

Ontijzering van grondwater ten behoeve van kunstmatige beregening

B. van der Weerd

Op die gronden, waar in perioden met een groot verdampingsoverschot de vochtvoorraad in het bewortelde profiel ontoereikend is om aan de waterbehoefte van de gewassen te voldoen, kan, indien er voldoende zoet water in de ondergrond aanwezig is, kunstmatige beregening worden toegepast. Vaak is deze beregening zonder meer niet mogelijk ten gevolge van het hoge ijzergehalte van het grondwater. In het aan de bodem onttrokken zuurstofarme, ijzerrijke water bevindt zich het ijzer in opgeloste toestand. Bij rechtstreekse beregening krijgt dit water, zodra het via de sproeier fijn in de lucht wordt verdeeld, ruimschoots gelegenheid zuurstof op te nemen. Het opgeloste ijzer gaat dan over in een onoplosbare ijzerverbinding, die als een bruin neerslag op de gewassen achterblijft. Vooral bij tuinbouwgewassen, waaronder fruit en klein fruit, heeft dit een nadelige invloed op de kwaliteit. De vraag was nu of dit grondwater op eenvoudige wijze kan worden ontijzerd.

De ontijzering wordt in de praktijk reeds lang toegepast, onder andere voor drinkwater, dikwijls ook industriewater en water voor zwembaden. De hiervoor benodigde installaties vereisen in het algemeen hoge investeringen, die de prijs per m³ ongunstig beïnvloeden. Bovendien vergt het ontijzeringsprocedé vaak veel tijd, waardoor de aanleg van reservoirs noodzakelijk wordt. Een en ander heeft tot gevolg, dat deze methoden minder geschikt zijn voor toepassing in de land- en tuinbouw, waarvoor de installatie zo eenvoudig dient te zijn, dat hij eventueel door de gebruiker zelf kan worden gemaakt en zonder hoge kosten in bedrijf kan worden gehouden.

Op het fruitbedrijf "Oost Ketelaar" te Lewedorp is volgens bestaande beluchtingsprincipes een proef opgezet om ijzerrijk water op goedkope wijze zover te ontijzeren, dat gebruik mogelijk wordt. Het bodemwater op genoemd bedrijf heeft een ijzergehalte variërend van 6 tot 12 mg per liter en is derhalve ongeschikt voor directe toepassing bij beregening.

*) Nota 98, oktober 1961. Door verder onderzoek uitgebreide en gewijzigde Nota 98 (1961).

Uit beregenings- en praktijkproeven elders is namelijk gebleken, dat beregeningswater met een ijzergehalte van meer dan 2 mg per liter een nadelige invloed heeft op de kwaliteit van het fruit.

Ontijzeringsmethoden

Ontijzering door bezinking in reservoirs

Bij de in 1955 op het fruitbedrijf "Oost Ketelaar" uitgevoerde beregeningsproeven (BUTIJN en VAN 't LEVEN, 1956) was tengevolge van de geringe dikte van het zoetwaterpakket, de hoeveelheid water, die per tijdseenheid aan de bodem kon worden onttrokken veel geringer dan de hoeveelheid, die nodig was voor beregening. Hierdoor was directe aansluiting van de pomp op de beregeningsinstallatie niet mogelijk. Als gevolg hiervan werd een gedeelte van een polderwatergang tijdelijk afgesloten en als reservoir gebruikt. Het water verbleef hier gemiddeld een etmaal alvorens het voor beregening werd gebruikt. Deze rusttijd in het open reservoir is klaarblijkelijk voldoende geweest om het grootste gedeelte van het ijzer in ferri-vorm op de bodem te doen bezinken, zodat geen ijzerschade op de vruchten is geconstateerd.

In die gevallen waar de omstandigheden gunstig zijn voor het vormen van een dergelijk reservoir (sloten, drinkputten voor vee e.a.) biedt dit principe dan ook zeker mogelijkheden voor toepassing in de beregeningspraktijk. De aanleg van een apart reservoir op het bedrijf lijkt niet aantrekkelijk in verband met het grondverlies en de hoge investeringen benodigd voor oevervoorzieningen.

