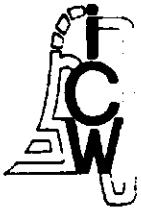


NN31545.1949

ICW Nota 1949
januari 1989

H



nota

— instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen —

BIJDRAGE GLASTUINBOUW TOT CHLORIDE- EN ZOUTBELASTING
VAN OPPERVLAKTEWATER BINNEN DELFLAND

Dr. Ph. Hamaker



0000 0347 6351

26 SEP. 1989

JSH 501237 *

INHOUD

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. ONDERZOEK OP GLASTUINBOUWBEDRIJF MET TEELT IN GROND	3
2.1. Algemene gegevens	3
2.2. Bewerking gegevens	4
2.3. Resultaten	6
2.4. Resultaten na correctie	8
3. ONDERZOEK OP GLASTUINBOUWBEDRIJF MET TEELT IN STEENWOL	10
3.1. Algemene gegevens	10
3.2. Metingen	10
3.3. Resultaten	12
4. ONDERZOEK GLASTUINBOUWGEBIED VAN POLDER NOORDLAND EN NIEUWLAND	15
4.1. Beschrijving gebied en waterhuishouding	15
4.2. Metingen	17
4.3. Berekening waterhuishouding	17
4.4. Berekening chloridehuishouding	22
4.5. Berekening zouthuishouding	25
5. SAMENVATTING RESULTATEN	27
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	29
LITERATUUR	31

1 . INLEIDING

In een voorgaande nota (HAMAKER, 1988c) zijn chloride- en zoutbalansberekeningen voor de periode 1982 t/m 1986 voor het gebied van het Hoogheemraadschap van Delfland aan de orde gekomen. Die berekeningen resulteerden uiteindelijk in een als sluitpost berekende belasting, aangeduid als de belasting vanuit het landelijk gebied. De belasting voor chloride was negatief en kwam uit op gemiddeld -46×10^3 kilo-equivalent (keq) per jaar. De belasting voor zout was positief en kwam uit op gemiddeld 675×10^3 keq per jaar. Dat kwam neer op 40 à 45 % van de totale zoutbelasting. In deze nota wordt ingegaan op de vraag welk deel van de totale belasting vanuit het landelijk gebied moet worden toegeschreven aan de glastuinbouw. Die bijdrage moet bekend zijn om het effect te schatten van een eventuele gescheiden afvoer van het drainwater van de glastuinbouw via een aan te leggen centraal afvoersysteem drainagewater (CAD-systeem) op de kwaliteit van het oppervlaktewater als gietwaterbron voor de glastuinbouw.

De vraagstelling met betrekking tot de zoutbelasting door de glastuinbouw is langs verschillende wegen benaderd. De hoofdstukken 2 en 3 hebben betrekking op onderzoek naar de water- en mineralenhuishouding op glastuinbouwbedrijven in het Westland.

Hoofdstuk 2 slaat op een onderzoek in de periode 1975-1976 op een bedrijf met teelten van tomaat (hoofddeelt) en komkommer (nateelt) in de grond. Hoofdstuk 3 slaat op onderzoek in de periode 1984-1985 op een bedrijf met teelt van tomaat in steenwol. In beide gevallen gaat het om moderne bedrijven met een naar verhouding hoog produktieniveau en verbruik aan meststoffen. Dit impliceert ook een naar verhouding grote zoutbelasting van het oppervlaktewater. Wat dat betreft zijn de resultaten dan ook niet representatief voor de glastuinbouw als geheel maar geven wel een goede indruk van de orde van grootte van de belasting.

Hoofdstuk 4 gaat over berekeningen voor het glastuinbouwareaal van ca 150 ha in de polder het Noordland en de polder het Nieuwland (in het Westland, tussen 's Gravenzande en Hoek van Holland), verder kortweg aangeduid als de polder Noordland en Nieuwland. Enkele jaren geleden is daar een afvoersysteem voor het drainagewater aangelegd en in gebruik genomen. In de periode 1986-1987 zijn de via dat systeem afgevoerde waterhoeveelheden gemeten. Ook is het water regelmatig bemonsterd en onderzocht. Die gegevens

zijn in hoofdstuk 4 uitgewerkt. Het gaat in dit geval om een aanzienlijke glasoppervlakte, met verschillende typen van bedrijven en teeltsystemen. Wat dat betreft zouden de resultaten een meer representatief beeld moeten geven voor de glastuinbouw als geheel dan de gegevens in de hoofdstukken 2 en 3. Daar staat tegenover dat bij de bewerking van de meetgegevens verschillende aannamen moesten worden gedaan om tot het gewenste eindresultaat te komen. De betrouwbaarheid van dat eindresultaat is daardoor minder groot.

In hoofdstuk 5 zijn de resultaten van de voorafgaande drie hoofdstukken naast elkaar gezet en van nader commentaar voorzien. Een en ander is tenslotte samengevat in hoofdstuk 6.

2. ONDERZOEK OP GLASTUINBOUWBEDRIJF MET TEELT IN GROND

2.1. ALGEMENE GEGEVENS

Het onderzoek met betrekking tot de water- en mineralenhuishouding van glastuinbouwbedrijven met teelten in de grond is in een aantal ICW-nota's beschreven. Hier blijft de aandacht beperkt tot een van de bedrijven waar onderzoek plaatsvond in de periode 1975-1976 (HAMAKER EN VAN BEUSEKOM, 1977). De volgende gegevens geven een globale indruk van het bedrijf:

- ligging bedrijf: in het Westland, nabij Oranjesluis;
- kasoppervlakte: 11 600 m²;
- beschouwde periode: 1-8-1975 t/m 31-7-1976;
- onderscheiden deelperioden:
 - komkommerteelt van 10-8-1975 t/m 10-11-1975,
 - tomatenteelt van 10-12-1975 t/m 12-7-1976,
 - zoutuitspoeling in laatste twee weken van juli 1976;
- watervoorziening gewassen: gebruik van oppervlaktewater, onttrokken aan hoofdwatergang van Delflands boezem (Nieuwe Water);
- afvoer overtollig water: via drainage-onderbemalingssysteem, met lozing op kleine boezemsloot.

