vervuild. In het algemeen zal het produkt van een ontzouting door middel van elektrodialyse direct voor huishoudelijk gebruik en distributie geschikt zijn en voor de toepassing als ketelvoedingswater een nabehandeling behoeven.

### Hyperfiltratie (Omgekeerde Osmose)

Dit procédé dat nog in volle ontwikkeling verkeert heeft de laatste jaren hoge verwachtingen gewekt doordat het zeer eenvoudig te bedrijven is, flexibel is ten opzichte van het zoutgehalte van het aangeboden water en ten opzichte van de op te stellen capaciteit en vooral bij hogere zoutgehalten een laag energieverbruik heeft.

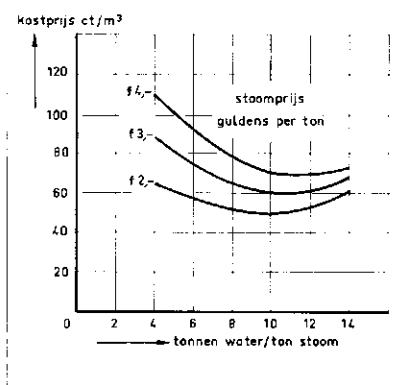
Het vinden van membranen met een behoorlijke levensduur en geschikte scheidingskarakteristieken is nog een punt van veel onderzoek, terwijl nog slechts één fabrikant een uitvoering van de apparatuur heeft ontwikkeld die zich voor de toepassing in grote technische eenheden leent.

Het is nog onvoldoende bekend in welke mate de membranen voor hyperfiltratie een voorzuivering van het te ontzouten water noodzakelijk zullen maken; men moet er wel mee rekenen. De kwaliteit van het afgeleverde water zal misschien niet direct geschikt zijn voor industriële doeleinden maar wel voor huishoudelijk gebruik.

### Ionenwisselaars

De toepassing van ionenwisselaars voor het ontharden en ontzouten van water met minder dan 500 mg zout per liter om het geschikt te maken voor ketelvoedingswater is welbekend. Er zijn en worden nog nieuwe procédés ontwikkeld met gebruikmaking van ionenwisselaars, die wellicht ook in een aantal gevallen voor grotere ontzoutingstrajecten economisch aantrekkelijk zullen kunnen zijn. Het is te verwachten dat evenals bij de membraanprocessen een voorzuivering van het te behandelen water hier noodzakelijk zal blijken te zijn.

Behalve de reeds vermelde technische factoren die bij de keuze van een bepaald ontzoutingsprocédé een rol spelen is het natuurlijk noodzakelijk na



Afb. 1

te gaan hoe het ligt met het energieverbruik en andere kostenbepalende factoren.

De thermodynamisch minimaal nodige hoeveelheid energie wordt zoals bekend bij alle procédés ruim overschreden. Daardoor blijkt in de praktijk de hoeveelheid energie die bij het verdampen van water wordt verbruikt, in tegenstelling tot de theorie, vrijwel niet afhankelijk te zijn van het zoutgehalte van het water. De bepalende factor daar is de mate waarin de toegevoerde warmte wordt teruggewonnen. Hoe meer warmte er teruggegewonnen wordt, hoe lager het energieverbruik.

Bij een ontspanningsverdampers betekent dit het toepassen van meer trappen, meer kamers dus met een groter warmtewisselend oppervlak. Hieraan worden echter door diverse factoren grenzen gesteld [3], o.a. door het stijgen van de investeringskosten. Voor deze verdampers geldt tegenwoordig dat een optimum wordt bereikt bij een opbrengst van 10-12 ton water per ton toegevoerde stoom met toepassing van ongeveer veertig trappen (afb. 1).

Het totale energieverbruik bij zulk een verdampers bedraagt 12 tot 15 kWh/m<sup>3</sup> geproduceerd water, hetgeen 35 tot 50 % van de totale kosten is. Bij ontspanningsverdampers is het dus belangrijk over een goedkope warmtebron te kunnen beschikken.

Elektrodialyse geeft een geheel ander beeld. Daar is het energieverbruik ongeveer recht evenredig met het zoutgehalte van het water vóór de ontzouting. Het verbruik bedraagt 1,5 tot 2 kWh per 1.000 p.p.m. verwijderd zout per m<sup>3</sup>, hetgeen voor zeewater neerkomt op ca. 40 kWh/m<sup>3</sup> verkregen ontzout water en voor brak water met bijvoorbeeld 1600 mg zout per liter op 2 tot 2,5 kWh/m<sup>3</sup>.

