

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

DE INVLOED VAN GEÏNFILTREERD OPPERVLAKTEWATER OP HET
ZOUTGEHALTE VAN HET BODEMVOCHT IN DE GROND EN OP DE
PRODUKTIE VAN BOLGEWASSEN IN DE POLDER ANNA PAULOWNA

ing. C. Ploegman en A.M.H. van Heesen

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking



I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. PROEFOPZET	2
3. DE WATERHUISHOUDING IN HET GEBIED	4
4. DE ZOUTHUISHOUDING IN HET GEBIED	9
5. ONDERZOEK 1977	11
6. ZOUTONDERZOEK 1978	14
7. ZOUTONDERZOEK 1979	18
8. CONCLUSIE	20
9. SAMENVATTING	22
10. LITERATUUR	23

1. INLEIDING

Verskillende onderzoeken hebben aangetoond dat een afnemende plantengroei en een verminderde opbrengst op meer of minder sterk verzilte gronden grotendeels wordt veroorzaakt door het osmotisch effect van de zouten in de bodem (VAN DEN BERG, 1952; HAYWARD and BERNSTEIN, 1958). In de grond vindt steeds via de osmotische druk een wisselwerking plaats van aanwezige zouten afhankelijk van de beschikbaarheid van het bodemvocht. Op verzilte gronden worden de groeiremmingen van gewassen deels veroorzaakt door het osmotisch effect van de zoutconcentratieveranderingen in de grond, deels door specifieke ion-effecten en door schommelingen in de beschikbaarheid van het bodemvocht (BERNSTEIN and HAYWARD, 1958; HAYWARD and WADLEIGH, 1949).

In een polder kan een dergelijke situatie in de wortelzone van de grond ontstaan door accumulatie van zouten afkomstig van capillair opgestegen grondwater, geïnfiltreerd oppervlaktewater of toegediend beregeningswater. Zodoende is het van essentieel belang voor beregening of infiltratie over oppervlaktewater met een zo laag mogelijk zoutgehalte te beschikken. Dit is in het noordelijk deel van Noord-Holland niet steeds het geval. Het hoge zoutgehalte van het infiltratiewater veroorzaakte in 1956 bij de hyacint volgens VRIJHOF (1958) een schade van ongeveer 5%. Bij de tulp is boven de drains een opbrengstafname van ongeveer 18% en tussen de drains ca. 6% bepaald (PLOEGMAN, 1978).

Bovengenoemde aanwijzingen en verschijnselen zijn aanleiding geweest in de jaren 1977 tot en met 1979 in de Anna Paulowna polder eerst een oriënterend en daarna een meer uitgebreid onderzoek te verrichten naar de relatie tussen de groei en produktie van bolgewassen en het zoutgehalte in de wortelzone van de grond.

2. PROEFOPZET

Tijdens het onderzoek is nagegaan in welke mate de infiltratie van het oppervlaktewater vanuit sloten via de drainage van invloed is op het zoutgehalte in de wortelzone. Op twaalf en later veertien verschillende bedrijven zijn op proefplekken keramische filterbuisjes in de onverzadigde zone van de grond boven en tussen de drainreeksen geplaatst. Met behulp van de onderdrukmethodede is het voor de plant in de wortelzone beschikbare bodemvocht periodiek op verschillende diepten aan de grond onttrokken (fig. 1).

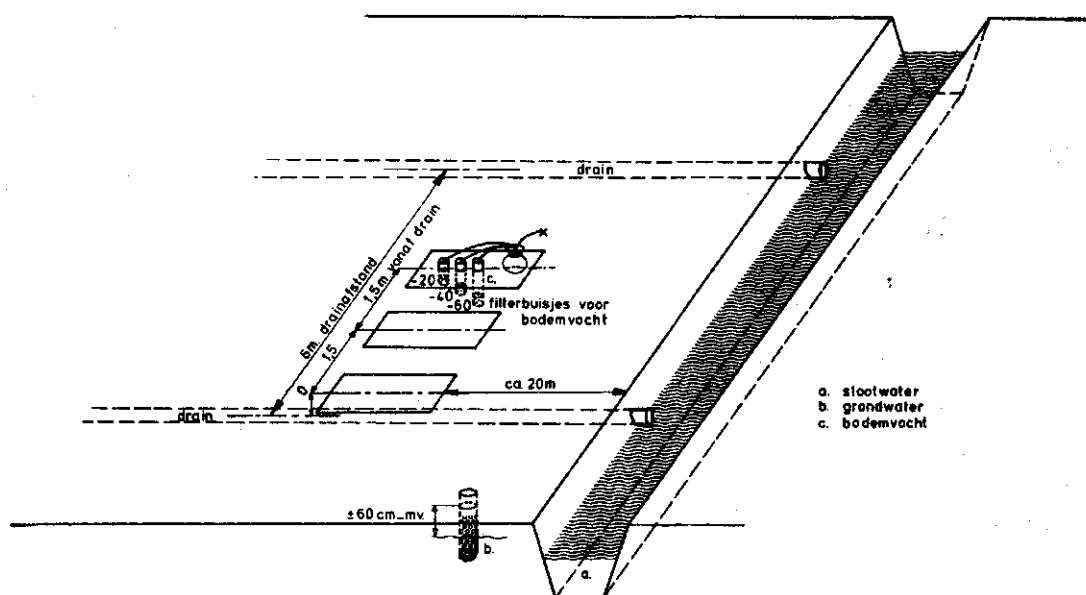


Fig. 1. De bemonsteringssituatie per proefplek

Gedurende de groeiperiode van de verschillende bolgewassen zijn per proefplek tevens regelmatig oppervlaktewater- en grondwatermonsters genomen (fig. 2). Van alle monsters is het zoutgehalte gemeten en uitgedrukt in het elektrisch geleidingsvermogen als micro Siemens per meter bij 20°C ($\mu\text{S/m}$ bij 20°C). Daarnaast is het chloridegehalte met behulp van Ag NO_3 -titratie in milligrammen chloride per liter ($\text{mg Cl}^-/\text{l}$) bepaald.