De water- en mineralenhuishouding van het bedrijf wordt toegelicht aan de hand van Fig. 1.

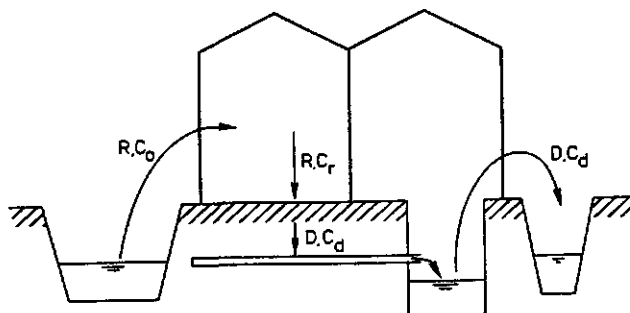


Fig. 1. Waterhuishouding glastuinbouwbedrijf met grondgebonden teelt en gebruik van oppervlaktewater

Ten behoeve van de watervoorziening van het gewas wordt een hoeveelheid water R , met Cl^- of zoutconcentratie C_0 aan het oppervlaktewater onttrokken. Tussen het onttrekkingspunt en de kas wordt geconcentreerde voedingsoplossing geïnjecteerd. Dit geeft een verhoging van de concentratie tot C_r . Het met voedingsionen aangerijkte oppervlaktewater wordt bemonsterd en voor de watervoorziening van de gewassen berekend. De berekende hoeveelheid R is groter dan de verdamping E zodat een hoeveelheid drainagewater $D (= R - E)$ met Cl^- of zoutconcentratie C_d via het drainage-onderbemalingssysteem op het oppervlaktewater wordt geloosd.

Wat het oppervlaktewater betreft moet de onttrekking van oppervlaktewater voor berekening gezien worden als een negatieve belasting en de lozing van drainagewater als een positieve belasting. Het gaat uiteindelijk om de netto belasting, ook te omschrijven als de toegevoegde belasting B_t , te berekenen als

$$B_t = (D \times C_d - R \times C_0) \times 10^{-2} \quad (1)$$

waarbij B_t is uitgedrukt in $\text{keq} \cdot \text{ha}^{-1}$, D en R in mm en C_d en C_0 in $\text{meq} \cdot \text{l}^{-1}$. Veranderingen in de berging van chloride en zouten in het bodemprofiel en het (ondiepe) grondwater beïnvloeden het resultaat van de berekeningen. Om die invloed te minimaliseren zijn de berekeningen uitgevoerd voor een periode van precies één jaar.

2.2. BEWERKING GEGEVENS

In het kader van het huidige onderzoek zijn de indertijd verzamelde gegevens met betrekking tot de water-, chloride- en zouthuishouding van het bedrijf nader bewerkt. De methode van bepaling van D en R en van bemonstering van het beregende water en het drainagewater zijn uitvoerig beschreven in eerder genoemde ICW-nota. Voor het drainagewater waren de verkregen Cl^- en zoutconcentratiegegevens zonder meer bruikbaar in het kader van de hier uit te voeren berekeningen. Anders lag dat voor het beregende water. Immers, bemonstering vond plaats voorbij het punt waar geconcentreerde voedingsoplossing werd geïnjecteerd en het watermonster betrof dus het oppervlaktewater verrijkt met voedingsionen, dat wil zeggen, met concentratie C_r .

Dit hield in dat de analysegegevens niet overeenkwamen met C_0 als bedoeld in relatie (1).

Voor chloride werden wat dit betreft geen grote problemen verwacht. De in de glastuinbouw gebruikte kunstmeststoffen zijn in het algemeen chloride-arm. De Cl-concentratie van het in de kas beregende water zou dan ook gelijk moeten zijn aan de concentratie in het onttrokken oppervlaktewater, zonder dat de injectie van geconcentreerde voedingsoplossing daarop van invloed is. Met andere woorden: voor chloride is aangenomen dat C_0 en C_r bij benadering aan elkaar gelijk waren. Om de juistheid van die veronderstelling te verifiëren is een vergelijking gemaakt tussen de onttrekking van chloride berekend op basis van de Cl-concentratie van het in de kas beregende water met de onttrekking berekend op basis van de Cl-concentratiegegevens voor twee monsterpunten in het boezemwater in de nabijheid van het bedrijf. Het betrof de monsterpunten 032 en 043 (zie HAMAKER, 1988a).

Bemonstering vond in de balansperiode op beide punten wekelijks plaats. Aan de hand van de gemiddelde Cl-concentraties voor die twee punten is de onttrekking van chloride opnieuw berekend. Vooruitlopend op de bespreking van de rekenresultaten wordt hier opgemerkt dat de volgens beide benaderingen berekende onttrekking per week soms wel verschilde maar dat de totale onttrekking voor de gehele balansperiode van een jaar vrijwel exact hetzelfde was. Met andere woorden: voor chloride gold inderdaad $C_0 = C_r$.

Voor berekening van de onttrekking van zout met het voor berekening gebruikte oppervlaktewater is uitgegaan van meetgegevens met betrekking tot de specifieke geleiding bij 25°C, aangeduid als de EC_{25} -waarde en uitgedrukt in $mS.cm^{-1}$. De zoutconcentratie C_0 kon daaruit worden afgeleid met behulp van de vuistregel (UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF, 1954)

$$C_0 \text{ (meq.l}^{-1}\text{)} = 10 \times EC_{25} \text{ (mS.cm}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

Het Hoogheemraadschap van Delfland is in april 1976 begonnen met systematische meting van de EC_{25} -waarde van het boezemwater. Voor de periode van april t/m juli 1976, dat wil zeggen, voor de laatste vier maanden van de balansperiode, zijn dan ook de EC_{25} -waarden voor de monsterpunten 032 en 043 gebruikt om de zoutconcentratie van het oppervlaktewater te schatten.

