

B-1

N.V. Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen  
KIWA

VOORLOPIGE UITKOMSTEN  
VAN DE DOOR HET KIWA  
VERRICHTTE SPROEIPROEVEN

door dr ir J. E. CARRIÈRE

VOORDRACHT VOOR DE ALGEMENE VERGADERING  
VAN DE VERENIGING VOOR WATERLEIDINGS-  
BELANGEN IN NEDERLAND. GEHOUDEN  
OP 4 MEI 1950 TE AMERSFOORT

MOORMAN'S PERIODIEKE PERS - DEN HAAG

N.V. Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen  
KIWA

VOORLOPIGE UITKOMSTEN  
VAN DE DOOR HET KIWA  
VERRICHTTE SPROEIPROEVEN

door dr ir J. E. CARRIÈRE

VOORDRACHT VOOR DE ALGEMENE VERGADERING  
VAN DE VERENIGING VOOR WATERLEIDINGS-  
BELANGEN IN NEDERLAND. GEHOUDEN  
OP 4 MEI 1950 TE AMERSFOORT

MEDEDELING No. 9  
VAN HET KEURINGSINSTITUUT  
VOOR WATERLEIDINGARTIKELEN N.V. — KIWA

MOORMAN'S PERIODIEKE PERS - DEN HAAG

Sproeien is een belangrijk onderdeel van het zuiveringsproces voor grondwater. De eerste grondwaterpompsstations dateren van de laatste decennien van de vorige eeuw. Dat de moeilijkheden met het zuiveren van grondwater in de aanvang soms zeer groot waren bewijst wel het feit, dat op het einde van de vorige eeuw in een grote Duitse stad, alwaar een voor het zuiveren van grondwater ingericht pompstation was gebouwd, tengevolge van de ondervonden moeilijkheden moest worden overgegaan tot het winnen van oppervlaktewater.

Omstreeks het einde der vorige eeuw werd ontdekt, dat de in grondwater aanwezige opgeloste ijzer- en mangaanverbindingen door beluchting, waarbij zuurstof uit de lucht wordt opgenomen, in onoplosbare verbindingen kunnen worden omgezet. Van dat moment af was de zuivering van grondwater veel eenvoudiger geworden. Het opgepompte grondwater werd in fijn verdeelde toestand gebracht en zodoende belucht en sijpelde daarna dikwijls nog over bedden, bestaande uit cokes, bakstenen of takkenbossen. Bij de waterleidingbedrijven in ons land zijn alleen de beide eerstgenoemde materialen gebruikt, waarbij cokes de meeste toepassing vond. De dikte van de pakkingen bedroeg meestal ca 3 m, de doorstroomsnelheid, gemeten boven de pakking, ca 3 m/h.

De beluchting geschiedde soms in de open lucht door middel van een cascade, doch meestal met behulp van een in een gebouw ondergebrachte centrale beluchtingsgoot met zijgoten, die boven de contactbedden waren aangebracht. Door de geperforeerde bodems van deze goten viel het water meestal op geperforeerde gegolfde platen en vandaar op de cokes- of steenpakkingen, die met de goten waren ondergebracht in één gebouw, dat ter hoogte van de pakkingen aan alle zijden van jalouzieën was voorzien, waardoor de buitenlucht vrije toegang had. Na het passeren van de pakkingen werd het water op langzame zandfilters gebracht, die meestal een getrouwe copie waren van de sinds 1829 voor het zuiveren van oppervlaktewater gebezigde langzame zandfilters.

Het met dergelijke installaties beoogde doel was tweerlei, nl. beluchten en ontgassen. Bij het beluchten moet het water zoveel mogelijk zuurstof opnemen, dat dient om de oplosbare ferroverbindingen om te zetten in onoplosbare ferriverbindingen, die kunnen worden afgefilterd, benevens ter oxydatie van de assimileerbare organische stoffen en van het eventueel aanwezige ammoniak. Bij de ontgassing moeten zwavelwaterstof en koolzuur worden verwijderd, het koolzuur in zodanige mate, dat het water niet meer agressief is.

De resultaten van de sijpeling over cokes waren voor wat betreft de beluchting en de ontgassing over het algemeen gunstig. Daartegenover staat dat aan dit systeem verschillende bezwaren waren verbonden. De gegolfde platen raakten dikwijls gedeeltelijk verstopt, doch veel ernstiger was, dat de pakkingen als filters gingen werken, waardoor deze geregeld, dikwijls zelfs éénmaal per jaar, moesten worden gereinigd, waartoe de cokes of de bakstenen moesten worden verwijderd. Verder trad in de cokespakkingen groei van allerlei organismen op. Aan de buitenzijde, door de jalouzieën heen, vertoonden zich dikwijls mossen en varens, terwijl zich in het ijzerslib organismen van velerlei aard, waaronder zelfs wormen, ontwikkelden, die zo nu en dan in het buizennet van het bedrijf terecht kwamen. Roelants heeft als eerste een poging gedaan om het reinigen van de cokespakkingen mogelijk te maken zonder dat het materiaal uit de kamers moest worden gehaald. Hij ontwierp daartoe een proefinstallatie, met behulp waarvan een cokeskamer periodiek met een oplossing van zout gevuld zou kunnen worden. Hij hoopte aldus het op de cokes afgezette ijzer op eenvoudige wijze te kunnen verwijderen. Tengevolge van zijn dood zijn deze proeven in een vroegtijdig stadium gestaakt.