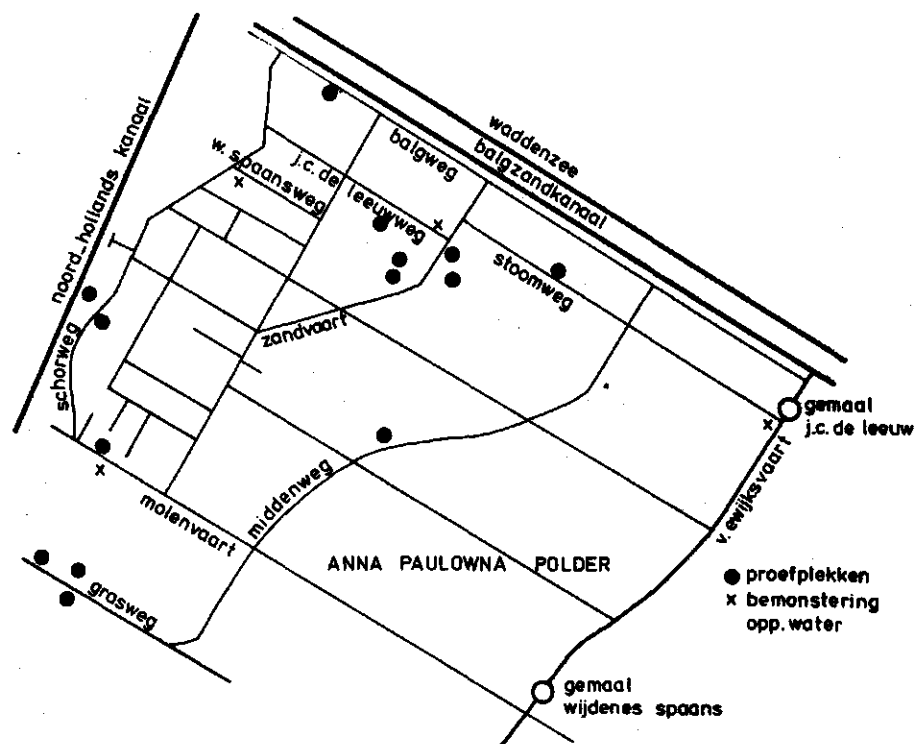


Fig. 2. De Anna Paulowna polder met de ingerichte proefplekken (●) en de vier plaatsen voor bemonstering van het oppervlakte-water (x) door het waterschap

3. DE WATERHUISHOUDING IN HET GEBIED

In genoemde polder wordt de watervoorziening geregeld met behulp van het gemaal J.C. de Leeuw vanuit het Amstelmeer. Vanwege het veelal hoge zoutgehalte van dit boezemwater heeft het tot gevolg, dat het oppervlaktewater in de polder in ongunstige zin wordt beïnvloed. Dit kan leiden tot een vermindering van de groei en produktie van gevoelige bolgewassen. De laatste jaren is een sterk wisselend zoutgehalte van het oppervlaktewater in de polder waargenomen (fig. 3).

Uit deze figuur blijkt, dat het zoutgehalte van het oppervlaktewater met het verloop van de tijd sterk varieert en bij het inlaatpunt de van Ewijkvaart steeds het hoogst is. Het Amstelmeer boezemwater wordt gebruikt voor het op niveau houden van het polderpeil en naar behoefte aan het polderwater toegevoegd. Bij een overschot aan oppervlaktewater of ten behoeve van een polderpeilverlaging wordt het gemaal Wijdenes-Spaans in werking gesteld (fig. 2).

Gedurende de winter is het peil in de polder laag en tegen het voorjaar wordt dit in korte tijd verhoogd. Door het lage peil tijdens de winterperiode wordt een deel van de neerslag in de onverzadigde zone van de grond vastgehouden en de aanwezige zouten kunnen uitspoelen. Bij een gunstig profiel ontstaat er als het ware een laag zoet water boven het reeds aanwezige in de zomer binnengelaten relatief zoute grondwater. Tijdens de groeiperiode wordt dit kwalitatief goede water het eerst gebruikt voor de wateropname en verdamping door de gewassen. Hierbij doet zich de vraag voor of het beschikbaar water in de zandgrond na een periode met een neerslagoverschot voldoende is tijdens de groei van de bolgewassen. Voor een kort groeiend voorjaarsgewas (o.a. crocus) vormt dit vermoedelijk geen probleem, maar voor langere tijd op het veld staande gewassen (o.a. lelie) kan een tekort aan bodemvocht ontstaan.

Uit de pF-curve (fig. 4, ringmonstergegevens van tien proefplekken) blijkt, dat het beschikbaar water tussen veldvochtgehalte pF 2,0 en de aangenomen uitdrogingswaarde pF 2,7 in de wortelzone niet groot is (VEERMAN, 1980).