Ontijzering door filtratie

1. De langzame filtratie. Bij deze methode fungeert het filtermateriaal (zand) als zeef, waarop het uitgevlokte ijzer wordt achtergehouden. De filtratie verloopt langzaam en is daarom voor onze doelstelling niet geschikt.
2. De snelle filtratie. Deze methode berust op de elektrostatisch-katalytische werking van het filtermateriaal (zand of cokes).
- 2a. Het natte snelfilter. Dit filter (zie figuur 1A) is in wezen hetzelfde als het langzame filter, met dien verstande dat bij het snelle filter onder andere door de keuze van iets grover filtermateriaal het debiet zodanig is opgevoerd, dat in de poriën een turbulente stroming ontstaat. Hierdoor is er een intensiever contact tussen het ijzer in de vloeistof en het filtermateriaal. Tengevolge van elektrostatische krachten wordt nu meer ijzer op de grenslaag van het filtermateriaal neergeslagen. Een van de nadelen van deze filters is

nog, dat in de waterkolom boven het filterbed uitvlokking van ijzer plaatsvindt. Aan de oppervlakte van het filterbed vormt zich een laag ijzeroxyde, waardoor verstopping optreedt.

2b. Het droge snelfilter. Bij het droge filter bevindt zich tijdens de filtratie geen waterlaag boven het filterbed (figuur 1B). Het toegediende water verdwijnt door gebruik te maken van grof filtermateriaal direct door de poriën (LINN en BOORSMA, 1952).

Uit de proeven van LINN en BOORSMA blijkt de droge snelfiltratie een betere ontijzering van het water tot gevolg te hebben dan natte snelfiltratie, omdat:

- door de nagenoeg vrije val in de poriën van het filterbed, hierin een grotere stroomsnelheid ontstaat, die resulteert in een grotere turbulentie van de stroming
 - tengevolge van deze turbulentie een zeer intensief contact met het filtermateriaal plaatsvindt
 - de beluchting aanzienlijk beter is
 - er geen uitvlokking van ferri-oxyde boven op het filterbed plaatsvindt.
- Hierdoor wordt dichtslempen voorkomen.

Op grond van deze ervaringen werd besloten de proeven te baseren op het principe van de droge snelfiltratie.

Type van ontijzeringsinstallatie

Bij de constructie van de ontijzeringsinstallatie is gestreefd naar eenvoud en doelmatigheid, om op deze wijze de investeringskosten zo laag mogelijk te houden.

Dit heeft geleid tot de bouw van twee verschillende installaties, namelijk de gootconstructie en de torenconstructie.

Gezien de gunstige ervaringen, die door het Waterleidingbedrijf "Zuid-Beveland" met het gebruik van cokes als filtermateriaal zijn opgedaan, is voor de hier vermelde proefinstallatie eveneens cokes als filtermateriaal gebruikt. Het heeft het voordeel boven filtergrind of rivierzand, dat het minder snel verstopt raakt en daardoor ook minder vaak hoeft te worden doorgespoeld. Met beide ontijzeringsinstallaties zijn een aantal proeven genomen, die hier achtereenvolgens zullen worden behandeld.

A. De gootconstructie

Dit type ontijzeringsinstallatie bestaat uit een, onder geringe helling staande goot (zie figuur 2), over de gehele lengte gevuld met cokes. De lengte van de goot bedraagt 10 m en de dwarsdoorsnede 30 x 40 cm. Om een goede afdichting te verzekeren is de binnenzijde met mastiek besmeerd. De goot is in de onmiddellijke nabijheid van de bron geplaatst onder een helling van circa 1 : 10. Het uiteinde aan de lage zijde is afgesloten met gaas. Aan de hoge zijde is op de goot een op doorsnede vierkante trechter geplaatst van 1,5 m hoogte. De afmetingen van de boven- en onderopening zijn respectievelijk 1,2 m en 0,4 m.

Op enige hoogte boven de trechter is de sproeier aangebracht, die met een slang op de pomp van de bron is aangesloten. Het opgepompte ijzerhoudende water wordt via de sproeier in de trechter verstoven. Hierdoor krijgt het water op zijn route volop gelegenheid zuurstof op te nemen. Bovendien wordt nog door het water een extra hoeveelheid zuurstof met het water mee het cokesbed ingenomen. In de poriën van het cokesbed heeft dan de eigenlijke ontijzering plaats, doordat het neergeslagen ijzer wordt gebonden aan het cokesoppervlak. Het zo gefiltreerde water wordt aan het einde van de goot opgevangen in een reservoir van ongeveer $\frac{1}{2}$ m³ van waaruit het, door middel van een aan een elektromotor gekoppelde centrifugaalpomp, naar de beregeningsinstallatie wordt gevoerd.