De bezwaren van cokes- en baksteenpakkingen waren zodanig, dat sinds ongeveer 20 jaren in ons land geen nieuwe cokestorens meer zijn gebouwd, terwijl veel bedrijven er toe zijn overgegaan de aanwezige cokestorens tot snelfilters te verbouwen dan wel door snelfilters te vervangen. Tot ir Stoel Feuerstein het enkele jaren geleden weer eens voor de oude cokeskamers heeft opgenomen en getracht heeft de eraan verbonden bezwaren te ondervangen.

Sinds ongeveer 1910 zijn in ons land snelfilters in gebruik genomen voor het zuiveren van grondwater, aanvankelijk alleen als voorfilters en met 'n filtratiesnelheid van niet meer dan ca 1 m/h. Naarmate de techniek van de snelfiltratie zich ontwikkelde werd deze snelheid opgevoerd en wel tot 4 à 5 m/h, terwijl dit type filters tevens als enige filterphase werd gebezigd. Het opvoeren van de filtratiesnelheid had tot gevolg, dat de capaciteit van de sproeiërs, die bijna steeds rechtstreeks boven de filters werden aangebracht, groter moest worden. Dientengevolge werden verschillende nieuwe typen sproeiërs geconstrueerd, die capaciteiten van 3 tot 5 m<sup>3</sup>/h en zelfs meer bezaten, tegen 0,5 à 1 m<sup>3</sup>/h bij de oudere typen.

Aanvankelijk dacht men dat het vervangen van de cokespakkingen door snelfilters niets dan voordelen bood.

Bij vele bedrijven was dit inderdaad zo, doch daartegenover staat dat zich bij andere bedrijven bezwaren demonstreerden. Het kwam nl. voor dat de ontgassing van het ruwe water te wensen overliet; het koolzuurgehalte bleef te hoog, waardoor het filtraat meer of minder agressief bleef, terwijl ook enkele gevallen bekend zijn waar het op de filters gebrachte water na het in gebruik nemen van de nieuwe installatie nog ammoniak bevatte en dientengevolge voor oxydatie een zodanige hoeveelheid zuurstof opeiste, dat niet voldoende zuurstof overbleef voor oxydatie van het ijzer, zodat het filtraat niet ijzervrij was. In deze gevallen was het door de oude cokespakkingen gesijpelde water wel geheel of nagenoeg geheel vrij van ammoniak. Een hoeveelheid ammoniak van 1 mg/l vereist 3,8 mg/l, een hoeveelheid ijzer van 1 mg/l 0,143 mg/l zuurstof ter oxydatie. Ook kwam het voor dat tengevolge van onvoldoende ventilatie het vrij gekomen koolzuurgas boven de snelfilters bleef hangen.

Het gehele complex van problemen, die zich voordoen bij het sproeien — dat wil dus zeggen beluchten en ontgassen — en het filtreren van grondwater, is door het KIWA, in samenwerking met de Raad van Bijstand van de Samenwerkende Waterleidinglaboratoria, in studie genomen, waarbij het praktische speurwerk is begonnen met sproeien.

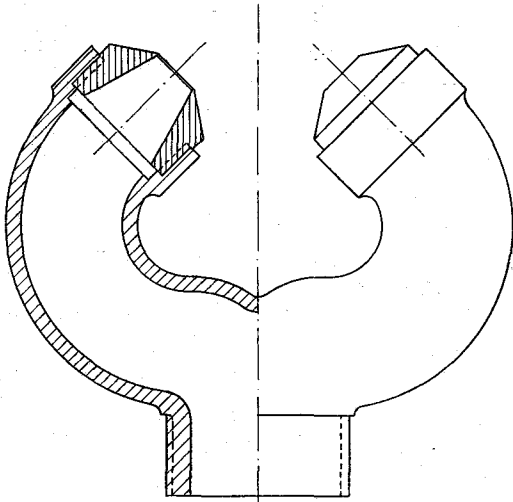
Over de theorie van de toevoer van zuurstof aan water heeft dr ir A. Pasveer onlangs in „De Ingenieur” een theoretische studie gepubliceerd. De snelheid, waarmee een grensvlak water—lucht met zuurstofmoleculen wordt verzadigd is zeer groot, zodat men ervan kan uitgaan, dat een dergelijk vlak steeds met zuurstof is verzadigd. Is water in rust dan wordt de zuurstof van het grensvlak uit over de rest van het water uitsluitend door diffusie verdeeld. Bij water in beweging wordt de verdeling van de zuurstof in het water bevorderd door het vervangen van de oppervlaktelagen door dieper gelegen lagen. De zuurstofopneming van water geschiedt met maximale snelheid op het ogenblik van de vorming van oppervlak. Dit maakt het noodzakelijk er naar te streven, dat de energie die bij het aereren wordt gebruikt, zoveel mogelijk wordt aangewend voor het scheppen van nieuw oppervlak, dat is voor het brengen van nieuwe waterlagen aan een grensvlak water—lucht. Het aanwenden van energie voor het verlengen van de contacttijd moet worden vermeden.