Voor de daaraan voorafgaande periode van acht maanden zijn de EC_{25} -waarden geschat aan de hand van de Cl-concentraties. De daarvoor gebruikte relatie tussen de Cl-concentratie en de EC_{25} -waarde is vastgesteld aan de hand van analysegegevens voor de beide monsterpunten van na april 1976, inclusief gegevens voor het jaar 1977. Uit die gegevens bleek dat het aandeel van chloride in de totale zoutconcentratie van het oppervlaktewater afhankelijk was van het concentratieniveau. Om de gedachten te bepalen: bij een laag Cl-concentratieniveau (in de orde van 3.5 a 4.5 meq.l^{-1}) bestaat de totale zoutconcentratie voor ca 30 % uit chloride. Bij een hoog Cl-concentratieniveau (in de orde van 7.5 a 8.5 meq.l^{-1}) is dat toegenomen tot ca 40 %. Langs deze weg is het bestand aan gegevens betreffende de EC_{25} -waarden voor het oppervlaktewater aangevuld voor de eerste acht maanden van de balansperiode.

De beschreven bewerking van basisgegevens leidde uiteindelijk tot de zoutconcentratiegegevens voor het oppervlaktewater, nodig om de onttrekking van de zouthoeveelheden via berekening in de kas te kwantificeren.

2.3. RESULTATEN

De basisgegevens zijn in eerste instantie uitgewerkt tot water-, chloride- en zouthoeveelheden per week. Die zijn vervolgens gesommeerd tot totalen voor de balansperiode van één jaar. Resultaten van de eerste berekeningen, aangeduid als ongecorrigeerd, zijn opgenomen in Tabel 1.

De grootheden R, D en E zijn uitgedrukt in mm water. De verdamping E is berekend als het verschil van de uit de meetgegevens afgeleide R en D. De Cl-concentratie C_0 liep tijdens de periode van onderzoek uiteen van 3.5 meq.l^{-1} in het najaar van 1975 tot 8.5 meq.l^{-1} in juli 1976. Die hoge concentratie hield verband met de extreme droogte in het voorjaar en de zomer van 1976. Dientengevolge was de afvoer van de Rijn zeer laag en dit leidde in juli 1976 tot verzilting van de Hollandsche IJssel en daarmee van het via het Hoogheemraadschap van Rijnland ingelaten water. De Cl-concentratie C_0 van 5.8 meq.l^{-1} in de tabel is het gewogen gemiddelde voor de gehele balansperiode.

De ongecorrigeerde berekeningen van de chloride-onttrekking aan en de chloridelozing op het oppervlaktewater leidden uiteindelijk tot een netto of toegevoegde belasting van $-13.8 \text{ keq.ha}^{-1}$ (bijna -500 kg.ha^{-1}).

Tabel 1. Water-, chloride- en zoutbalansgegevens voor een glastuinbouwbedrijf voor de periode augustus 1975 t/m juli 1976

	Ongecorrigeerd	Gecorrigeerd
Watergift	1506	1506
Drainafvoer D (mm)	713	840
Verdamping E (mm)	793	666
Cl-concentratie C_0 (meq.l ⁻¹)	5,8	5,8
Cl-concentratie C_d (meq.l ⁻¹)	10,4	10,4
Onttrekking chloride (keq.ha ⁻¹)	87,4	87,4
Lozing chloride (keq.ha ⁻¹)	74,0	87,4
Netto of toegevoegde belasting chloride (keq.ha ⁻¹)	-13,4	+0,0
Zoutconcentratie C_0 (meq.l ⁻¹)	14,8	14,8
Zoutconcentratie C_d (meq.l ⁻¹)	36,2	36,2
Onttrekking zout (keq.ha ⁻¹)	222,7	222,7
Lozing zout (keq.ha ⁻¹)	258,1	304,1
Netto of toegevoegde belasting zout (keq.ha ⁻¹)	35,4	81,4

Met andere woorden: volgens de ongecorrigeerde berekeningen zou de onttrekking van chloride aan het oppervlaktewatersysteem groter zijn geweest dan de belasting daarop via het drainagewater. Dit is op zichzelf niet onmogelijk. Wel moet bedacht worden dat de onttrekking en belasting geen volledig beeld geven van de chloridebalans van het bedrijf. Zo is de toevoer via de organische mest en de afvoer via de gewasopname niet meegenomen. Voorts kan het rekenresultaat beïnvloed zijn door een verandering van de berging van chloride in het bodemprofiel en het ondiepe grondwater. Wat dat betreft was 1976 gezien de zojuist genoemde tijdelijk zeer hoge concentraties in het oppervlaktewater een minder gunstig jaar voor balansberekeningen. De toegevoegde belasting voor zout was wel positief en kwam uit op ca 35 keq.ha⁻¹. Extrapolatie naar het totale glasareaal van 4 000 ha binnen de grenzen van het Hoogheemraadschap zou leiden tot een totale bijdrage van de glastuin-

bouw van ca 140×10^3 keq. Dit zou neerkomen op ca 20 % van de door HAMAKER (1988c) berekende en in hoofdstuk 1 genoemde totale belasting van 675×10^3 keq per jaar vanuit het landelijk gebied.

2.4. RESULTATEN NA CORRECTIE

De eerdere opmerkingen met betrekking tot de chloridebalans alsmede de waterbalansgegevens waren aanleiding tot het uitvoeren van aanvullende berekeningen. De in die berekeningen gebruikte gegevens en de rekenresultaten daarvan zijn aangeduid als gecorrigeerd in Tabel 1. Een en ander wordt als volgt toegelicht.