Resultaten van de proeven met gootconstructie

Proef 1

Bij de eerste proefneming was de goot tot ongeveer halve hoogte met parelcokes gevuld. Het debiet bedroeg 2 m³/h. Aan het begin en aan het einde van de goot is op verschillende tijdstippen een watermonster genomen. De resultaten worden weergegeven in tabel 1.

Tabel 1

Proef	Tijdstip	Fe-gehalte in mg per liter	
		aan begin goot	aan einde goot
1	na 10 min.	7,7	3,3
	na 30 min.	7,7	3,1
	na 90 min.	7,2	2,7

De uitkomsten zijn niet geheel onbevredigend, maar het ijzergehalte is voor beregening nog te hoog.

Proef 2

Herhaling van de proef maar met een minder grove sproeier, met een perforatie van 1 mm in plaats van 2 mm, leidde tot aanmerkelijk betere resultaten. Bij deze tweede proef (tabel 2) is tevens op enkele plaatsen tussen begin- en eindpunt van de goot nog een watermonster genomen, om aldus enig inzicht te krijgen over de mate van ontijzering op verschillende afstanden in het cokesbed.

Tabel 2

Proef	Fe-gehalte in mg per liter				
	begin goot	op 2 m	op 4 m	op 6 m	einde goot
2a	6	-	2,0	-	1,3
	7	-	1,5	-	1,5
2b	7	4	-	3	2,0

Het ijzergehalte van het filtraat is hier al zodanig gereduceerd, dat het water bruikbaar voor beregening zou zijn. Er dient hierbij echter niet uit het oog te worden verloren, dat het ijzergehalte van het grondwater eveneens relatief laag is.

Proef 3

Bij deze proef zijn op 2,5 m van elkaar drie tussenschotjes in de goot geplaatst waarover het water een vrije overloop verkrijgt (figuur 3). Na 2,5 m doorstroming door het cokesbed krijgt het water hierdoor nog eens een extra aëratie. De ontijzering verliep echter onvollediger dan bij de vorige proef, zoals uit tabel 3 blijkt.

Tabel 3

Proef	Fe-gehalte in mg per liter				
	begin goot	1e overlaat	2e overlaat	3e overlaat	einde goot
3a	7,7	6,5	6,5	5,2	3,8
	9,1	-	5,2	4,4	4,4
3b	7,6	6,1	4,6	4,2	4,0
	8,4	5,8	4,4	4,2	3,8

Proef 3b onderscheidt zich van de vorige, doordat hier de sproeier onder in plaats van boven de trechter is aangebracht met de sproeizijde omhoog gericht

(figuur 4). Het versproeide water moet nu ongeveer een tweemaal langere weg afleggen alvorens het cokesbed te bereiken. Dit bleek echter geen merkbare verbetering in de ontijzering tot gevolg te hebben.

Zoals eveneens in figuur 4 is te zien, zijn boven op de trechter nog drie verticale schotten van horregaas aangebracht, die dienen om verlies van water zoveel mogelijk tegen te gaan en toch de toevoer van lucht niet belemmeren.

Hoewel dus bij deze laatstgenoemde proef de beluchtingsmogelijkheden zijn toegenomen, is zoals reeds is vermeld, de ontijzering in vergelijking met proef 2 minder goed. Een aannemelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn, dat tengevolge van de overlaatschotjes de beluchting weliswaar is toegenomen, maar dat door deze schotjes de stroomsnelheid in het cokesbed aanzienlijk is gedaald, waardoor de aanvankelijk turbulente stroming is teruggebracht tot een laminaire stroming, met als gevolg dat een geringer contact tussen ijzer en cokesoppervlak optreedt.

Proef 4

De overlaatschotjes zijn bij deze proef verwijderd en de poriën in het filter zijn verkleind door vermenging van de parelcokes met cokesgruis (0 tot 10 mm) en fijne cokes (10 tot 20 mm). Ook hier is op verschillende plaatsen in de goot een watermonster genomen.