Op het pompstation St Jansteen van de N.V. Waterleidingmaatschappij „Zeeuwsch-Vlaanderen” zijn de laatste maanden een groot aantal proeven verricht met

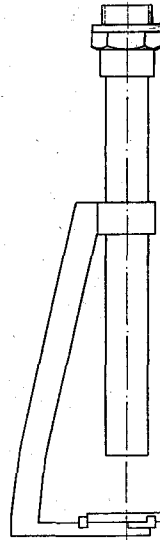
TABEL I.

Globale gegevens betreffende verschillende typen sproeiers. Temperatuur water 11°C. Zuurstofgehalte bij 100% verzadiging 11,08 mg/l.

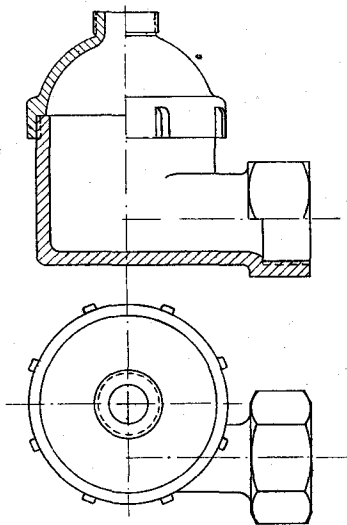
Type sproeier	Bij 1,00 m voordruk		Grenswaarden van de uitgevoerde proeven						Resultaat		Opmerkingen
	Capaciteit in m <sup>3</sup> /h	O <sub>2</sub> -gehalte in mg/l	Capaciteit in m <sup>3</sup> /h		Voordruk hart aanvoer in m W.K.		O <sub>2</sub> -gehalte in mg/l		beluchting	ontzuring	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.			
Amsterdam	2,6	9,1	2	5	0,70	3,0	8,6	10,3	goed	goed	Grote sproeiradius en -hoogte; verstopt.
Marley omlaag	1,9	8,5	1,5	5,0	0,50	8,0	8,2	9,3	matig	matig	
omhoog	1,5	9,5	1,3	4,4	0,90	6,4	9,3	10,6	zeer goed	goed	Zeer kleine sproeiradius; verstopt niet. Matige sproeiradius en -hoogte; verstopt niet.
Dresdener $\frac{3}{4}$ " oude constructie	—	—	2,7	3,8	0	0,70	8,1	9,1	matig	matig	
verbeterde constructie	4,3	9,5	2,2	8,5	0	5,0	9,1	10,1	goed	goed	Zeer grote variatie in druk en capaciteit mogelijk terwijl beluchting goed blijft. Eenvoudige constructie; verstopt niet.
P.W.N.	± 1,5	9,3	1	1,45	0,75	0,80	9,3	9,3	matig	matig	
Talford (diverse uitvoeringen)	0,85—1,9	9,1—9,3	0,5	4,2	0,25	6,0	8,3	10,7	zeer goed	goed	Verstopt. Met toenemende capaciteit nemen beluchting en ontzuring af.
Tilburg	2—11	7,8—9,2	2,4	11	0,25	0,25	7,8	9,25	goed	slecht	
Binks	2,5	9,1	1,3	6,2	0,30	5,0	7,9	10,5	zeer goed	goed	Verstopt niet. Geen gelijkmatige verdeling van het water.
Patterson	4,5	8,0	2,1	10,3	0,25	5,0	7,0	9,0	goed	slecht	



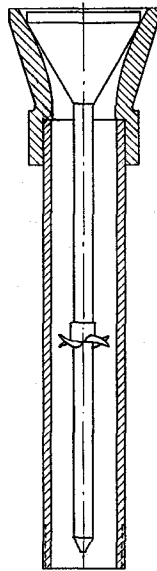
Afb. 1 Amsterdamse sproeier



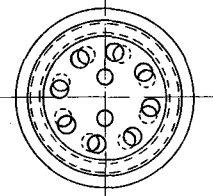
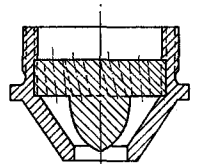
Afb. 3  
Dresdener  
sproeier