De verdamping E van 793 mm per jaar volgens de ongecorrigeerde berekeningen was extreem hoog. Op grond van lysimeteronderzoek zou een verdamping van ten hoogste 700 mm meer in de lijn der verwachting liggen. De verdamping van 793 mm is berekend als restpost in de waterbalans, dat wil zeggen, als het verschil tussen de beregende hoeveelheid water en de drainafvoer. Een te hoge waarde voor E zou daarom een gevolg kunnen zijn van een te hoge gemeten berekening R in de kas of een te lage gemeten drainafvoer D. Een te lage waarde van D lag eerder voor de hand dan een te hoge waarde van R. Dit hing samen met de hoge grondwaterstand in de kas ten opzichte van de omgeving als gevolg van de dagelijks uitgevoerde berekening. Hierdoor zal gedeeltelijke wegstroming van het uit de wortelzone percolerende water naar het aan de kasomtrek grenzende open land en oppervlaktewater zijn opgetreden. De gemeten afvoer van drainagewater zou daardoor lager zijn dan de afvoer D in relatie (1).

De beschikbare gegevens boden geen mogelijkheid tot het bijstellen van de gemeten drainwaterafvoer. Daarom zijn correcties uitgevoerd op basis van de aanname van een sluitende chloridebalans. Dat wil zeggen: er is aangenomen dat op jaarbasis de onttrekking van chloride aan het oppervlaktewater gelijk was aan de chloridebelasting via het geloosde drainwater, dus $R \times C_o = D \times C_d$. De grootte D in relatie (1) kon dan berekend worden, uitgaande van $R = 1\ 506$ mm, $C_o = 5.8$ meq.l⁻¹ en $C_d = 10.4$ meq.l⁻¹. Dit resulteerde in $D = 840$ mm. De verdamping zou dan op 666 mm per jaar uitkomen en was daarmee meer in lijn met de verwachtingen.

De correcties op de water- en chloridebalans werken door in de zoutbalans. Volgens de gecorrigeerde berekeningen zou de netto of toegevoegde zoutbelasting uitkomen op ca 80 keq.ha^{-1} , dus meer dan twee keer zoveel als volgens de ongecorrigeerde berekeningen. Bij extrapolatie naar een glastuinbouwareaal van 4 000 ha zou dat een bijdrage van ca $325 \times 10^3 \text{ keq}$ geven tot de belasting S_a vanuit het landelijk gebied. Dat zou neerkomen op bijna 50 % van de in de inleiding genoemde totale belasting van $675 \times 10^3 \text{ keq}$ per jaar.

3. ONDERZOEK OP GLASTUINBOUWBEDRIJF MET TEELT IN STEENWOL

3.1. ALGEMENE GEGEVENS

Onderzoek met betrekking tot de water- en mineralenhuishouding bij teelten in steenwol heeft op verschillende glastuinbouwbedrijven plaatsgevonden. Hier blijft de aandacht beperkt tot een van die bedrijven. Het bedrijf wordt als volgt gekarakteriseerd:

- ligging bedrijf: in het Westland, omgeving de Lier;
- kasoppervlakte: 13 500 m²;
- beschouwde periode: januari - oktober 1985;
- gewas: tomaat, met tussenplanten in juni;
- watervoorziening: gebruik van regenwater met aanvullend gebruik van drinkwater indien nodig, toediening via druppelbevloeiing;
- teeltsysteem: vrije drainage, inhoudende dat het overtollige water vanuit de steenwolmat in de kasgrond terechtkomt en via het bodemprofiel, het ondiepe grondwater en het drainagesysteem van de kas wordt afgevoerd.

Glastuinbouwbedrijven met teelten in steenwol maken geen gebruik van oppervlaktewater voor de watervoorziening van de gewassen. Er hoeft dus geen onttrekking van chloride en zout aan het oppervlaktewater in rekening gebracht te worden. Dit betekent dat de netto of toegevoegde belasting van het oppervlaktewater zonder meer gelijk is aan de belasting samenhangend met de afvoer van het overtollige water uit de steenwol mat. In feite zou voor bepaling van de toegevoegde belasting dan ook volstaan kunnen worden met meting van de afvoer van drainagewater en van de daarin aanwezige zouten, zonder aandacht te besteden aan de verstrekking van water en zouten in de kas via het systeem van druppelbevloeiing. Dat aspect is echter in het onderzoek wel meegenomen en krijgt ook hier aandacht.

3.2. METINGEN

Bij teelten in steenwol is de grondoppervlakte in de kas enigszins geprofileerd tot ruggen en tussenliggende laagten. De geprofileerde oppervlakte

wordt geheel met folie bedekt. De rijen steenwol matten en de looppaden komen op de ruggen te liggen. Het overtollige water uit de matten komt in de laagten terecht. Het folie wordt daar geperforeerd zodat dat water met de daarin opgeloste stoffen uiteindelijk via de bodem en het drainagesysteem van de kas tot afvoer komt.

De meetopstelling in de kas is weergegeven in Fig. 2.

Ter plaatse van de meetopstelling werd het uit de matten stromende water van twee rijen planten in twee in de laagte gelegde kunststof goten geleid (Fig. 2A). Via de goten stroomde het water naar een verzamelvat (Fig. 2B) dat was voorzien van een hoog- en laagwaterbeveiliging door middel van elektroden. Wanneer het water in het vat tot aan het niveau van de hoogst afgestelde elektrode steeg werd de pomp in werking gesteld totdat het niveau tot dat van de laagst afgestelde elektrode was gedaald. De werking van de pomp werd continu geregistreerd. Uit die gegevens en aan de hand van de diameter van het opvangvat en de afstand tussen beide elektroden kon de weggepompte hoeveelheid water worden berekend.