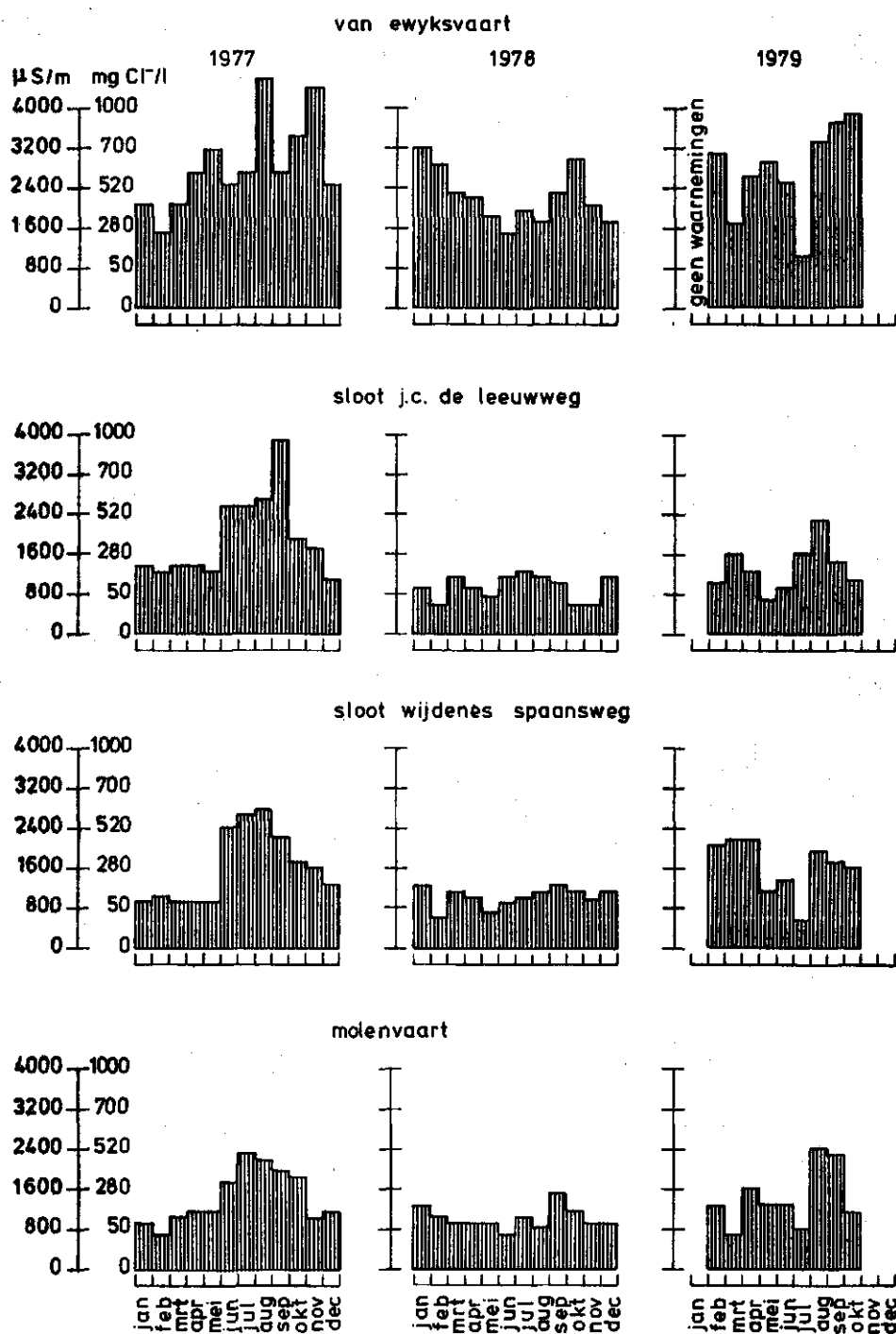


Fig. 3. Het zout- en chloridegehalte in $\mu\text{S/m}$ en $\text{mg Cl}^-/\text{l}$ van het oppervlaktewater in drie jaren in de polder (geg. Waterschap Anna Paulowna)

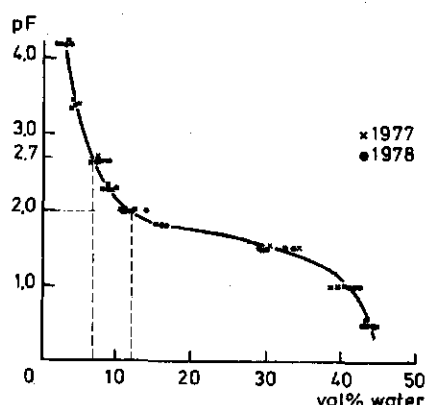


Fig. 4. De pF-curve van de zandgrond in de polder

Bij een vochttekort in de onverzadigde zone van de grond zal tijdens de groeiperiode het ontbrekende vanuit het grondwater, de infiltratie of beregening aangevuld moeten worden. Tijdens de groei van de gewassen handhaaft het grondwaterniveau in de polder zich via de draininfiltratie (tabellen 5 en 6) op een vrij constant peil en wel tussen 60 en 70 cm beneden maaiveld. Bij de aanname van een gemiddelde grondwaterstand van -65 cm in de polder is, met behulp van de pF-curve van de zandgrond (fig. 4), de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht tot de aangenomen uitdrogingswaarde van pF 2,7 bij een bewortelingsdiepte van 50 cm te berekenen (tabel 1).

Volgens tabel 1 is in de onverzadigde zone van de zandgrond over een diepte van 50 cm, bij een evenwichtstoestand in het vroege voorjaar, ongeveer 80-90 mm water beschikbaar. Bovendien profiteren de gewassen onder veldomstandigheden van de natuurlijke regenval, die echter in intensiteit sterk varieert en meestal niet op het gewenste moment valt. Door de directe verdamping via het gewas (langs de kust is veel wind) en de geringe vochthoudendheid van de zandgrond is alleen de effectieve neerslag (ongeveer 60%) voor het aan de grond beschikbaar komen van water van belang. Zodoende is de nuttige neerslag in de drie jaren van het onderzoek van 1/4 tot en met 9/7 (100 groeidagen) op respectievelijk 53, 76 en 105 mm bepaald. Metingen en berekeningen hebben verder aangetoond, dat vanuit het grondwater per dag enige millimeters (0,5 tot 2,0 mm) water aan de gewassen

Tabel 1. Berekening van het beschikbaar bodemvocht van de zandgrond met behulp van de pF-curve tot een uitdroging van pF 2,7 bij een worteldiepte van 50 cm

Diepte cm-mv	pF waarde	Vochtgehalte volgens pF-curve vol. % (mm)	Diepte per 10 cm	Beschikbaar bodemvocht per 10 cm in mm
0	1,81	14,0	0-10	$\frac{14,0 + 14,5}{2} - 6,5 = 7,75$
10	1,74	14,5	10-20	$\frac{14,5 + 17,0}{2} - 6,5 = 9,25$
20	1,65	17,0		
30	1,54	30,0	20-30	$\frac{17,5 + 30,0}{2} - 6,5 = 17,0$
40	1,40	32,5	30-40	$\frac{30,0 + 32,5}{2} - 6,5 = 24,75$
50	1,18	37,5	40-50	$\frac{32,5 + 37,5}{2} - 6,5 = 28,50$
60	0,70	41,5		
65	0,0	42,0		

ten goede kan komen (WESSELING, 1977).

Door nu van bovenstaande gegevens gebruik te maken is het mogelijk om het beschikbaar water in de grond bij een variatie in aanvoer vanuit het grondwater te benaderen. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde nuttige neerslag van 75 mm en het in het voorjaar beschikbaar zijn van ongeveer 85 mm bodemvocht in de wortelzone. De benadering is in tabel 2 weergegeven.