Afb. 2 Marley sproeier



Afb. 4 P.W.N.  
sproeier

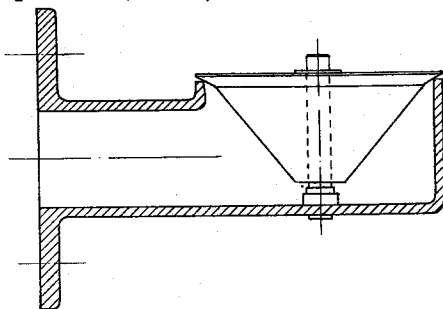


Afb. 5  
Talfordse sproeier

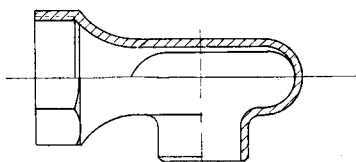
een aantal bij verschillende waterleidingbedrijven toegepaste sproeiers van uiteenlopende typen. Daarbij kon gebruik worden gemaakt van de nieuwe overdekte sproeiruimte, die tijdelijk beschikbaar was, zodat de proeven

onder praktijkomstandigheden konden worden verricht. Het gebezigde water, dat onttrokken werd aan tien ca 7 m diepe putten, was zuurstofvrij, terwijl het koolzuurgehalte 11 tot 14 mg/l bedroeg. Bij een gedeelte der proeven is het koolzuurgehalte van het water kunstmatig verhoogd.

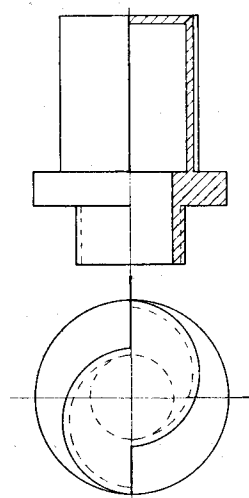
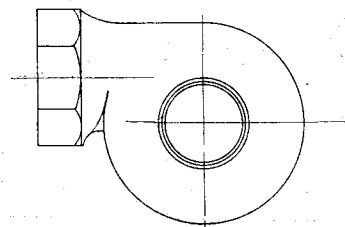
Bij het oriënterend onderzoek, dat ten doel had een inzicht te verkrijgen omtrent de merites van een aantal veel toegepaste sproeiers, zijn betrokken de Amsterdamse sproeier (afb. 1), de Marley sproeier (afb. 2), de Dresdener sproeier (afb. 3), de door het P.W.N. toegepaste sproeier van Amerikaanse oorsprong (afb. 4), de Talfordse sproeier (afb. 5), die in verschillende variaties wordt toegepast, o.a. door de I.W.G.L. op het pompstation Oldeholtpa en door de waterleiding van Gouda, benevens de Tilburgse sproeier (afb. 6). Later zijn bij de proeven nog betrokken de door de Surinaamse Waterleiding toegepaste Binks sproeier (afb. 7) en de Patterson sproeier (afb. 8).



Afb. 6 Tilburgse sproeier



Afb. 7 Binks sproeier



Afb. 8  
Patterson sproeier



Opgemerkt wordt dat deze proeven verricht zijn met sproeiers, zoals deze door een bepaald waterleidingbedrijf zijn toegepast. Het staat dus geenszins vast dat een dergelijke sproeier zodanig is geconstrueerd dat een optimaal resultaat wordt bereikt. Immers, onderlinge variatie van de voordruk en de valhoogte, benevens kleine veranderingen van de constructie van de sproeier kunnen het eindresultaat sterk beïnvloeden.

Enkele belangrijke gegevens betreffende deze sproeiers en de ermede bereikte resultaten bij enkelvoudige opstelling zijn in tabel I samengevat. Gebleken is, dat door de onderlinge beïnvloeding bij groepen van sproeiers de resultaten over het algemeen met 5 à 10 % verminderen.

Gewaarschuwd wordt, tegen foutieve interpretatie van de in deze tabel vervatte gegevens. Voor goed gefundeerde conclusies betreffende de verschillende typen sproeiers moet beschikt worden over tal van aanvullende gegevens, die t.z.t. zullen worden gepubliceerd.