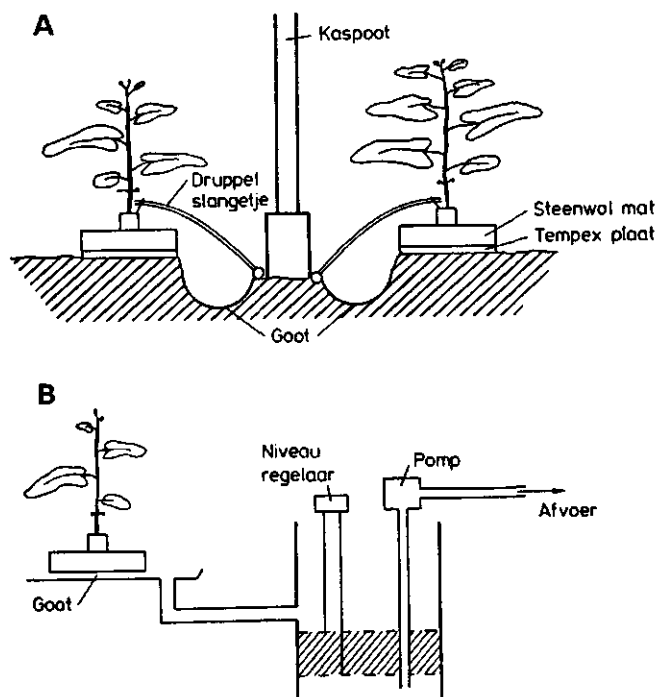


Fig. 2. Geschematiseerde weergave van opstelling voor opvang en meting van het drainagewater uit de steenwol mat

Een en ander is hier in meer detail beschreven om duidelijk te maken dat de meetgegevens in feite niet betrekking hadden op het drainagewater uit de kas maar op het uit de steenwol mat stromende overtollige water. Buiten de meetopstelling kwam dit overtollige water via het bodemprofiel en het ondiepe grondwater tot afvoer. In het bodemprofiel en het ondiepe grondwater kunnen processen van verschillende aard plaatsvinden waarbij de verhouding tussen de verschillende kat- en anionen verandert. Er is echter aangenomen dat de totale zoutconcentratie daarbij geen verandering van betekenis ondergaat.

Elke plant werd via druppelbevloeiing apart van water voorzien. Gegevens met betrekking tot het aantal druppelbeurten per dag en de tijdsduur van elke beurt werden via de tuinders verkregen, in de vorm van een computeruitdraai op dagbasis. Om de watergift per beurt te bepalen moest ook de waterafgifte door de druppelaars per eenheid van tijd bekend zijn. Om die te bepalen werden periodiek metingen uitgevoerd waarbij de hoeveelheid water bij een gegeven duur van druppelen met behulp van onder de druppelaars geplaatste flesjes werd gemeten.

Het druppelwater en het weggepompte water zijn proportioneel bemonsterd. De over een periode van een of twee weken verzamelde monsters werden op de volgende aspecten onderzocht:

- EC₂₀, pH, ortho-fosfaat;
- kationen: Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺;
- anionen: Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻.

Verder werden de afgenomen hoeveelheden drinkwater en het verbruik van kunstmeststoffen naar hoeveelheid en mestsoort genoteerd.

3.3. RESULTATEN

Gegevens met betrekking tot de per deelperiode via druppelbevloeiing verstrekte hoeveelheid water en met betrekking tot de hoeveelheid overtollig water en de samenstelling daarvan zijn opgenomen in Tabel 2.

De waterhoeveelheden zijn uitgedrukt in mm, de concentraties in meq.l⁻¹. Daarbij is aangenomen dat het ortho-fosfaat voorkomt als H₂PO₄⁻ zodat een concentratie van 1.0 meq.l⁻¹ overeenkomt met 31 mg.l⁻¹ aan P.

Tabel 2. Watergift aan het gewas, afvoer van overtollig water uit de steenwolmat en concentraties van daarin aanwezige kat- en anionen, per deelperiode, voor een glastuinbouwbedrijf met teelt van tomaat in steenwol

Einddatum periode	Water		EC ₂₀	Na	K	Ca	Mg	Cl	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	ortho-P
	gift	drain										
	mm	mm	mS.cm ⁻¹	meq.l ⁻¹			meq.l ⁻¹					
25/ 1/85	5,3	0,8	4,3	1,7	11,4	20,4	2,7	1,0	31,9	0,6	0,1	3,6
6/ 2/85	8,4	3,6	4,8	2,2	12,4	23,4	3,4	0,9	30,0	4,8	0,1	3,7
20/ 2/85	16,9	6,4	3,6	1,6	8,8	16,4	2,6	0,3	25,9	4,4	0,1	2,8
5/ 3/85	19,5	4,6	3,8	2,0	8,2	10,0	2,9	0,5	28,1	3,7	0,1	2,7
19/ 3/85	25,1	3,7	3,5	2,0	6,7	18,4	3,0	0,2	26,5	4,2	0,1	2,5
2/ 4/85	26,5	3,3	3,4	2,2	6,9	17,6	3,5	0,1	25,8	5,8	0,1	2,4
16/ 4/85	29,0	1,7	3,7	2,6	6,6	16,2	4,1	0,1	24,9	8,1	0,1	1,9
1/ 5/85	53,1	7,6	3,8	2,8	6,3	20,0	4,0	0,4	25,8	9,2	0,1	2,3
14/ 5/85	47,4	13,5	3,5	4,2	7,8	21,0	3,9	2,5	25,6	9,4	0,1	2,2
21/ 5/85	24,1	9,9	3,3	5,3	5,6	17,4	3,4	4,3	21,5	6,4	0,1	2,1
4/ 6/85	32,5	10,3	3,2	3,7	7,7	18,0	3,0	3,0	24,9	7,6	0,1	2,2
18/ 6/85	50,6	14,0	3,3	1,8	8,1	15,2	2,7	0,7	23,7	6,8	0,1	1,8
2/ 7/85	75,0	24,0	3,6	3,0	8,6	14,8	2,9	3,3	21,1	7,0	0,1	2,6
16/ 7/85	73,0	28,9	3,3	4,2	8,1	14,2	2,7	3,3	20,9	6,4	0,1	2,1
30/ 7/85	59,2	22,7	3,1	2,5	7,9	13,6	2,4	1,5	23,0	5,8	0,1	1,7
13/ 8/85	61,8	23,0	3,3	3,1	7,3	14,4	2,6	2,2	23,8	6,2	0,1	1,9
27/ 8/85	63,5	19,3	3,6	4,8	6,5	17,4	3,5	3,7	25,0	7,4	0,1	2,5
10/ 9/85	43,2	17,6	3,8	5,9	6,2	18,6	4,3	4,5	23,7	8,4	0,1	3,5
24/ 9/85	26,4	9,3	3,5	4,7	6,6	15,4	3,8	3,5	22,4	7,4	0,1	2,8
15/10/85	29,9	3,5	4,2	3,7	7,5	19,6	4,8	1,8	31,2	7,2	0,1	2,3
12/11/85	24,4	2,0	4,2	3,1	9,5	18,6	4,5	1,4	29,8	6,0	0,1	1,9