Tabel 4

Proef	Fe-gehalte in mg per liter				
	begin goot	op 2 m	op 4 m	op 9 m	einde goot
4a	11,7	8,7	4,4	2,6	1,1
	12,0	7,6	5,3	1,7	1,7
	11,5	8,6	5,9	-	1,1
4b	11,0	8,8	5,1	-	1,5
	10,6	8,5	5,5	-	2,0
	11,0	8,9	5,0	-	1,4
4c	6,3	-	-	-	1,4
4d	5,0	-	-	-	1,5

Zoals uit de gegevens van tabel 4 blijkt, is bij deze proef de ontijzering zeer effectief. Het ijzergehalte van het gefiltreerde water is zodanig gereduceerd, dat het thans voor berekening goed bruikbaar is, zonder risico op ijzerschade.

Opvoering van het debiet van $2 \text{ m}^3/\text{h}$ tot $3 \text{ m}^3/\text{h}$, had geen merkbare nadelige invloed op de mate van ontijzering zoals uit tabel 5 blijkt.

Tabel 5

Proef	Fe-gehalte in mg per liter	
	begin goot	eind goot
4e	7,5	1,3
4f	6,3	1,4
4g	5,0	1,4

Het schoonspoelen van de cokes

Het neergeslagen ijzeroxyde, dat zich op de cokeswanden vastzet, dient van tijd tot tijd te worden verwijderd om te voorkomen, dat het ontijzeringsprocedé hiervan hinder ondervindt. Hiertoe moet de cokes ongeveer eenmaal in de veertien dagen worden schoongespoeld. Het schoonspoelen van de cokes is bij de gootconstructie een eenvoudig en gemakkelijk karwei, dat door 1 mankracht kan worden uitgevoerd. Hiervoor wordt de slang van de sproeier losgekoppeld en in de goot gehangen. Na het opendraaien van de afsluiter, wordt de cokes met een spade goed omgewoeld. Het overgrote deel van het ijzer laat nu van de cokeswand los en komt met het water in het opvangreservoir terecht, vanwaar het bijvoorbeeld naar de dichtstbijzijnde sloot kan worden afgevoerd.

B. De torenconstructie

Deze proefinstallatie is gebouwd volgens het principe van de ontijzeringsinstallatie te Woensdrecht van de Waterleiding Maatschappij "Zuid-Beveland". Zij bestaat uit een aantal open houten stapelbakken van $50 \times 50 \times 30 \text{ cm}$, waarvan de bodem uit gegalvaniseerd ijzergaas is gemaakt. De bakken zijn gevuld met cokes en met een open tussenruimte van 5 à 20 cm op elkaar geplaatst (zie figuur 5). Bij de proeven is gebruikgemaakt van 5 en 7 stapelbakken.

Op de bovenste bak is om vermorsing van water tegen te gaan een soort trechter van nylon horregas aangebracht, waarboven zich de sproeier bevindt, die op de bron is aangesloten. Het door de sproeier fijn verdeelde water krijgt op zijn weg naar het cokesbed volop gelegenheid zuurstof op te nemen, alvorens het cokesbed in te dringen. Bovendien heeft, als gevolg van de tussen de bakjes opgehoude ruimte, na het passeren van ieder bakje, opnieuw beluchting van het water plaats.

Voor het ophangen van de sproeier is bij deze installatie gebruikgemaakt van een sproeibrug. Deze bestaat uit 2 verticale ijzeren pijpsteunen, welke door een horizontale buisleiding met elkaar zijn verbonden (zie figuur 5). Gelijkelijk over deze buis verdeeld bevinden zich drie aansluitmogelijkheden voor sproeiers voor het geval de installatie uit 3 kolommen van stapelbakken bestaat. Indien geen gebruik wordt gemaakt van de aansluitingen kunnen deze met een schroefdop worden afgesloten. Het begin van de horizontale buis is voorzien van een aansluiting voor de slang naar de bron, terwijl het einde van de buis waterdicht is afgesloten. De verticale steunen zijn telescopisch in- en uitschuifbaar gemaakt. Hierdoor is de sproeihoogte op eenvoudige wijze te regelen. Dit heeft het voordeel, dat de sproeihoogte kan worden aangepast aan de windkracht. Bij een sterke wind kan de sproeier nu lager worden gesteld om vermorsing van water te voorkomen.