Uit de tabel blijkt, dat bij eenzelfde aantal groeidagen de totale beschikbaarheid van water in de grond sterk wordt bepaald door de aanvoer vanuit het grondwater. Een geringe wateraanvoer vanuit het grondwater kan voor een gewas een watertekort betekenen, die door nuttige neerslag tijdens de groei niet steeds is te ondervangen. Volgens TOUSSAINT (1968) is voor het verkrijgen van de maximale opbrengst bij tulpen in een zandgrond na 100 groeidagen ongeveer 300 mm water nodig. Volgens de gegevens van tabel 2 betekent dit, dat in het zandgebied de wateraanvoer vanuit het grondwater dan zeker 1,5 mm/dag dient te zijn. Bij lagere aanvoeren is de kans op

Tabel 2. Het is de groeiperiode (1/4 t/m 9/7) voor een gewas beschikbaar zijn van water in mm; uitgaande van een bepaalde nuttige neerslag, een in het voorjaar beschikbare hoeveelheid bodemvocht en een variabele wateraanvoer (mm/dag) vanuit het grondwater

Wateraanvoer vanuit het grondwater	Wateraanvoer per 100 dagen (1/4 t/m 9/7)	Beschikbaar water in de zandgrond per 50 cm	Gemiddelde nuttige neerslag (1/4 t/m 9/7)	Totaal beschikbaar water in de periode 1/4 t/m 9/7
mm/dag	in mm	mm	mm	mm
0,5	50	85	75	210
1,0	100	85	75	260
1,5	150	85	75	310
2,0	200	85	75	360

een tekort aan water groot. Het is mogelijk dat ontstane tekorten op natuurlijke wijze worden aangevuld, zoals in 1979 met een nuttige neerslag van ca. 105 mm. Maar bij aanvulling in het gebied met oppervlaktewater (fig. 3) door kunstmatige beregening dient men steeds met een toename van het zoutgehalte in de grond rekening te houden.

4. DE ZOUTHUISHOUDING IN HET GEBIED

Voor de groei van bolgewassen wordt in de polder het zoute oppervlaktewater via het drainagesysteem in de grond geïnfiltreerd. Zodoende wordt gedurende het groeiseizoen de grondwaterstand door het peil van het oppervlaktewater, de drainafstand en verdampingsintensiteit bepaald. Uit eigen onderzoek (PLOEGMAN, 1978) en uit gegevens van ONDERWATER (1954) is waargenomen, dat de grondwaterstand boven en tussen de drainreeksen vrij constant is. In horizontale richting is de invloed van het zoute infiltratiewater voornamelijk tot op ongeveer één meter vanaf de drainreeks goed merkbaar (STRIETMAN, 1971). Bij de in de polder voorkomende drainafstanden van 6, 9 of 12 meter betekent dit, dat de verzilting vanuit het grondwater horizontaal over een breedte van ongeveer twee meter per reeks plaats vindt. In 1976 is op enkele plaatsen een zichtbare gewasschade (vervroegd afsterven van het gewas) boven drainreeksen waargenomen (STRIETMAN, 1977). Als gevolg van capillair transport in de grond verplaatst het steeds aanwezig verzilte grondwater zich in verticale richting, waardoor het zoutgehalte in de onverzadigde zone van de grond kan toenemen. Een nadelige invloed van een te hoog gehalte in het bodemvocht in de wortelzone op de groei van gewassen is zeker niet ondenkbaar.

In het noordelijk zandgebied van Noord-Holland is in 1974 op twee proefplekken zoutonderzoek verricht (PLOEGMAN, 1978). Uit de produktieproeven is met de tulp c.v. 'Apeldoorn' boven de drains een opbrengstafname van ca. 18% en tussen de drains van ca. 6% waargenomen. In dit onderzoek is tevens de bodemkundige opbouw van de zandgrond in de polder en die van de proeftuin te Lisse opgenomen. Uit de hoge mate van overeenkomst in de granulaire samenstelling van beide zandgronden blijkt, dat de te Lisse verkregen resultaten van onderzoek op de in de polder verzamelde gegevens toepasbaar zijn.

Voor de bolgewassen gladiool, tulp, hyacint, narcis, iris en lelie is in de zandgrond te Lisse een zeer gedetailleerd zoutonderzoek verricht (PLOEGMAN, 1977). Hierbij zijn voor het zoutgehalte als geleidingsvermogen en het chloridegehalte van het bodemvocht grenswaarden bepaald, waarbij voor genoemde gewassen nog geen op-

brengstafname optreedt. Uit de resultaten van dit onderzoek is de relatieve opbrengstdaling na overschrijding van de grenswaarden in het bodemvocht per 1000 $\mu\text{S/m}$ en 100 mg Cl^-/l berekend (tabel 3).

Tabel 3. De grenswaarden van het geleidingsvermogen en chloridegehalte van het bodemvocht waarbij de afname in opbrengst (A) begint en tevens de berekende relatieve reductie per 1000 $\mu\text{S/m}$ en 100 mg Cl^-/l (B) voor enige bolgewassen

Gewassen	A. Bodemvochtgrenswaarden		B. Relatieve opbrengstafname boven grenswaarden van A	
	geleidings- vermogen $\mu\text{S/m}$	chloride mg/l	per 1000 $\mu\text{S/m}$	per 100 mg Cl^-/l
Gladiool	590	100	0,4 %	1,5%
Tulp	1290	130	0,7 %	2,5%
Hyacint	950	210	0,6 %	2,0%
Narcis	390	60	0,5 %	2,0%
Iris	680	43	0,6 %	2,0%
Lelie	1030	-	0,37%	-

Voor de in het onderzoek betrokken bolgewassen treden ten aanzien van de grenswaarden duidelijke gevoeligheidsverschillen op. Overschrijding van deze grenswaarden in de wortelzone van de zandgrond tengevolge van het gebruik van infiltratie of beregening van in de polder aanwezig oppervlaktewater (fig. 3), kan zeker optreden.

5. ONDERZOEK 1977

Om het effect van een verhoogd zoutgehalte uitgedrukt als geleidingsvermogen in het bodemvocht in de wortelzone na te gaan is op twee proefplekken in de polder onderzoek verricht. In de periode 20/4 tot en met 6/7 zijn regelmatig oppervlaktewater- en bodemvochtmonsters op verschillende diepten (fig. 1) boven een drainreeks genomen. Van deze monsters is het geleidingsvermogen ($\mu\text{S/m}$) en het chloridegehalte ($\text{mg Cl}^-/\text{l}$) bepaald.