Uit die waterhoeveelheden en de corresponderende analysegegevens is de afvoer uit de steenwol mat voor de verschillende kat- en anionen berekend. Gegevens betreffende de totale watergift en de totale afvoer van water en zouten zijn opgenomen in Tabel 3.

Tabel 3. Totale watergift aan gewas en totale afvoer van overtollig water met daarin opgeloste kat- en anionen uit steenwol mat voor gehele teeltperiode, voor glastuinbouwbedrijf met teelt van tomaat in steenwol

Watergift aan gewas (mm)	795		
Waterafvoer uit mat (mm)	<u>230</u>		
Wateropname gewas (mm)	565		
Afvoer kationen (keq.ha ⁻¹)		Afvoer anionen (keq.ha ⁻¹)	
Na	8,3	Cl	5,8
K	17,4	NO ₃	54,9
Ca	37,7	SO ₄	15,7
Mg	14,6	HCO ₃	0,0
	—	H ₂ PO ₄	<u>5,4</u>
Totaal kationen	78,0	Totaal anionen	81,8

Totaal zout (keq.ha⁻¹, op basis specifieke geleiding) 88,0

De zouthoeveelheden zijn uitgedrukt in keq.ha⁻¹ per jaar. De belasting lag in de orde van 80 keq.ha⁻¹ per jaar. Er was goede overeenstemming tussen de hoeveelheden zout in termen van kat- en anionen. De belasting is eveneens berekend op basis van de gemeten EC-waarden van het drainagewater en kwam dan uit op 88 keq.ha⁻¹ per jaar, dus ca 10 % hoger.

Bij extrapolatie naar een glastuinbouwareaal van 4 000 ha zou een belasting van 80 keq.ha⁻¹ per jaar leiden tot een totale bijdrage van ca 320 x 10⁺³ keq per jaar. Dit zou neerkomen op een bijdrage van bijna 50 % tot de totale belasting van 675 x 10⁺³ keq.ha⁻¹ per jaar vanuit het landelijk gebied.

De wateropname door het gewas, berekend als het verschil tussen de watergift en de afvoer, kwam gerekend over de gehele teeltperiode uit op 565 mm. In dit verband wordt terug verwezen naar paragraaf 2.4. waar een wateropname door het gewas van 666 mm per jaar werd berekend, dus ca 100 mm meer dan hier gevonden. De verklaring moet gezocht worden in het extreme karakter van het jaar 1976 (jaar waarop onderzoek van hoofdstuk 2 betrekking had) en op het feit dat bij grondgebonden teelt ook evaporatie (verdamping vanaf het grondoppervlak) bijdraagt tot de totale verdamping.

4. ONDERZOEK GLASTUINBOUWGEBIED VAN POLDER NOORDLAND EN NIEUWLAND

4.1. BESCHRIJVING GEBIED EN WATERHUISHOUDING

De polder Noordland en Nieuwland, gelegen in het Westland tussen 's-Gravenzande en Hoek van Holland, is aangegeven op de kaart van Fig. 3. Fig. 4 is een geschematiseerde weergave. De glastuinbouw is geconcentreerd in de polder het Noordland en het westelijke gedeelte van de polder het Nieuwland (in het linker gedeelte van Fig. 4): dat is dan ook het gebied waar het drainagewater-afvoersysteem, genoemd in hoofdstuk 1, is aangelegd.