Voor verbinding van de sproeibrug met de pomp is een aantal meters afgedankte brandslang gebruikt. Dit voldoet goed en de aanschaffingskosten zijn gering.

Resultaten van de proeven met de torenconstructie

Met deze installatie zijn in de zomer en het najaar van 1961 en 1962 verschillende proeven genomen, waarbij is geëxperimenteerd met diverse sproeiers, verschillende soorten cokes en de onderlinge afstand tussen de bakjes.

De volgende sproeiers zijn beproefd:

1. De Dresdener-sproeier. Deze verspreidt het water in de vorm van een paraplu-scherm. De sproeiwijdte bleek echter te groot te zijn in verhouding tot de breedte van de bakjes. Het gevolg hiervan was veel vermorsing en een weinig gelijkmatige verdeling van het water.
2. De broes van een tuingieter. Deze gaf een vrij goede verdeling van het water, maar de sproeiwijdte was ook te groot, waardoor veel water werd vermorst.
3. De meervoudige broes. Deze is in dit geval samengesteld uit 5 douchesproeiers (zie fig.5). Voor de vertakkingen is gebruikgemaakt van uitgegloeide roodkoperen pijpleidinkjes. Hierdoor kunnen de sproeiers gemakkelijk in iedere gewenste richting worden verbogen. De verdeling van het water is zeer gelijkmatig en de sproeiwijdte gering, waardoor vrijwel geen water meer wordt vermorst.

Cokessoorten

Bij de proeven is gebruikgemaakt van:

- a. grove cokes (60 - 70 mm)
- b. parelcokes (30 - 40 mm)
- c. fijne cokes (10 - 20 mm)

Ofschoon bij de proeven met de gootconstructie een goede ontijzering werd verkregen door samen met parelcokes en fijne cokes ook cokesgruis te gebruiken, is dit laatste bij de torenconstructie niet meer toegevoegd. Het cokesgruis veroorzaakte namelijk op den duur verstoppingen in het doorstromingsprofiel, terwijl bij het schoonspoelen van de cokes, met het ijzer ook een groot deel van het gruis werd weggespoeld. Bovendien bleken bij de gootconstructie even goede resultaten te worden verkregen zonder gebruikmaking van cokesgruis.

Uit de verschillende proefnemingen met de torenconstructie wordt de indruk gevestigd, dat door gebruik van fijne of parelcokes de ontijzering betere resultaten geeft dan met alleen grove cokes.

Afstand tussen de stapelbakken

De afstand tussen de bakken blijkt weinig invloed uit te oefenen op de mate van ontijzering. Wel bleek uit proeven, dat bij een tussenruimte van meer dan 10 cm, de wind de gelijkmatige verdeling van het doorstromende water zeer nadelig kan beïnvloeden en dat ook de vermorsing van water aanzienlijk toenam. In verband hiermede verdient een onderlinge afstand tussen de bakjes van 5 à 10 cm de voorkeur.

Tabel 6 geeft een overzicht van de proeven en de verkregen resultaten. De gegevens zijn niet in de eerste plaats in chronologische volgorde vermeld, maar ingedeeld naar de grootte van het bij de proef gebruikte debiet. Hierdoor komt in de tabel duidelijk naar voren, dat om te voorkomen dat het ijzergehalte de 2 mg/l overschrijdt, het debiet niet tot meer dan 2,5 m³/h mag worden opgevoerd. Dit debiet is alleen toelaatbaar bij het gebruik van minstens 7 stapelbakken. Een debiet van 3 m³/h veroorzaakt reeds een vrijwel constante overschrijding van het toelaatbare ijzergehalte.

Behalve ontijzering heeft tijdens de filtratie ook ontmanganing plaats. In welke mate dit optreedt is bij de proeven niet onderzocht. Wel bleek uit de paars-blaauwe verkleuring van de cokes, dat het mangaan voornamelijk in de bovenste twee stapelbakken wordt vastgehouden.

Schoonspoelen van de cokes

Evenals bij de gootconstructie dient ook bij deze installatie ongeveer eenmaal per veertien dagen de cokes van het hierop afgezette ijzeroxyde te worden

ontdaan. In tegenstelling tot bij de gootconstructie is dit bij de torenconstructie een vrij bewerkelijke manipulatie, die tenminste 2 mankrachten vereist.