Het grote belang dat gelegen is in het verlengen van de levensduur van de gebruikte membranen is reeds eerder genoemd [4], het blijkt uit afb. 2.

Voor een economische opzet moeten dus de kosten van de voorbehandeling mede in aanmerking worden genomen.

Bij de hyperfiltratie is het energieverbruik ruwweg evenredig met de toegepaste druk. Om een voldoende stroom water door de membranen te verkrijgen is deze aanmerkelijk hoger dan de osmotische druk die bij het behandelen water behoort. Bij zee-water met een osmotische druk van

ongeveer 25 atmosfeer wordt een werkdruk van ca. 100 atmosfeer toegepast, bij licht brak water van ca. 40 atmosfeer. Dit vraagt aan energie ca. 8,4 kWh/m<sup>3</sup> en 3,5 tot 4 kWh/m<sup>3</sup>.

De levensduur van de membranen is nog onvoldoende in de praktijk bekend. Wanneer men deze stelt op zes maanden bedragen de membraankosten tussen 30 en 45 % van de totale waterkosten. Het is dus ook hier van groot economisch belang de levensduur van de membranen te verlengen.

De volgende tabel maakt een vergelijking van de drie procédés mogelijk.

TABEL I - Vergelijking van enkele ontzoutingsprocédés

Procédé	Uitgangswater	Produktwater mg totaal zout/liter	Energieverbruik kWh/m <sup>3</sup>	Investeringskosten ct/m <sup>3</sup> /jaar
Ontspanningsverdampers	zeewater	1 - 10	12 - 15	17 - 26 <sup>1)</sup>
	brak water			14 - 19 <sup>2)</sup>
Elektrodialyse	zeewater	200 - 500	ca. 40	ca. 30 <sup>3)</sup>
	brak water	200 - 500	7 - 9	ca. 15 <sup>3)</sup>
	5000 mg/l			
Hyperfiltratie	brak water	200 - 500	2 - 2,5	ca. 8 <sup>3)</sup>
	1600 mg/l			
	zeewater	400 - 500	8,5	—
	brak water	100 - 500	3,5 - 4	—

1) Dual-purpose, capaciteit 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, afschrijving 15 jaar, rente 6 %

2) Dual-purpose, capaciteit 50 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, afschrijving 15 jaar, rente 6 %

3) Capaciteit 3,5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar, afschrijving apparatuur 10 jaar, membranen 4 jaar, rente 6 %

Uit deze cijfers blijkt dat voor het ontzouten van zeewater allereerst de verdampers geschikt zijn en dat elektrodialyse daarvoor niet in aanmerking komt. De energieverbruikcijfers zouden hyperfiltratie boven verdampers doen verkiezen. Of dit nieuwe procédé ooit de verdampers voorbij zal streven hangt af van zijn toekomstige ontwikkeling. Op het ogenblik zijn de membranen nog ongeschikt voor zeewaterontzouting, zij hebben bij de zeer hoge werkdruk een te kort leven, terwijl de vergrotingsproblemen van de installaties nog niet zijn opgelost.

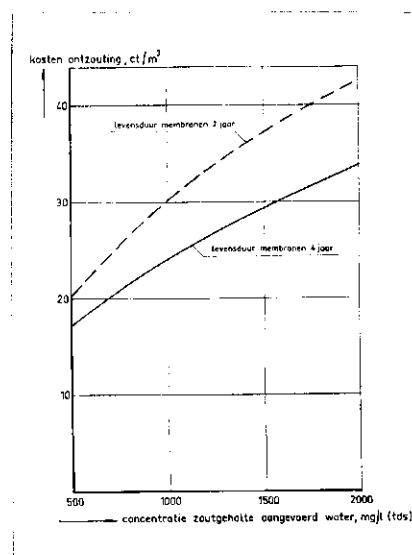
Voor brak water met minder dan 5000 mg zout/liter kunnen vooral elektrodialyse en hyperfiltratie een goede oplossing bieden, terwijl voor licht brak water beneden 1600 mg zout/liter elektrodialyse de voorkeur heeft.