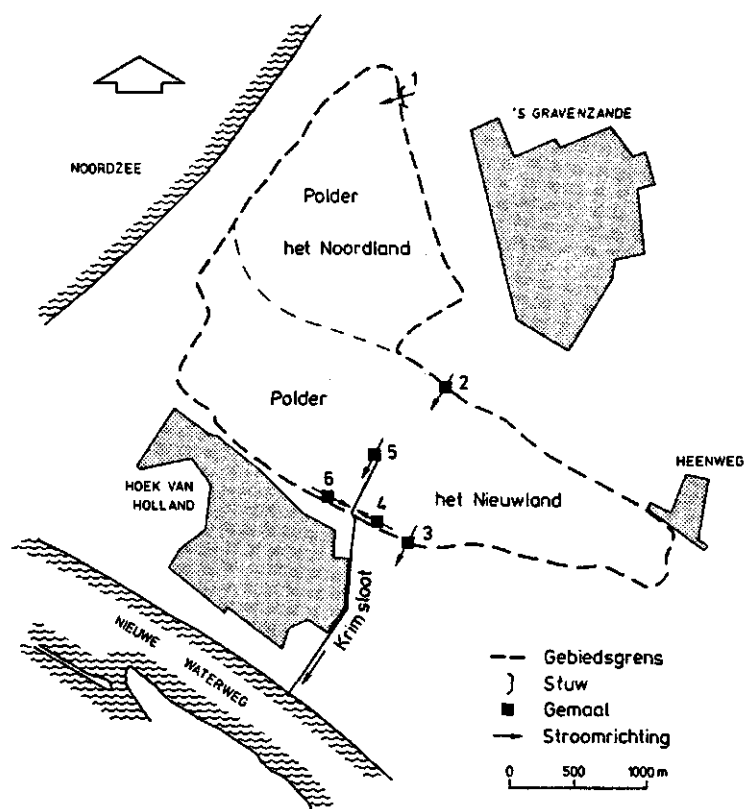


Fig. 3. Kaart van de polder Noordland en Nieuwland

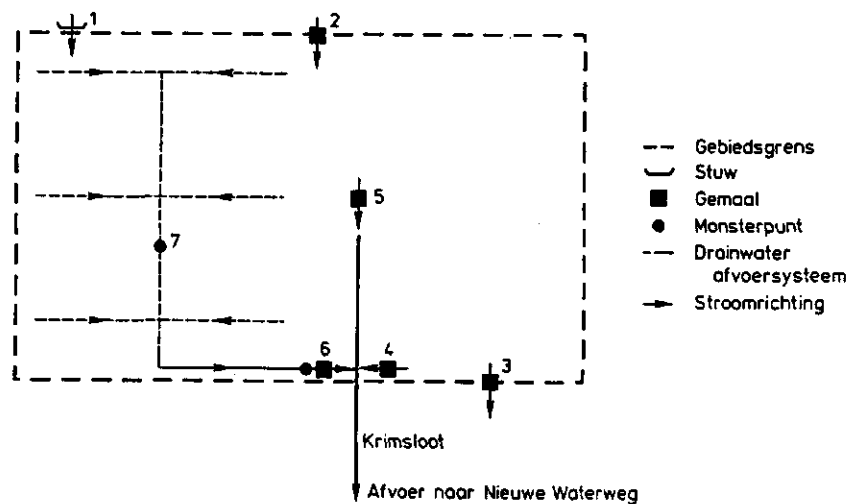


Fig. 4. Geschematiseerde weergave van de polder Noordland en Nieuwland met het gebied dat voorzien is van een systeem voor opvang en afvoer van drainagewater van de glastuinbouw

Onder verwijzing naar Fig. 3 en 4 wordt de waterhuishouding van het gebied nader toegelicht. Het is een opmalingspolder die vanuit Delflands boezem van water wordt voorzien, enerzijds via het aangrenzende gebied Waalblok (Fig. 3 en 4, punt 1) en anderzijds via een gemaal vanuit de Heen- en Geestvaart (punt 2). De afvoer van overtollig water vindt via een viertal gemalen plaats. Via het gemaal bij punt 3 wordt een aangrenzend gebied van water voorzien. De gemalen bij de punten 4, 5 en 6 lozen op de Krimslot die via een siphon afvoert naar de Nieuwe Waterweg. De gemalen bij de punten 4 en 5 voeren oppervlaktewater af. Het gemaal bij punt 6, bekend en verder aangeduid als gemaal 0, voert het drainagewater van het kassengebied af. Afvoer van oppervlaktewater uit het kassengebied vindt in principe niet via gemaal 0 plaats.

De totale oppervlakte die op het drainagewater-afvoersysteem is aangesloten is 172 ha waarvan 145 ha glas en 27 ha open grond. De aangesloten kassen en percelen open grond zijn voorzien van drainage-onderbemalingssystemen. Via de onderbemalingsputten wordt het verzamelde drainagewater in het afvoersysteem, vergelijkbaar met een rioleringsstelsel, gepompt. In Fig. 4 is aangegeven dat het drainagewater uiteindelijk via een open leiding langs de zuidgrens in oostelijke richting naar gemaal 0 wordt gevoerd. Die leiding

staat niet in directe verbinding met het oppervlaktewater van de polder als geheel. Alleen bij sterk verhoogde waterstand in perioden met veel neerslag kan door overstort bij vaste stuwtjes vermenging van het drainagewater van het kassengebied met oppervlaktewater plaatsvinden.

4.2. METINGEN

Vanaf september 1986 is het peil in de open afvoerleiding naar gemaal 0 door het Hoogheemraadschap continu geregistreerd. Hieruit kon het aan- en afslaan van het gemaal direct worden afgelezen. Ter controle zijn ook de draaiuren van dat gemaal regelmatig opgenomen. Het afgevoerde water is wekelijks drie keer bemonsterd, op maandag, woensdag en vrijdag. De drie monsters zijn samengevoegd om een gemiddeld monster op weekbasis te krijgen. Een tweede bemonstering vond plaats via een van de inspectieputten van het drainagewater-afvoersysteem, ter plaatse van punt 7 in Fig. 4. Langs dit punt wordt het drainagewater van ca 2/3 deel van de aangesloten oppervlakte van 172 ha afgevoerd.

In de watermonsters zijn de volgende bepalingen gedaan:

- EC₂₀, pH, ortho-fosfaat;
- kationen: Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺;
- anionen: Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Br⁻.

Het Hoogheemraadschap voert ook bemonsteringen van het oppervlaktewater in de polder uit. Het gaat hierbij onder meer om een tiental monsterpunten in het kassengebied. De meeste van die punten zijn maandelijks bemonsterd. De monsters zijn onderzocht op de EC₂₅-waarde en de Cl-concentratie. De uitwerking van de gegevens betreft de water-, de chloride- en de zout-huishouding. Een en ander heeft betrekking op een periode van 52 weken, lopend van week 39 in september 1986 tot en met week 38 in september 1987.

4.3. BEREKENING WATERHUISHOUDING

Gegevens met betrekking tot de neerslag, de afvoer door gemaal 0 en de analyse van de watermonsters zijn opgenomen in Tabel 4 en weergegeven in Fig. 5.