In fig. 5 zijn per proefplek de verkregen zoutgegevens en de gemeten neerslag (mm) weergegeven.

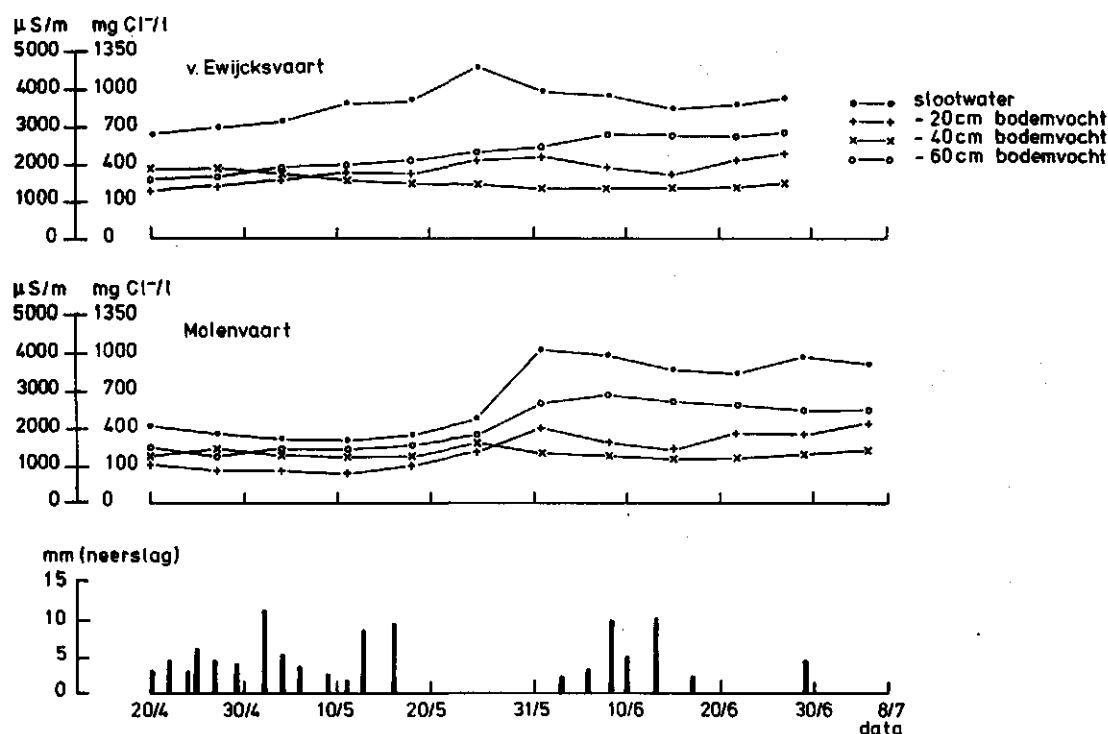


Fig. 5. Het geleidingsvermogen en chloridegehalte van het oppervlaktewater en het bodemvocht op drie diepten (-20, -40 en -60 cm) in de grond boven de drainbuis van twee proefplekken en de neerslag tijdens de meetperiode

Uit deze gegevens blijkt, dat het geleidingsvermogen van het oppervlaktewater in dat jaar op de bemonsteringsplek nabij de van Ewijkvaart regelmatig aan de hoge kant is geweest. In de Molenvaart is na de verhoging van het polderpeil (half mei) het geleidingsvermogen sterk toegenomen. Het geleidingsvermogen in het bodemvocht op -60 cm is bij beide meetpunten in het voorjaar ongeveer 1000 tot 1500 $\mu\text{S/m}$ (resp. 100 tot 250 $\text{mg Cl}^-/\text{l}$) en wordt half mei vrij snel ongunstig beïnvloed. Het geleidingsvermogen van het bodemvocht op -40 cm is meer constant vermoedelijk als gevolg van de neerslagvoorraad gevormd in de winterperiode. De bovenste bodemlaag van -20 cm is door directe en indirecte wateronttrekkingen en bovendien door de neerslag aan meer fluctuaties onderhevig. De regenval omstreeks 10 juni van ca. 30 mm brengt op -20 cm een gunstige afname in het geleidingsvermogen teweeg. Daarna volgt weer een toename. Op -40 en -60 cm beneden maaiveld treedt geen waarneembare invloed van deze regenval op (fig. 5).

Uit de analysegegevens van het bodemvocht zijn van beide proefplekken en van de drie bemonsteringsdiepten gedurende de groeiperiode het gemiddeld geleidingsvermogen en het chloridegehalte berekend. Na de oogst is van 300 tulpenplanten het versgewicht en het aantal bollen per sortering bepaald (tabel 4).

Tabel 4. Het totaal vers bolgewicht van 300 tulpenplanten, de sortering en het gemiddeld geleidingsvermogen en chloridegehalte van het bodemvocht in de wortelzone van 0 tot -60 cm

Proefplekken	Vers bolgewicht 300 planten kg	Aantal bollen per sortering						Bodemvocht wortelzone		Kralen g
		> 12	11	10	8	6	4	gel.verm. $\mu\text{S/m}$	chloride mg/l	
Van Ewijkvaart	9,30	124	111	60	39	157	205	1730	325	30
Molenvaart	11,58	128	107	157	95	83	112	1570	270	40

Uit deze gegevens blijkt dat het versgewicht bij de van Ewijksvaart het laagst is. Het gemiddeld geleidingsvermogen en chloridegehalte is daar het hoogst. In de sortering komen daar de kleine maten het meest voor, terwijl bij de Molenvaart de maten 8 en 10 het hoogst in aantal zijn. De grote maten komen vrijwel in gelijke aantallen voor en bij de kralen is slechts een gering gewichtsverschil gemeten. De grenswaarde van het geleidingsvermogen in het bodemvocht, waarbij voor de tulp geen opbrengstafname optreedt is $1290 \mu\text{S/m}$ (of $130 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$). Doordat op beide proefplekken het gemiddeld geleidingsvermogen tijdens de groeiperiode hoger is dan de grenswaarde is geen maximale opbrengst verkregen. Uit eerder onderzoek is gebleken, dat de relatieve afname in opbrengst is te berekenen met de vergelijking:

$$y = c(a - b)/100 \quad (1)$$

waarin: y = de opbrengstafname in %

a = het gemiddeld geleidingsvermogen van het bodemvocht in $\mu\text{S/m}$.

b = de grenswaarde van het geleidingsvermogen in het bodemvocht, waarbij voor een bepaald gewas geen opbrengstreduktie optreedt.

c = de relatieve opbrengstafname na overschrijding van de grenswaarde per $100 \mu\text{S/m}$.