De stapelbakjes moeten namelijk stuk voor stuk van de installatie worden afgenomen. Het eenvoudigst is het om vervolgens ieder bakje boven het opvangreservoir te plaatsen en met de slang met water door te spoelen, terwijl gelijktijdig de cokes met een spade wordt omgewoeld. Het vuile spoelwater kan daarna naar de dichtstbijzijnde sloot worden afgevoerd.

Begroting van de ontijzeringskosten

Naast de resultaten van de ontijzering is het belangrijk te weten, hoeveel de extra kosten bedragen bij een eventuele toepassing van de hier behandelde ontijzeringsmethoden.

Bij de gootconstructie moet de ontijzeringsgoot, qua doorsnede worden aangepast aan de vereiste capaciteit. Bij de torenconstructie is het aantal torens of kolommen afhankelijk van de vereiste capaciteit.

Voor beide constructies is een hoeveelheid cokes nodig waarmee de goot of de stapelbakken worden gevuld. Daarnaast is voor het opvangen van het ontijzerde water de aanschaf noodzakelijk van een reservoir van circa $0,5 \text{ m}^3$ inhoud. Bij de torenconstructie, dient het reservoir onder de kolommen te zijn geplaatst. De lengte van het reservoir moet daarom worden aangepast aan het aantal kolommen of er moeten extra voorzieningen worden getroffen, die zorgen, dat het uit de kolommen komende ontijzerde water, naar het reservoir wordt afgevoerd.

Voor het oppompen van het grondwater tot boven de goot of de kolommen kan worden volstaan met een zelfaandrijvende vuilwaterpomp met een druk van 1 atmosfeer.

Voor een te beregenen oppervlakte van 3 ha is een capaciteit van de pomp vereist van 10 m^3 per uur, waarbij een gootdoorsnede van $30 \times 100 \text{ cm}$ past. Bij de torenconstructie zijn voor deze capaciteit 4 kolommen van elk 7 stapelbakken nodig.

Uitgaande van een gemiddelde watergift van 150 mm per jaar (4500 m^3) en de capaciteit van de pomp, kunnen de energiekosten worden berekend. Bij de berekening zijn de tarieven voor Zuid-Beveland van de Provinciale Zeeuwse Elektriciteitsmaatschappij aangehouden. Er is een aanzienlijk verschil tussen dag- en nachttarief. Daarom is er een kostenberekening gemaakt voor overdag beregenen en een andere voor het beregenen tussen 22.00 en 6.00 uur. Voor het vullen van de goot met cokes tot 5 cm onder de bovenrand is $2,5 \text{ m}^3$ cokes nodig. Voor het tot

de rand vullen van de 28 stapelbakken is $2,1 \text{ m}^3$ cokes nodig. De cokes blijft steeds bruikbaar. Wel zal misschien ieder jaar een geringe aanvulling nodig zijn. In verband hiermede is ook voor de cokes een afschrijvingstijd gerekend.

Rente en afschrijving worden berekend over 10 jaar bij een rentevoet van 4%. Dit komt overeen met een annuïteit van 12,3%. Voor onderhoud en gebruik is geen arbeidsloon gerekend.

A. Kostenberekening van ontijzering bij beregning overdag op een bedrijf van 3 ha

Benodigde hoeveelheid water = 150 mm per jaar	= 4500 m^3 per jaar
Capaciteit van de pomp	= 10 m^3 per uur
Gemiddeld aantal sproei-uren per jaar	= $\frac{4500}{10} = 450$ uren
Aantal draai-uren ligt 5% hoger	= 475 uren
Capaciteit elektromotor	= 1,5 pk
Stroomverbruik	= 1,2 kWh
Stroomverbruik per jaar	= $475 \times 1,2 = 570$ kWh
Stroomkosten per jaar	= $570 \times f 0,15 = f 85,50$
Meterhuur	= " 24,00
Totale energiekosten per jaar	= <u><u>f 109,50</u></u>