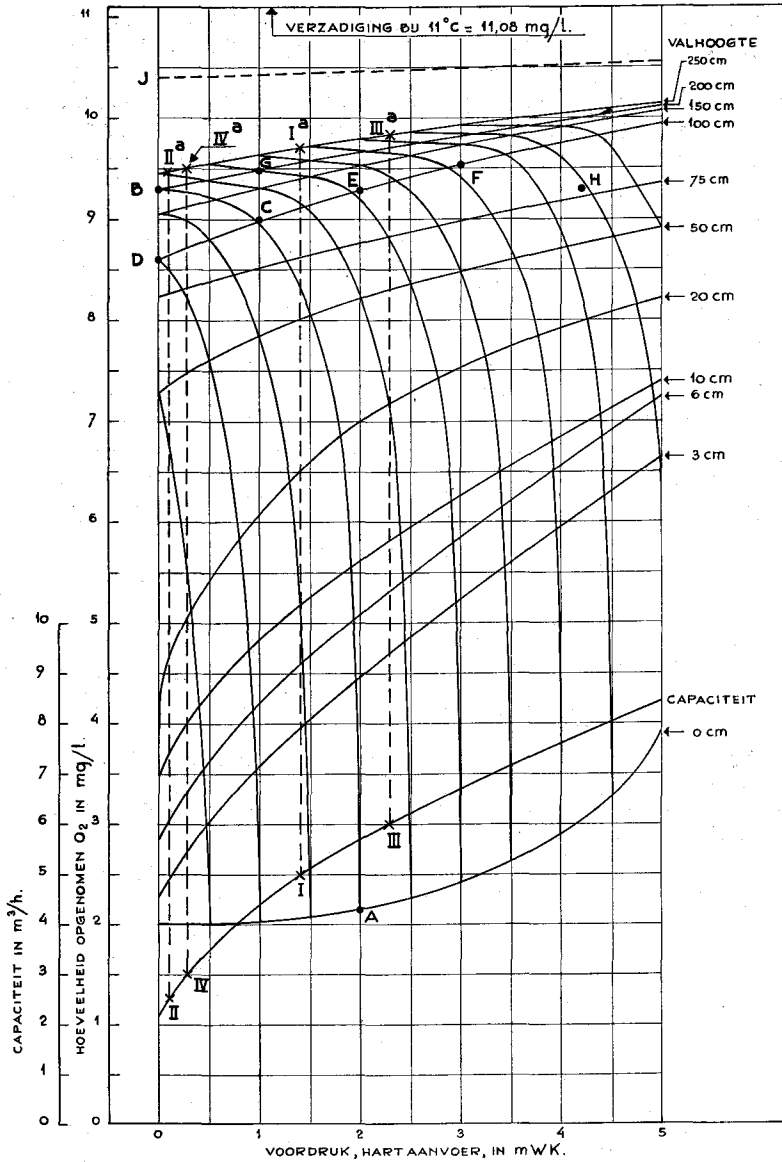
Wel blijkt, dat de Amsterdamse, Binks, Dresdener en Marley sproeiers de beste resultaten geven. Bij 1 m voordruk — de valhoogte is echter niet vermeld — blijkt de capaciteit van de verschillende sproeiers te variëren van 0,85 tot 11 m<sup>3</sup>, het O<sub>2</sub>-gehalte van 8,0 tot 9,5 mg/l. Bij hoge voordrukken tot 8,0 m toe, wordt het O<sub>2</sub>-gehalte bij de meeste sproeiers vrij belangrijk hoger en wel maximaal 10,7 mg/l.

Wanneer bij alle sproeiers een gelijke totale opvoerhoogte van 3,00 m wordt toegepast, blijkt een grotere capaciteit samen te gaan met een minder goede beluchting en omgekeerd. Een uitzondering hierop vormt de Amsterdamse sproeier. Deze gaf in een groep van 5 echter belangrijk minder goede zuurstofcijfers.

Het voordeel van de Dresdener sproeier ligt vooral in de ongevoeligheid voor druk — en dus capaciteits — wijziging. Ook bij een zeer lage voordruk en zelfs zonder voordruk blijft de beluchting goed, hetgeen bij de andere sproeiers niet het geval is. Op grond hiervan is het onderzoek met de Dresdener sproeier voortgezet.

Bij beschouwing van deze sproeier blijkt, dat deze 6 variabele factoren heeft, nl. de lengte en de middellijn van het aanvoerpipje, de middellijn van het glazen plaatje, de afstand van de uitmonding van het aanvoerpipje tot het glazen plaatje, de voordruk en de valhoogte.