De relatieve opbrengstafname bij de van Ewijksvaart is nu als volgt te berekenen; $0,7 \cdot (1730 - 1290)/100 = 3,1\%$. Bij de Molenvaart wordt de berekende afname; $0,7 \cdot (1570 - 1290)/100 = 2,0\%$.

6. ZOUTONDERZOEK 1978

Naar aanleiding van de onderzoekresultaten in 1977 is daarna in de polder getracht meer inzicht in de zout- of chloridegehalten in het bodemprofiel tussen het grondwater en het maaiveld (onverzadigde zone) te verkrijgen. Hierbij is nagegaan in welke mate de infiltratie van het oppervlaktewater van invloed is op het zoutgehalte gemeten als geleidingsvermogen van het bodemvocht boven- en tussen drainreeksen. Op twaalf plaatsen zijn daartoe keramische filterbuisjes (wateronttrekkingsbuisjes) in de onverzadigde zone van de grond geplaatst. Gedurende de groeiperiode van enige bolgewassen zijn per proefplek regelmatig oppervlaktewater-, grondwater- en bodemvochtmonsters genomen. Van alle monsters is het geleidingsvermogen gemeten en het chloridegehalte bepaald.

In fig. 6 is de ijkcurve weergegeven, waarbij het geleidingsvermogen tegen het chloridegehalte is uitgezet.

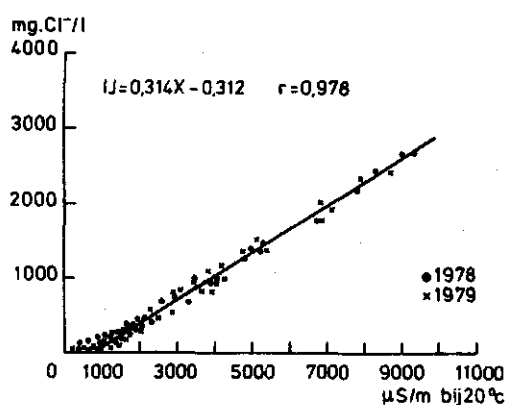


Fig. 6. De relatie tussen het geleidingsvermogen ($\mu\text{S/m}$ bij 20°C) en het chloridegehalte in mg/l van de in 1978 en 1979 genomen monsters

Uit deze figuur blijkt een goede relatie tussen geleidingsvermogen en het chloridegehalte van de monsters te bestaan, waarbij $1000 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ ongeveer gelijk is aan $4170 \mu\text{S/m}$ bij 20°C .

De door het onderzoek verkregen gegevens, te weten:

- a. de diepte van het grondwater in cm beneden maaiveld
- b. het geleidingsvermogen van het oppervlakte- en grondwater
- c. het geleidingsvermogen van het bodemvocht in de wortelzone op drie plaatsen ten opzichte van de drainage gemeten
- d. de verschillende bolgewassen met de bijbehorende opbrengsten in kg en het droge stofpercentage zijn voor de verschillende proefplekken in tabel 5 weergegeven.

Uit deze tabel blijkt, dat de gemiddelde diepte van het grondwater in de polder vrij constant is en steeds tussen 60 en 70 cm beneden maaiveld voorkomt. Tijdens de groei van de bolgewassen is het geleidingsvermogen van het oppervlaktewater in het voorjaar lager dan in de zomer. Het gemiddeld geleidingsvermogen van het grondwater is in het voorjaar hoger, maar aan de Balgweg en Middenweg zijn toch wel zeer hoge waarden gemeten. Een relatie tussen het geleidingsvermogen van het grondwater en het geleidingsvermogen van het aan de grond onttrokken water (het bodemvocht in de wortelzone) is niet gevonden.

In het geleidingsvermogen van het bodemvocht boven en tussen de drains komt per proefplek een vrij sterke variatie voor, die als zodanig een nadelige invloed op de gewasgroei kan uitoefenen. Zoals in eerder uitgevoerd onderzoek is waargenomen (PLOEGMAN, 1978) blijkt, dat ook nu het geleidingsvermogen in de wortelzone boven de drains meestal hoger is dan tussen de drainreeksen.

Op de verschillende proefplekken zijn per gewas niet dezelfde bolmaten uitgeplant, waardoor de opbrengsten onderling per plantbed van twee meter niet vergelijkbaar zijn. De geringe opbrengst van de iris aan de Grasweg is ontstaan, omdat er een zeer kleine bolmaat was geplant. Het droge stofpercentage per bolgewas is echter vrijwel gelijk.

Met behulp van het gemiddeld geleidingsvermogen in de wortelzone van de zandgrond is de relatieve opbrengst berekend. Uit het vastgestelde gemiddelde geleidingsvermogen in de wortelzone (tabel 5) blijkt dat de grenswaarden, waarbij nog geen afname in opbrengst optreedt (tabel 3), soms zijn overschreden. Door nu het geleidingsvermogen van het bodemvocht in de wortelzone en de gegevens van tabel 3

in de reeds eerder vermelde vergelijking: $y = c(a - b)/100$ (1) toe te passen is de relatieve opbrengst per proefplek berekend.

7. ZOUTONDERZOEK 1979

Een herhaling van het onderzoek is in 1979 op veertien proefplekken in de polder uitgevoerd, waarbij evenals in 1978 regelmatig oppervlaktewater-, grondwater- en bodemvochtmonsters zijn genomen. Van alle monsters is evenals in voorgaande jaren het elketrisch geleidingsvermogen en het chloridegehalte bepaald. De relatie tussen het geleidingsvermogen en het chloridegehalte kwam overeen met die weergegeven in fig. 6. Analooq aan 1978 zijn de verkregen resultaten nu in tabel 6 vermeld.