	Investeringskosten in guldens		Annuïteit bij een afschr. v. 10 jr. en een rente van 4%	
	gootconstr.	torenconstr.	gootconstr.	torenconstr.
Filterinstallatie	210,00	280,00		
Opvangreservoir	50,00	100,00		
Vuilwaterp. incl. motor	435,00	435,00		
Slang en sproeiers	64,00	195,00		
Sproeibrug	36,00	130,00		
Cokes	144,00	121,00		
Totaal	939,00	1 261,00	121,65	155,10

	Kosten per jaar in guldens	
	gootconstructie	torenconstructie
Rente en afschrijving	121,65	155,10
Extra energieverbruik	109,50	109,50
Onderhoud	25,00	35,00
Ontijzering	256,15	299,60
Ontijzeringskosten per ha	85,00	100,00
Ontijzeringskosten per m ³	0,05 ⁷	0,06 ⁷

B. Kostenberekening van ontijzering bij beregening 's nachts op een bedrijf van 3 ha

Stroomkosten per jaar = $570 \times f 0,06^5 = f 37,50$

Meterhuur = " 24,00

Totale extra energiekosten f 61,05

Overige kosten blijven gelijk als onder A vermeld.

	Kosten per jaar in guldens	
	gootconstructie	torenconstructie
Rente en afschrijving	121,65	155,10
Extra energieverbruik	61,05	61,05
Onderhoud	25,00	35,00
Ontijzering	207,70	251,15
Ontijzeringskosten per ha	69,00	84,00
Ontijzeringskosten per m ³	0,04 ⁶	0,05 ⁶

Samenvatting en conclusie

Uit het algemene beeld, dat de proeven met de goot- en torenconstructie te zien geven, kan de veronderstelling worden afgeleid, dat de aeratie van het water in de lucht bij de hier toegepaste systemen ruim voldoende is. Proef 3 doet vermoeden, dat een bevordering van de aeratie in de goot geen enkel resultaat oplevert, wanneer dit niet samengaat met een goede turbulente stroming in de poriën van het filter.

De intensiteit van de ontijzering hangt verder nauw samen met de mate van turbulentie en de contactduur van het opgeloste ijzer met het oppervlak van het filtermateriaal.

Een snellere doorstroming bevordert de turbulentie maar vermindert de contactduur. Het vinden van het evenwicht tussen beide factoren is zeer belangrijk voor een effectieve ontijzering.

Uit de diverse proeven blijkt het verloop van de ontijzering van het water gedurende de doorstroming van het cokesbed een zeer veranderlijke tendens te vertonen. Nu eens heeft in de laatste 2 meter van het traject door de goot of in de onderste stapelbakken vrijwel geen ontijzering meer plaats, dan weer is de ontijzering in ditzelfde traject aanzienlijk. Een verklaring hiervoor kan nog niet worden gegeven.

Uit een vergelijking van de gegevens blijkt, dat de ijzerconcentratie van het ruwe water varieert van 5 tot 12 mg per liter, terwijl het ijzergehalte van het filtraat bij een constant debiet betrekkelijk weinig schommeling vertoont en in het geheel niet correleert met dat van het ongefiltreerde water.

Dit is een opmerkelijk en tevens hoopvol gegeven, omdat dit de mogelijkheid openhoudt, ook in de gebieden met een hogere ijzerconcentratie in het grondwater het hier besproken principe van filtratie toe te passen.

Een vergelijking van de gootconstructie met de torenconstructie betreffende de meest praktische bruikbaarheid, valt ongetwijfeld in het voordeel van eerstvermelde constructie uit. Weliswaar neemt de torenconstructie minder plaatsruimte in, maar dit voordeel weegt niet op tegen het nadeel van de bewerkelijke methode van schoonspoelen.

Een vergelijking van de kostenberekeningen voor beide systemen wijst uit, dat ook uit economisch oogpunt gezien, de gootconstructie is te prefereren boven de torenconstructie.

De verkregen resultaten rechtvaardigen tenslotte wel de conclusie, dat ontijzering van grondwater met eenvoudige middelen zeer goed mogelijk is. Dit geldt in het bijzonder voor streken, waar de ijzerconcentratie circa 12 mg per liter niet overschrijdt.

Uit de kostenraming blijkt voorts, dat voor goed renderende teelten waar kwaliteit wordt betaald, de ontijzeringsgoot uit financieel oogpunt, goede toepassingsmogelijkheden biedt.