Ten aanzien van de investeringskosten bij elektrodialyse valt op te merken dat deze in hoofdzaak afhangen van het aantal benodigde ontzoutingstrappen, dat wil zeggen van het zoutge-

halte van het te behandelen water en van het ontzoutingstraject per trap. Schaalvergroting leidt hier niet zoals bij verdampers tot een duidelijke bezuiniging. Vrij kleine eenheden kunnen dus al economisch werken.

De investering voor hyperfiltratie is

Afb. 2



nog onvoldoende bekend om hierover iets betrouwbaars te zeggen.

Bij het afwegen van de twee alternatieven voor de ontzouting van brak water: elektrodialyse en hyperfiltratie moet men niet alleen op het zoutgehalte maar ook op de zoutsamenstelling letten. In het elektrodialyseproces zullen monovalente anionen sneller worden verwijderd dan bivalente, chloride dus sneller dan sulfaat. Bij de kationen is het omgekeerd, calcium en magnesium worden gemakkelijker verwijderd dan natrium; het water wordt dus onthard.

De huidige membranen voor hyperfiltratie zijn vooralsnog minder geschikt voor het tegenhouden van monovalente ionen, terwijl de bivalente vrij gemakkelijk worden afgescheiden.

Elektrodialyse komt dus meer in aanmerking voor situaties zoals die zich in Nederland voordoen, waar chloride een overlast betekent, terwijl hyperfiltratie nuttig is bij het ontzouten van sterk sulfaathoudende bronnen als in Amerika en Israël.

Het is dus mogelijk op grond van de voorgaande overwegingen in een bepaald geval waarvoor het te ontzouten water gegeven is en ook bekend is welk gebruik van het ontzoute water moet worden gemaakt tot een keuze van de juiste ontzoutingsmethode te komen.

De belangrijke vraag blijft wanneer, onder welke omstandigheden, ontzouting door de watertechnici in hun beschouwingen betrokken dient te worden?

Het zal U bekend zijn dat bij het ontwikkelen van ontzoutingstechnieken en het bestuderen van hun mogelijkheden een aantal landen voorop lopen; deze zijn

De Verenigde Staten van Noord-Amerika;  
Engeland;  
Israël en  
Nederland.

Daar ook zijn de watertechnici zich in de laatste jaren meer bewust met de toepassingen van ontzouting gaan bezighouden [5, 6 en 7].

Ik wil trachten deze mogelijkheden met het volgende staatje, uitgaande van de natuurlijke situatie van de watervoorziening, schematisch weer te geven.

Voorbeelden van deze situaties zijn

TABEL II

	Natuurlijke situatie watervoorziening			Opslag van natuurlijk water	Ontzouting	Opslag van ontzout water	Opslag in combinatie
	Zoet	Brak	Zout				
1. doorlopend voldoende				—	—	—	—
2. voldoende, onregelmatige aanvoer				+	—	—	—
3. gedurende bepaalde perioden onvoldoende		voldoende		+	+ intermitterend	—	+
4. gedurende bepaalde perioden onvoldoende			voldoende	+	+ liefst niet intermitterend	—	+
5. doorlopend onvoldoende		voldoende		—	+ additioneel	+	+
6. doorlopend onvoldoende			voldoende	—	+ additioneel	+	+
7. geen		voldoende		—	+	+	—
8. geen			voldoende	—	+	+	—

wanneer wij zo mogelijk dicht bij huis blijven:

1. Nederland in het verleden;
2. Nederland op het ogenblik;
3. Nederland met het Rijnwater, het IJsselmeer en brak grondwater;
4. Nederland met de Noordzee, open zeearmen en zout grondwater;
5. Nederland in de toekomst met het Zeeuwse Meer en brak grondwater; de toestand in Arizona en Californië (binnenland);
6. Nederland in de toekomst met zee-waterontzouting of ontzouting van zout grondwater; Californië (kust);
7. Israël, Sahara met zoute bronnen;
8. Curaçao, Griekenland (eilanden).

Zoals hieruit blijkt zijn er ook in ons land mogelijkheden voor de toepassing van waterontzouting. Het nagaan van de betekenis hiervan voor onze watervoorziening is het werk van de daartoe in het leven geroepen Commissie Ontzouting. Aangezien het vaststellen van de toepasbaarheid van de verschillende technieken en hun onderlinge vergelijking een nauwkeurige evaluatie noodzakelijk maakt, heeft zij een aantal werkgroepen hiermee belast. Deze zullen ook voor een aantal in aanmerking komende plaatsen, al naar de daar geldende condities, plannen moeten opzetten. Het uitwerken hiervan betekent telkens een studie op zich.