Aan de hand van een aantal proeven kon al spoedig voor een bepaalde middellijn van het aanvoerpipje bepaald worden de lengte van dit pipje, de middellijn van het glazen plaatje en de afstand van dit plaatje tot de



*Afb. 9*  
 Grafiek I. Gegevens betreffende een 3/4" Dresdener sproeier

uitmondung van het aanvoerpijpje, waarbij ten naaste bij optimale resultaten worden verkregen. Bij de aanvankelijk onderzochte 3/4" Dresdener sproeier, die bij een waterleidingbedrijf werd toegepast, had het glazen

plaatje een middellijn van 9 cm bij een afstand tot de uitmonding van het aanvoerpijpje van 15 cm. Bij deze sproeier spatte het water op het plaatje uiteen, waarbij een matig effect werd verkregen. Verkleining van deze afstand en van de middellijn van het plaatje heeft tot gevolg, dat het water horizontaal snel over het plaatje stroomt, waarna een dunne, parabolische waterfilm wordt gevormd, die in een regen van fijne druppels overgaat. Bij een juiste middellijn van het plaatje wordt een minimale snelheidsvermindering en een maximale spreiding, gevolg van maximale turbulentie, bereikt. Wordt de middellijn van het plaatje te klein, dan stroomt het water niet meer horizontaal weg, maar vloeit schuin naar beneden, waarbij het effect van de sproeiing snel terugloopt. Gevonden is dat bij een  $\frac{3}{4}$ " sproeier voor een zo goed mogelijk resultaat de lengte van het aanvoerpijpje ca 20 cm, de middellijn van het plaatje ca 40 mm en de afstand van het plaatje tot de uitmonding van het buisje ca 30 mm moet bedragen.

Met aldus geconstrueerde sproeiers zijn vervolgens zeer uitvoerige proeven verricht, teneinde het beluchtings- en ontzuringseffect bij wisselende voordrukken en valhoogten te bepalen. Bij deze proeven is gewerkt met voordrukken van 0, 25, 50, 100, 150, 200, 300 en 500 cm W.K.; de valhoogten bedroegen 0, 3, 6, 10, 20, 50, 75, 100, 150, 200 en 250 cm. Grafiek I geeft de resultaten van dit onderzoek voor wat betreft de  $\frac{3}{4}$ " Dresdener sproeier weer. Daar het ruwe, zuurstofvrije water 2,1 mg/l  $Fe^{++}$  bevatte, is de hiermee overeenkomende correctie op alle zuurstofcijfers van het beluchte water aangebracht.

Op de abscis van de grafiek is de voordruk in meters t.o.v. het hart van de aanvoerleiding naar de sproeiers aangegeven en op de ordinaat het zuurstofgehalte in mg/l. Aan de hand van deze grafiek valt het volgende op te merken.

1. De naar rechts omhoog lopende lijnen geven aan het zuurstofgehalte van het gesproeide water bij toenemende voordruk voor verschillende valhoogten. De onderste lijn heeft betrekking op een valhoogte van 0 cm, de volgende op een valhoogte van 3 cm en zo achtereenvolgens voor valhoogten van 6, 10, 20, 50, 75, 100, 150, 200 en 250 cm. Bij een valhoogte van 0 cm bedraagt het zuurstofgehalte bij een voordruk van 0 m 2,0 mg/l en bij een voordruk van 5 m 3,9 mg/l. Bij een valhoogte van 250 cm bedragen deze waarden resp. 9,45 en 10,15 mg/l. Opvallend is, dat bij een valhoogte van 20 cm de zuurstofgehalten aanmerkelijk stijgen, hetgeen moet worden toegeschreven

aan het feit, dat het vlies van het sproeilichaam gaat breken, waardoor de beluchting veel effectiever wordt.

Bij grotere valhoogten wordt de vermeerdering van het zuurstofgehalte verhoudingsgewijs minder; de toename van dit gehalte bij verhoging van de valhoogte van 150 tot 200 of van 200 tot 250 cm bedraagt bij hogere voordrukken slechts enkele tiende milligrammen, terwijl toename van de valhoogte van 20 op 50 cm een vermeerdering van het zuurstofgehalte van ca 1 mg/l tengevolge heeft.

2. In de grafiek zijn ingetekend lijnen voor gelijke energie voor voordruk + valhoogte. Zo heeft punt A betrekking op de toestand bij 2 m voordruk en geen valhoogte, waarbij een zuurstofgehalte van 2,1 mg/l wordt bereikt en punt B op de toestand zonder voordruk en een valhoogte van 2 m, waarbij het zuurstofgehalte 9,3 mg/l bedraagt. De lijn AB heeft op alle tussengelegen toestanden betrekking; punt C geeft een zuurstofgehalte van 9,0 mg/l bij een voordruk van 1 m en een valhoogte van eveneens 1 m. Uit het verloop van deze lijnen volgt dat de beschikbare energie moet worden aangewend om valhoogte te verkrijgen; de punten op de Y-as hebben op deze toestand betrekking. Daartegenover staat, dat het toepassen van een kleine voordruk bij een bepaalde toestand terstond betere resultaten geeft, zoals blijkt uit tabel II, die met behulp van de grafiek is samengesteld.