Literatuur

- BAARS, C., A.J. HELLINGS en L. WARTENA, 1956 - Berekening in de landbouw.
- BUTIJN, J. en J.A. VAN 't LEVEN, 1956 - Een beregeningsproef in de fruitteelt op zeelei. Meded. Dir. Tuinbouw.
- LINN, H.A.D. en H.J. BOORSMA, 1952 - Ontijzering enz. door droogfiltratie. Vierde vakantiecursus Afdeling Weg- en Waterbouwkunde, Technische Hogeschool, Delft.
- LEVEN, J.A. VAN 't, 1956 - De ontwikkeling en het voorkomen van zoetwaterlagen. Rapport Agrohydrologische profielen van Zeeland. Hoofdafdeling Documentatie en Publikatie, Ministerie van Landbouw en Visserij.
- , 1961 - Exploration and exploitation of shallow fresh waterlayers in coastal areas. Technical Bulletin I.C.W. 21.

Tabel 6

Overzicht van de resultaten van de ontijzeringsproeven met de torenconstructie

Volgnr.	Capaciteit in m ³ /uur	Datum	Bron- water	Ijzergehalte in mg/l							Afstand tussen de sproeier bakken	Soort Filtermateriaal	Opmerkingen
				1	2	3	4	5	6	7			
1	1,5	20-9-'62	7,5	-	-	-	-	-	-	1,2	5 cm 5-v.broes	parelcokes	-
2	2,0	26-9-'61	8,5	7,9	6,4	4,5	5,3	2,3	-	1,4	15 cm broes	fijne, parel- en grove cokes	Bij het 6e bakje is het gaas ver- wijderd en is van 6e en 7e één die- pe bak gemaakt, die is aangevuld met grove cokes
3	2,0	21-9-'62	6,6	-	-	-	-	-	-	1,1	5 cm als 1	parelcokes	-
4	2,0	25-9-'62	7,7	-	-	-	-	-	-	1,3	5 cm als 1	parelcokes	-
5	2,5	20-7-'61	9,1	7,8	6,2	4,8	4,8	3,6	-	-	15 cm als 2	parelcokes	Bovenop en halverwege in de trech- ter zijn horizontale schotten van horreagaas aangebracht voor een be- tere verdeling van water en om vermorsing tegen te gaan
6	2,5	25-7-'61	8,1	7,9	5,9	4,2	3,9	3,6	-	-	15 cm als 2	parelcokes	In 4e en 5e bak cokes verwisseld voor grove cokes
7	2,5	1-8-'61	7,8	7,7	7,4	5,8	5,0	4,4	-	-	15 cm als 2	parel- en grove cokes	2 nieuwe bakjes opgeplaatst met fijne cokes
8	2,5	29-8-'61	-	7,0	6,7	5,8	4,8	1,4	1,7	1,2	15 cm als 2	als 2	zie 8
9	2,5	27-9-'61	8,3	7,4	6,1	4,7	4,6	1,9	-	1,1	15 cm broes	fijne, parel- en grove cokes	zie 8
10	2,5	28-9-'61	8,9	8,0	6,0	5,4	3,6	2,5	-	1,9	15 cm broes	idem	zie 8
11	2,5	3-10-'61	7,3	-	-	-	-	-	-	1,3	15 cm broes	idem	zie 8
12	2,5	27-9-'62	6,7	-	-	-	-	-	-	1,4	5 cm 5-v.broes	parelcokes	zie 8
13	2,5	5-10-'62	6,4	-	-	-	-	-	-	1,7	5 cm 5-v.broes	parelcokes	zie 8
14	2,5	8-10-'62	6,5	-	-	-	-	-	-	2,0	5 cm 5-v.broes	parelcokes	zie 8
15	2,5	9-10-'62	5,9	-	-	-	-	-	-	1,9	5 cm 5-v.broes	parelcokes	zie 8
16	2,5	12-10-'62	5,6	-	-	-	-	-	-	2,0	5 cm 5-v.broes	grove cokes	de twee onderste bakken weer van elkaar gescheiden
17	2,5	16-10-'62	7,7	-	-	-	-	-	-	2,1	5 cm 5-v.broes	grove cokes	zie 16
18	2,5	17-10-'62	7,4	-	-	-	-	-	-	2,0	5 cm 5-v.broes	grove cokes	zie 16