Uit een beschouwing van tabel II valt nu reeds af te leiden dat voor de Nederlandse verhoudingen de combinatie van opslag met ontzouting, indien er al ontzout wordt, van belang zal zijn.

Juist het zich verdiepen van watertechnici in deze poblematiek voert tot een veel fijnere evaluatie van de mogelijkheden van ontzouting dan de nog weinig gedetailleerde uiteenzettingen van de procestechnici. Deze, die de ontzoutingsprocessen hebben ontwikkeld, komen tot kostprijzen voor het ontzoute water waar menig waterleidingman nog van schrikt (zie bijvoorbeeld afb. 1 en 2). Onder de waterdeskundigen echter hebben Golze [8] en Allen en medewerkers [9] de aandacht gevestigd op het belang van het laten werken van ontzoutingsinstallaties ter ondersteuning van wateropslagsystemen, waarvan de belasting te hoog wordt door een toenemende afname. Dit is nog eens uitvoeriger uiteengezet door Burley en Mawer [10] die op de flexibiliteit wijzen die in het ontwerp van een ontspanningsverdampert aanwezig is en die aan een intermitterend gebruik zou kunnen worden aangepast. In het bijzonder wordt gewezen op de geschiktheid van het elektrodialyseproces voor dit doel indien over brak water kan worden beschikt. Met beide ontzoutingssystemen worden kostprijzen van de meeropbrengst bereikt die lager zijn dan die van het ontzoute water zelf indien

dit afzonderlijk moest worden gemaakt.

Terwijl de Amerikaanse en Engelse deskundigen over opslag van water spreken in verband met tekorten in de aanvoer in de loop van een jaar of over een aantal jaren gezien en zij in vorengenoemde artikelen de tekorten in hoeveelheid door middel van ontzouting denken aan te vullen is de situatie hier in Nederland anders.

Een tekort in de hoeveelheid water doet zich niet voor, wel beschikken wij gedurende zekere perioden niet over water van de gewenste kwaliteit. Dit euvel dat speciaal voor het water van de Rijn geldt is door Huisman en Martijn [11] bestudeerd. Zij hebben de werking van doorstroombekkens nagegaan als middel om de schommelingen in kwaliteit en wel speciaal in het chloridegehalte af te vlakken.

Door vernuftige indeling en bedrijfsvoering van deze bekkens komen zij tot interessante resultaten tegenover bepaalde kosten. Door het gebruik van spaarbekkens in plaats van doorstroombekkens [12] kan de inhoud van de bekkens nog worden verkleind met behoud van een even goed resultaat. Voor gelijke inhoud zijn deze bekkens echter duurder.