**TABEL II.**  
**Verband tussen het zuurstofgehalte en de voordruk bij een valhoogte van 1 m.**

Valhoogte in m	Voordruk in m	Zuurstofgehalte in mg/l	Punt
1	0	8,60	D
1	1	9,00	C
1	2	9,30	E
1	4	9,50	F

Bij de derde situatie uit deze tabel wordt een zuurstofgehalte van 9,3 mg/l bereikt met een totale opvoerhoogte van 3 m (punt E). Maar eenzelfde resultaat wordt bereikt bij 2 m valhoogte en 0 m voordruk (punt B) dus met totaal 2 m sproeihoogte. En indien 3 m opvoerhoogte wordt verdeeld in 2 m valhoogte en 1 m voordruk wordt een zuurstofgehalte bereikt van 9,5 mg/l (punt G), dus meer dan bij 1 m valhoogte en 2 m voordruk (punt E).

Bij 2 m valhoogte zonder voordruk wordt een zuur-

stofgehalte bereikt van 9,3 mg/l (punt B). Eenzelfde resultaat wordt bereikt bij 0,8 m valhoogte en 4,20 m voordruk (punt H), waarbij de totale opvoerhoogte en dus ook de gevorderde energie echter 2,5 maal zo groot is.

Uit de grafiek blijkt duidelijk, dat vooral bij valhoogten boven 1 meter het opvoeren van de voordruk boven 1 à 2 m voor wat betreft de verhoging van het zuurstofgehalte weinig resultaat oplevert.

3. Met behulp van de grafiek, waarin ook een capaciteitskromme is aangegeven, kunnen terstond alle gewenste gegevens betreffende een sproeier van een bepaalde capaciteit worden afgelezen. Met een sproeier van 5 m<sup>3</sup>/h capaciteit (punt I) kan bij een maximale valhoogte van 2,50 m ten hoogste een zuurstofgehalte van 9,7 mg/l worden bereikt (punt Ia). De voordruk is dan 1,40 m, zodat de totale opvoerhoogte 3,90 m bedraagt.

4. Indien een hoeveelheid water van b.v. 60 m<sup>3</sup>/h versproeid moet worden, kunnen met behulp van de grafiek alle gewenste gegevens omtrent de toepassing van uiteenlopende aantallen sproeiers worden verkregen. Bij 12 sproeiers, elk met een capaciteit van 5 m<sup>3</sup>/h, bedraagt de totale opvoerhoogte 3,90 m en het zuurstofgehalte 9,7 mg/l bij een valhoogte van 2,50 m. Wordt het aantal sproeiers opgevoerd tot 24, zodat elke sproeier een capaciteit van 2,5 m<sup>3</sup>/h bezit (punt II), dan bedraagt het zuurstofgehalte bij dezelfde valhoogte 9,5 mg/l (punt IIa) en de voordruk 0,10 m, zodat de totale opvoerhoogte 2,60 m bedraagt d.i. ongeveer 2/3 gedeelte van de opvoerhoogte bij toepassing van 12 sproeiers. Daartegenover staat echter, dat de aanlegkosten van de sproei-installatie bij 24 sproeiers hoger zijn. Bij sproeien met een lage voordruk is de sproeiradius echter kleiner, hetgeen een voordeel kan zijn. Welke oplossing de voorkeur verdient kan aan de hand van een kostenberekening worden nagegaan, waarbij ervan kan worden uitgegaan, dat het oppompen van 1.000.000 m<sup>3</sup> water per jaar ca f 300,- per m opvoerhoogte kost.

5. Uit een serie proeven, waarbij het gehalte aan vrij koolzuur door dosering werd opgevoerd tot 50 à 55 mg/l bleek, dat het ontzuringseffect bij valhoogten van 1 tot 2,5 m toenam van ongeveer 70 tot ruim 80 %. Bij hogere koolzuurgehalten neemt het ontzuringseffect toe, terwijl het bij lagere gehalten afneemt. Deze kwestie zal nog nader worden bestudeerd op een pompstation, waarin het water een gehalte aan vrij koolzuur van ongeveer 150 mg/l bezit.

6. Uit een groot aantal proeven is empirisch gevonden dat bij een tweede sproeiing onder dezelfde omstandigheden als bij de eerste (valhoogte en voordruk), praktisch hetzelfde percentage als bij de eerste sproeiing wordt bereikt, doch ditmaal van de nog ontbrekende hoeveelheid zuurstof. Indien de verzadigingsgrens van het zuurstofgehalte bij een bepaalde temperatuur b.v. 10 mg/l bedraagt en het zuurstofgehalte na een eerste sproeiing 7,0 mg/l is, d.w.z. 70 % van de totale hoeveelheid, dan wordt het zuurstofgehalte bij een tweede sproeiing onder dezelfde omstandigheden verhoogd met 70 % van 3 mg/l of 2,1 mg/l, zodat het totale zuurstofgehalte dan  $7 + 2,1 = 9,1$  mg/l is geworden.