Uit deze tabel blijkt, dat het grondwater in het voorjaar gemiddeld ca. 69 cm beneden maaiveld en in de zomer ongeveer 72 cm-mv is geweest. Het gemiddeld geleidingsvermogen van het oppervlakte- en grondwater is tijdens de groei van de voorjaarsgewassen behoorlijk lager dan gedurende de zomerperiode. Dit geldt tevens voor het op drie plaatsen gemeten geleidingsvermogen in de wortelzone van de zandgrond. Mogelijk is dit een gunstig effect als gevolg van de uitzonderlijke winterperiode met veel sneeuwval. Bovendien is in tegenstelling met de gegevens van voorgaand zoutonderzoek het geleidingsvermogen in dit jaar gemeten boven de drains veelal lager dan tussen de drainreeksen.

Met behulp van het gemiddeld geleidingsvermogen in de wortelzone is per bolgewas de relatieve opbrengstreduktie berekend met de eerder aangegeven vergelijking: $y = c(a - b)/100$ (1). Voor de verschillende bolgewassen is de relatieve afname in tabel 6 weergegeven. De procentuele afname bij de narcis, iris en lelie is toch wel aan de hoge kant, daar er tijdens de groeiperiode 27/2 tot en met 25/9 ongeveer 130 mm neerslag meer is gevallen dan in eenzelfde periode in 1978 (fig. 7).

Tabel 6. De verschillende gegevens van de veertien proefplekken in de polder in 1979

Proefplekken Gewas	Grondwater bij drain cm-mv	Gemiddeld elektrisch geleidingsvermogen		Gemiddeld elektrisch geleidingsvermogen bodenvocht wortelzone				Opbrengst per plantbed van 2 m in bollen		Opbrengst- afname	
		oppervl. water μS/m	grond- water bij drain μS/m	boven drain	1,5-2,5 m vanaf drain	3,0-5,0 m vanaf drain	gemiddelde wortelzone μS/m	kg	%	%	%
Voorjaar											
Zandvaart	-63	1750	1800	1240	1850	2780	1960	17,0	36,6	7,9	
Narcis	-77	1750	1200	1060	1020	1250	1110	19,0	35,6	3,6	
Middenweg	-69	1490	1500	1290	1130	1860	1430	5,1	38,0	1,0	
Grasweg	-75	1720	1400	1230	1110	1230	1190	6,5	40,8	0,0	
Balgweg	-69	1650	1460	1490	1460	1640	1530	5,6	38,4	1,7	
Zandvaart	-61	1570	1060	930	940	960	940	6,9	40,4	0,0	
Stoomweg											
J.C.de											
Tulp	-72	1670	1410	1220	1250	1300	1260	6,1	41,8	0,0	
Leeuwweg	-68	1680	1630	1510	1520	1480	1500	3,3	39,7	4,9	
Grasweg	-71	1940	2330	1460	1800	1290	1520	3,4	40,5	5,0	
Zandvaart	-68	1690	1080	1050	790	770	870	1,6	40,7	-	
Molenvaart											
Gemiddeld	-69	1690	1487	1248	1287	1456	1331	200			
Zomer											
Grasweg	-65	2170	2700	2180	2270	2850	2430	4,1	32,9	5,2	
Schorweg	-83	1890	1060	1770	1430	1610	1600	4,3	36,6	2,1	
Zandvaart	-70	2170	2590	1940	1850	1770	1850	4,0	37,8	3,0	
Zandvaart	-68	2070	2830	1690	1820	1690	1730	3,6	35,7	2,6	
Gemiddeld	-72	2075	2295	1895	1843	1980	1903	370			

8. CONCLUSIE

Het wisselend zoutgehalte van het oppervlaktewater in de polder weergegeven in fig. 3 heeft wel degelijk een ongunstige invloed op de groei van zoutgevoelige bolgewassen. In een zogenaamde natte periode blijkt zelfs dat in het slootwater geen duidelijke verlaging van het zoutgehalte is waar te nemen. Het geleidingsvermogen van het oppervlaktewater is in de periode 27/2 tot en met 25/9 in 1979 niet belangrijk lager dan in 1978, terwijl er ongeveer 130 mm regenwater meer is gevallen. Voor beide jaren is in fig. 7 de neerslagintensiteit, het gemiddeld geleidingsvermogen en chloridegehalte van het oppervlaktewater met de tijd weergegeven.

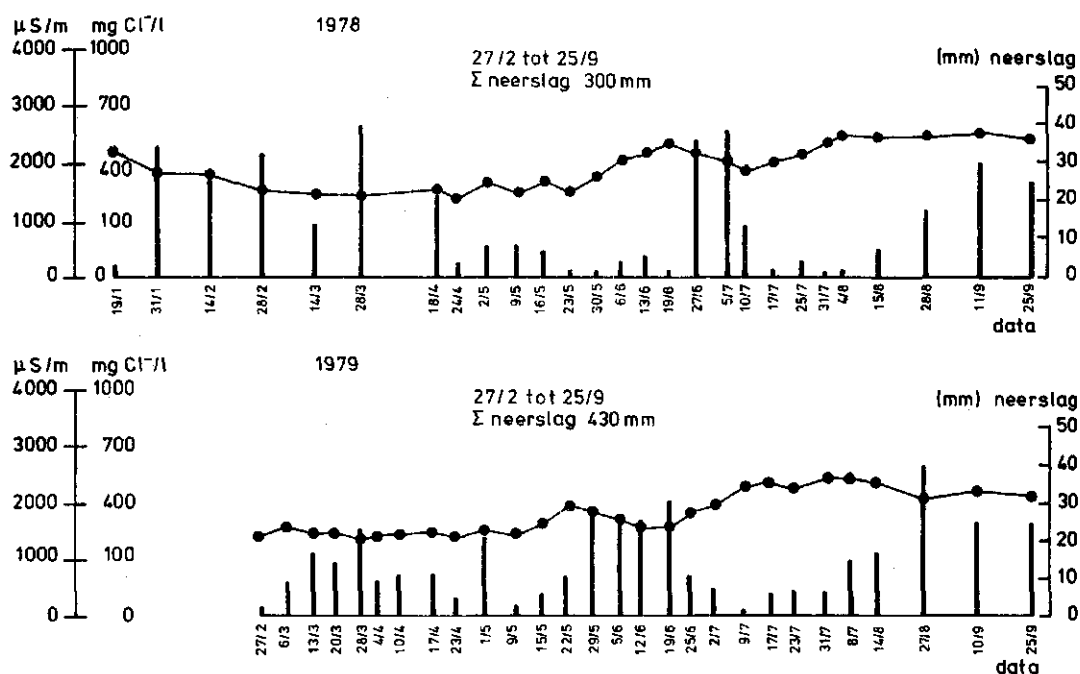


Fig. 7. Het gemiddeld geleidingsvermogen en chloridegehalte van het oppervlaktewater in 1978 en 1979 van respectievelijk 12 en 14 proefplekken en de gemeten neerslag in mm

Uit deze figuur blijkt, dat na beide winterperioden in maart-april het oppervlaktewater ongeveer 1500 $\mu\text{S/m}$ ($250 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$) bevat.