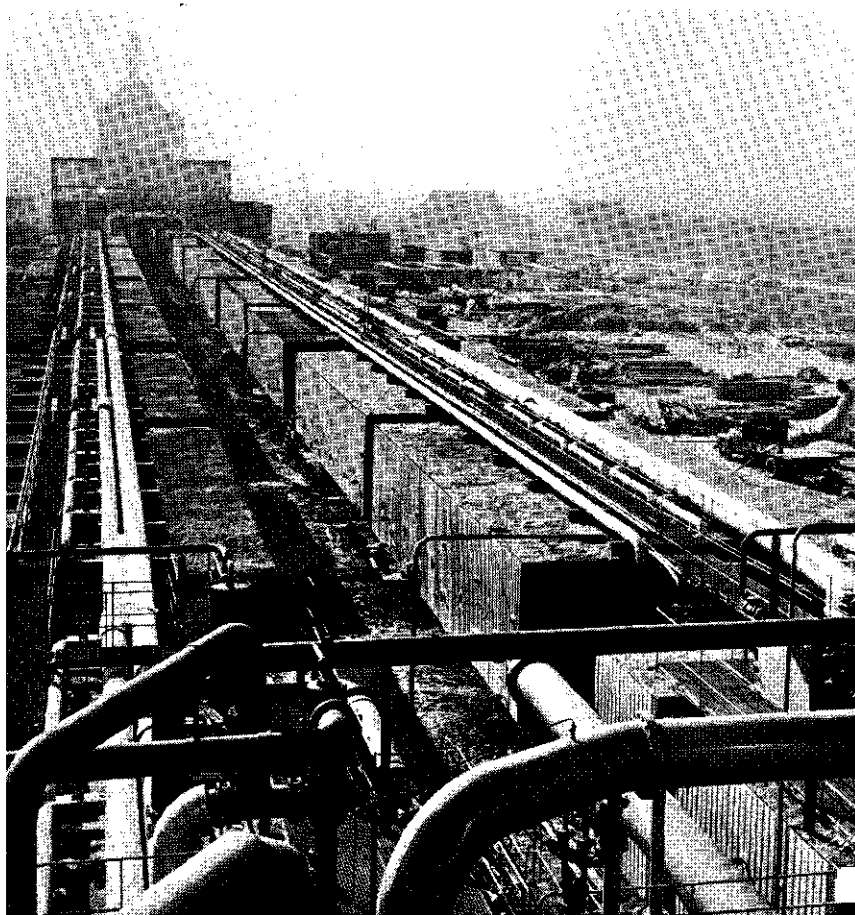
De vraag rijst wat met het invoeren van een ontzoutingsinstallatie als onderdeel van een dergelijk systeem valt te bereiken. Men kan daarbij aan de vervanging van één of meer bekkens denken en een kostenvergelijking maken in de geest van Allen, Burley en Mawer [9 en 10] waarbij de overweging geldt dat de vaste lasten van een bekken groter kunnen zijn dan die van een ontzoutingsinstallatie. Men beschikt nog niet over voldoende nauwkeurige cijfers betreffende ontspanningsverdampers of elektrolyseinstallaties in Nederlandse omstandigheden en evenmin zijn de kosten van spaarbekkens behoorlijk bekend, zodat een berekening hier nog niet kan worden gemaakt, maar dit zal zeker moeten gebeuren.

Ook in de voordracht van de heer Martijn van vanmorgen, waarin hij de uitvoering van de kunstmatige infiltratie met behulp van voorraadterreinen behandelt doet zich de mogelijkheid voor één of meer voorraadterreinen te vervangen door een spaarbekken. Ook hier kan in principe een voorraadterrein door een ontzoutingsinstallatie worden vervangen.

Aangezien een ontzoutingsinstallatie

niet noodzakelijkerwijs op dezelfde wateraanvoer aangesloten hoeft te zijn als het ermee gecombineerde bekkenstelsel of infiltratiegebied komen

er door deze omstandigheid een aantal combinatiemogelijkheden naar voren die zeer interessant zouden kunnen zijn.



Zoetwaterfabriek Terneuzen.

#### Literatuur

1. Burley, M. J., *Conference on Desalination*, september 1966, Proceedings.
2. Lerk, C. F., *Overzicht van bestaande en in ontwikkeling zijnde ontzoutingstechnieken*, *Water 51* (1967) 21 ; 373-382.
3. Torren, J. H. van der, *Ontzilting door verdamping*, *Water 51* (1967) 21 ; 383-390.
4. Ludert, J. R. A., *Ontzilting met behulp van elektrolyse*, *Water 51* (1967) 21 ; 391-395.
5. First International Symposium on Water Desalination, Washington, oktober 1965.
6. Conference on Desalination as a Supplementary Water Resource, Londen, september 1966.
7. Vergadering Vereniging voor Waterleidingsbelangen, Apeldoorn, december 1966.
8. Golze, A. R., *Relationship between storage capacity and load factor of a desalination plant*, *Desalination 1* (1966), 267-290.
9. Allen, R. G., *The need for desalination*, *Journal of the British Nuclear Energy Society*, 7 (1968) 1 ; 21-26.
10. Burley, M. J., and Mawer, P. A., *The conjunctive use of desalination and conventional impounding reservoirs*, *Water and Water Engineering*, juli (1968) ; 275-277.
11. Huisman, L., en Martijn, Th. G., *Kwaliteitsverbetering in doorstroombekkens*, *H<sub>2</sub>O 1* (1968) 3 ; 64-71, 4 ; 86-93.
12. Martijn, Th. G., *Kwaliteitsverbetering in spaarbekkens*, *H<sub>2</sub>O 1* (1968) 21 ; 482-488, en 1 (1968) 27 ; 572-579.