7. De uitkomsten van een serie sproeioproeven met water, dat over een cascade was belucht, waardoor het zuurstofgehalte ca 6 mg/l bedroeg, zijn met een gestreepte lijn aangegeven. Het maximale zuurstofgehalte zonder voordruk bedroeg 10,4 mg/l (punt J). Indien het zuurstofgehalte van het gesproeide water wat hoger dan 6 mg/l was geweest, zou de einduitkomst nog wat beter zijn geweest.

8. Uit de grafiek volgt, dat een beter zuurstofgehalte wordt bereikt indien water zonder voordruk tweemaal achter elkaar wordt gesproeid over een bepaalde hoogte dan dat het éénmaal wordt gesproeid met een dubbele valhoogte. Bij sproeien met een voordruk van 0 m en een valhoogte van 2 m bedraagt het zuurstofgehalte 9,3 mg/l (punt B). Tweemaal sproeien met eenzelfde voordruk en 1 m valhoogte geeft een zuurstofgehalte van  $8,6 + 0,77 \times 2,5 = 10,5$  mg/l, dus vrij aanzienlijk meer. Bovendien is onder deze omstandigheden het ontzurings-effect beter, hetgeen van belang kan zijn met het oog op de agressiviteit. Daartegenover staat dat de bouwkosten hoger zijn.

9. Bij Dresdener sproeiers van grotere diameter stijgt de capaciteit, doch het beluchtingseffect neemt af. In tabel III zijn enkele gegevens betreffende de capaciteit voor  $\frac{3}{4}$ ", 1" en  $1\frac{1}{2}$ " sproeiers bij verschillende voordrukken bijeengebracht.

**TABEL III.**  
**Capaciteit van  $\frac{3}{4}$ " , 1" en  $1\frac{1}{2}$ " sproeiers bij  
verschillende voordrukken.**

Voordruk in m	Capaciteit van de Dresdener sproeier in m <sup>3</sup> /h		
	$\frac{3}{4}$ "	1"	$1\frac{1}{2}$ "
0	2,2	2,85	11,9
2	5,8	10,0	26,4
5	8,4	15,5	—

Tabel IV geeft de maximale zuurstofgehalten bij een valhoogte van 2,50 m en 2,5 m voordruk voor sproeiers met dezelfde diameter.

**TABEL IV.**  
**Zuurstofgehalten voor  $\frac{3}{4}$ " , 1" en  $1\frac{1}{2}$ " sproeiers  
bij een valhoogte van 2,50 m**

Diameter van de Dresdener sproeier	Maximaal zuurstofgehalte in mg/l bij 2,50 m valhoogte en 2,5 m voordruk
$\frac{3}{4}$ "	9,85
1"	9,45
$1\frac{1}{2}$ "	8,50

10. De opbrengst van een voor een bepaalde capaciteit berekende installatie kan binnen zeer ruime grenzen worden gevarieerd zonder dat het beluchtingseffect noemenswaard verandert. Met een installatie met sproeiers met een capaciteit van 6 m<sup>3</sup>/h (punt III) bedraagt het zuurstofgehalte bij een valhoogte van 2,50 m 9,8 mg/l (punt IIIa), waarbij de totale opvoerhoogte 2,50 + 2,20 = 4,70 m bedraagt. Indien de opbrengst van de installatie wordt gehalveerd, dus de capaciteit per sproeier tot 3 m<sup>3</sup>/h (punt IV) wordt teruggebracht, bedraagt het zuurstofgehalte 9,5 mg/l (punt IVa), bij een totale opvoerhoogte van 2,50 + 0,30 = 2,80 m.

Het onderzoek is nog niet voltooid. Het ligt in de bedoeling binnenkort een aanvullend onderzoek te verrichten op een pompstation, alwaar het grondwater een gehalte aan vrij koolzuur van ongeveer 150 mg/l bezit, zodat tevens nadere gegevens omtrent de ontgassing kunnen worden verzameld. Bovendien zullen nog proeven worden gedaan ter verkrijging van verschillende nog ontbrekende gegevens.

Bij de onderzoekingen zullen tevens worden betrokken

cascades, o.a. een nieuw geconstrueerd type, dat gebaseerd is op het principe van de Dresdener-sproeier.

Bij de tot heden verrichte onderzoeken, die zijn uitgevoerd door de heer J. de Hek, is gewerkt met 119 verschillende opstellingen, waarbij 1007 zuurstof- en 516 vrij-koolzuurbepalingen zijn verricht.

Zodra de onderzoeken geheel zullen zijn voltooid zal een volledige publicatie van de Raad van Bijstand van de Samenwerkende Waterleidinglaboratoria het licht zien.

Tenslotte nog een woord van dank aan allen, die tot het welslagen van de proeven hebben bijgedragen, in het bijzonder aan de directeur van de N.V. Waterleiding Maatschappij voor Zeeuwsch-Vlaanderen en het personeel van het pompstation St. Jansteen.

November 1951.