Gedurende de groeiperiode in 1978 treedt de toename in geleidingsvermogen in mei en juni op, terwijl ook vanaf 10 juli na het wegblijven van regenval weer snel een verhoging valt waar te nemen. In 1979 heeft de neerslag eind mei en begin juni (ca. 110 mm) het geleidingsvermogen in het oppervlaktewater enigszins verlaagd. Maar in de zomer na deze regenperiode neemt het geleidingsvermogen weer vrij snel toe en bereikt in beide jaren een gemiddelde zomerwaarde van ongeveer 2400 $\mu\text{S/m}$ ($520 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$).

In de tabellen 5 en 6 is per proefplek het gemiddeld geleidingsvermogen in de wortelzone van de zandgrond weergegeven. De relatieve opbrengstreduktie is met behulp van bovengenoemde gegevens en die van tabel 3 berekend. Bij het bolgewas de tulp is geen of slechts een geringe opbrengstredukte opgetreden. De gewassen narcis en iris ondervinden in beide jaren opbrengstverlagingen van gemiddeld 5%, terwijl bij de lelie de reductie ongeveer 3% is. Hoewel deze opbrengstredukties nog gering zijn dient men in dit infiltratiegebied onder de huidige mogelijkheden inzake de watervoorziening, vooral bij de meer zoutgevoelige bolgewassen, toch wel terdege met grotere reducties rekening te houden.

9. SAMENVATTING

Uit de verkregen gegevens van dit onderzoek blijkt, dat als gevolg van het in een infiltratiegebied inlaten van oppervlaktewater met een bepaald geleidingsvermogen (fig. 3) de directe omgeving van de drain het meest ongunstig wordt beïnvloed (fig. 5). Het geleidingsvermogen van het infiltratiewater zal zich via het drainage-systeem met het grondwater in horizontale richting verplaatsen en bovendien vanuit het grondwater door capillair transport in verticale richting in de grond bewegen. Afhankelijk van de waterbehoefte in de onverzadigde-of wortelzone van de zandgrond als gevolg van de verdamping zal een zouttoename optreden. Door een toename van zouten in de wortelzone kan een vermindering in gewasgroei optreden waardoor een verlaging van de opbrengst mogelijk is. Indien het gemiddeld geleidingsvermogen in de wortelzone gedurende de groei van een gewas hoger is dan de zoutgevoeligheids-grenswaarde (d.i. de waarde waarbij nog geen opbrengstreduktie optreedt; tabel 3), is een maximale opbrengst niet te verwachten.

De relatieve opbrengstreduktie van bolgewassen verschilt van jaar tot jaar (tabellen 4, 5 en 6). Deze reducties zijn in hoge mate afhankelijk van de gevoeligheid van het gewas, het gemiddeld geleidingsvermogen of chloridegehalte van het bodemvocht in de wortelzone en de aanvullende waterbehoefte tijdens de groeiperiode.

Een tekort aan beschikbaar water door capillair transport vanuit het grondwater en door de natuurlijke neerslag in het infiltratiegebied ten opzichte van het totaal waterverbruik van een gewas, kan door kunstmatige beregening worden aangevuld. Elke aanvulling met zout- en/of chloride houdend oppervlaktewater zal een directie toename van het geleidingsvermogen van het bodemvocht in de wortelzone betekenen. Er dient voor dit infiltratiegebied, vooral tijdens de groeiperiode ten behoeve van een goede produktie, naar een zo laag mogelijk geleidingsvermogen en/of chloridegehalte in het aangevoerde oppervlaktewater (fig. 2 en 7) te worden gestreefd. Indien naast het waterbeheersingsplan bovendien nog goede aandacht aan een waterkwaliteitsbeheersingsplan wordt besteed, is een verbetering van de groeiomstandigheden voor bolgewassen in het onderzoeksgebied mogelijk.

10. LITERATUUR

- BERG, C. VAN DEN. De invloed van opgenomen zouten op de groei en produktie van landbouwgewassen op zoute gronden. Proefschrift Wageningen 1952.
- BERNSTEIN, L. and H.E. HAYWARD. Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Plant Phys.* 9; 1958 (25-46).
- HAYWARD, H.E. and L. BERNSTEIN. Plant growth relationships on salt affected soils. *Bot. Rev.* 24; 1958 (584-635).
- and C.H. WADLEIGH. Plant growth on saline and alkali soils. *Adv. Agr.* 1; 1949 (1-38).
- ONDERWATER, L.N. Zoutonderzoek in Breezand, 1954. Rapport RTC Hoorn.
- PLOEGMAN, C. Waterkwaliteit en bloembollenteelt, 1977. ICW nota 954.
- Het chloride-ion in de grond in relatie tot de opbrengst bij tulpen. *Landbouwk. Tijdschr./pt 2*; 1978 (40-43); ICW Verspr. Overdr. 208.
- STRIETMAN, H. De invloed van infiltratie met zout water op het chloorgehalte van het grondwater en de bolproduktie. *Bedrijfs-ontw.* 1971, 7/8 (69-73).
- 1977. Mondelinge Mededeling.
- TOUSSAINT, C.G. Berekening bij tulpen op zandgrond. *Med. Dir. Tuinb.* 31, 1968 (212-221); ICW Med. 112.
- VEERMAN, G.J. Vochtkarakteristieken van enkele proefplekken in Noord-Holland, 1980. ICW-nota 1171.
- VRIJHOF, B. De verzilting van open wateren in Noord-Holland, 1958. *Onderz. Landbouwwaterhuishouding Med. TNO.*
- WESSELING, J. Tuinbouw, waterkwantiteit en waterkwaliteit. *Bedrijfs-ontw.* 8, 1977, (849-854); ICW Verspr. Overdr. 203.