Tabel 4. Gegevens met betrekking tot de neerslag en het door gemaal 0 afgevoerde drainagewater van het glastuinbouwgebied in de polder Noordland en Nieuwland, in de periode van week 39 in 1986 t/m week 38 in 1987

Week- nr.	Neer- slag mm	Afvoer m ³	EC ₂₀ mS.cm ⁻¹	meq.l ⁻¹				meq.l ⁻¹				Ortho-P mg.l ⁻¹
				Na	K	Ca	Mg	Cl	NO ₃	SO ₄	HCO ₃	
39	0,0	37 128	2,41	6,3	1,9	14,0	5,1	6,1	4,6	14,1	4,7	2,93
40	0,1	36 624	1,84	4,7	1,2	8,9	4,2	4,5	3,7	7,5	3,2	1,70
41	1,3	36 144	2,39	7,2	1,7	14,4	6,1	6,1	4,8	13,6	4,9	2,40
42	0,2	33 390	2,26	5,7	1,4	11,9	4,6	5,9	3,8	12,0	5,3	2,33
43	83,7	30 888	1,90	5,7	0,9	10,0	3,6	5,9	3,1	8,8	5,8	1,52
44	29,1	33 840	1,80	5,5	0,9	9,3	3,4	6,1	2,4	8,0	5,5	1,47
45	7,8	24 048	1,16	4,1	0,6	7,7	2,2	3,9	1,2	8,3	2,5	0,99
46	8,0	22 032	1,98	7,5	1,3	11,3	3,8	7,0	2,1	8,3	5,2	1,54
47	56,6	40 751	1,26	5,3	0,8	7,8	2,7	6,0	1,5	6,9	3,1	1,36
48	17,2	29 160	1,68	6,9	0,8	8,1	3,0	6,4	1,4	4,7	5,3	1,50
49	5,9	19 152	1,99	8,2	1,3	10,5	3,8	7,8	1,6	7,2	7,1	3,20
50	1,8	16 200	1,91	7,2	1,1	9,8	3,7	7,2	2,0	7,5	6,9	1,54
51	41,7	32 760	1,98	8,6	0,9	9,6	3,8	8,4	2,0	6,9	6,8	1,38
52	26,0	31 680	1,82	6,5	0,8	8,7	3,3	6,8	1,7	6,6	6,6	1,41
1	45,0	40 720	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	15,7	36 464	1,96	8,1	0,9	8,8	3,5	8,5	1,9	5,9	7,6	1,18
3	0,0	13 824	2,01	7,7	0,9	9,0	3,6	7,4	1,4	6,8	8,1	1,34
4	2,3	15 336	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,8	16 920	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1,3	15 696	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	9,2	23 112	1,98	8,0	1,0	10,7	3,9	8,2	1,7	6,1	7,8	1,45
8	1,0	22 896	2,05	8,1	1,3	11,7	4,2	7,8	2,4	8,0	7,3	1,70
9	10,4	21 451	1,98	7,9	1,1	11,2	4,1	7,6	2,0	7,3	7,6	1,43
10	20,8	29 308	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	0,0	16 488	1,89	6,7	1,2	11,8	4,1	6,3	2,4	7,8	7,6	1,71
12	13,7	19 800	1,92	7,8	1,1	11,0	3,9	7,4	2,2	6,8	8,1	1,65
13	21,2	25 432	2,04	8,7	1,0	10,7	4,1	8,5	2,2	6,5	8,3	1,56
14	4,5	24 812	1,96	7,6	1,2	10,9	4,2	7,3	2,3	7,2	7,6	1,43
15	6,7	25 427	1,96	7,0	1,3	11,8	4,0	6,6	2,8	7,7	7,0	1,74
16	6,8	19 872	1,98	7,1	1,4	11,6	4,1	6,5	3,0	7,7	7,2	1,98
17	4,5	22 896	2,08	7,0	1,5	12,9	4,4	6,4	3,7	8,3	7,3	2,10
18	1,2	27 424	2,02	7,0	1,4	12,4	4,2	6,3	3,5	8,3	6,6	1,67
19	4,3	16 344	1,81	7,4	1,3	7,9	4,4	6,7	3,3	7,9	3,1	0,32
20	29,2	21 618	2,01	6,8	1,5	12,1	4,1	6,3	3,5	7,8	6,9	2,24
21	13,8	24 894	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	14,3	26 712	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	10,2	21 024	1,71	5,5	1,3	10,8	3,2	5,1	2,5	6,6	6,5	0,94
24	60,4	34 488	2,00	7,7	1,5	12,0	3,9	6,9	2,8	7,3	8,2	1,07
25	4,5	28 656	2,11	6,9	1,8	12,9	4,3	6,5	4,1	8,1	8,2	1,36
26	14,0	27 936	1,98	5,5	1,9	12,7	4,1	5,4	3,8	8,8	6,8	1,36
27	1,1	19 656	2,15	6,4	2,0	14,2	4,6	4,9	3,9	8,4	6,5	1,40
28	0,2	14 256	2,17	6,7	1,9	14,3	4,7	5,7	5,0	9,9	6,5	1,40
29	93,8	25 992	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	30,7	39 456	1,43	4,3	1,1	9,6	2,5	3,6	2,3	5,6	5,0	0,99
31	29,0	26 208	2,08	7,7	1,6	12,5	4,2	6,7	3,0	7,5	8,5	1,19
32	3,3	25 344	2,03	7,1	1,8	12,9	4,3	6,3	3,2	8,5	8,2	1,06
33	10,5	23 268	2,04	6,4	1,9	13,6	4,4	5,8	3,9	11,5	7,3	1,27
34	2,6	24 780	1,97	6,7	1,8	13,2	4,2	5,9	3,1	8,7	7,9	1,23
35	56,5	33 744	1,90	5,9	1,6	12,8	4,0	5,3	3,2	8,9	7,0	1,16
36	2,8	21 456	2,12	7,5	1,8	13,4	4,3	6,5	3,2	9,3	8,0	1,23
37	9,7	17 054	2,03	6,7	1,8	13,3	4,2	5,8	3,0	9,6	7,3	1,37
38	19,2	25 056	2,17	6,6	2,1	14,4	5,0	5,8	3,9	11,5	6,7	1,59

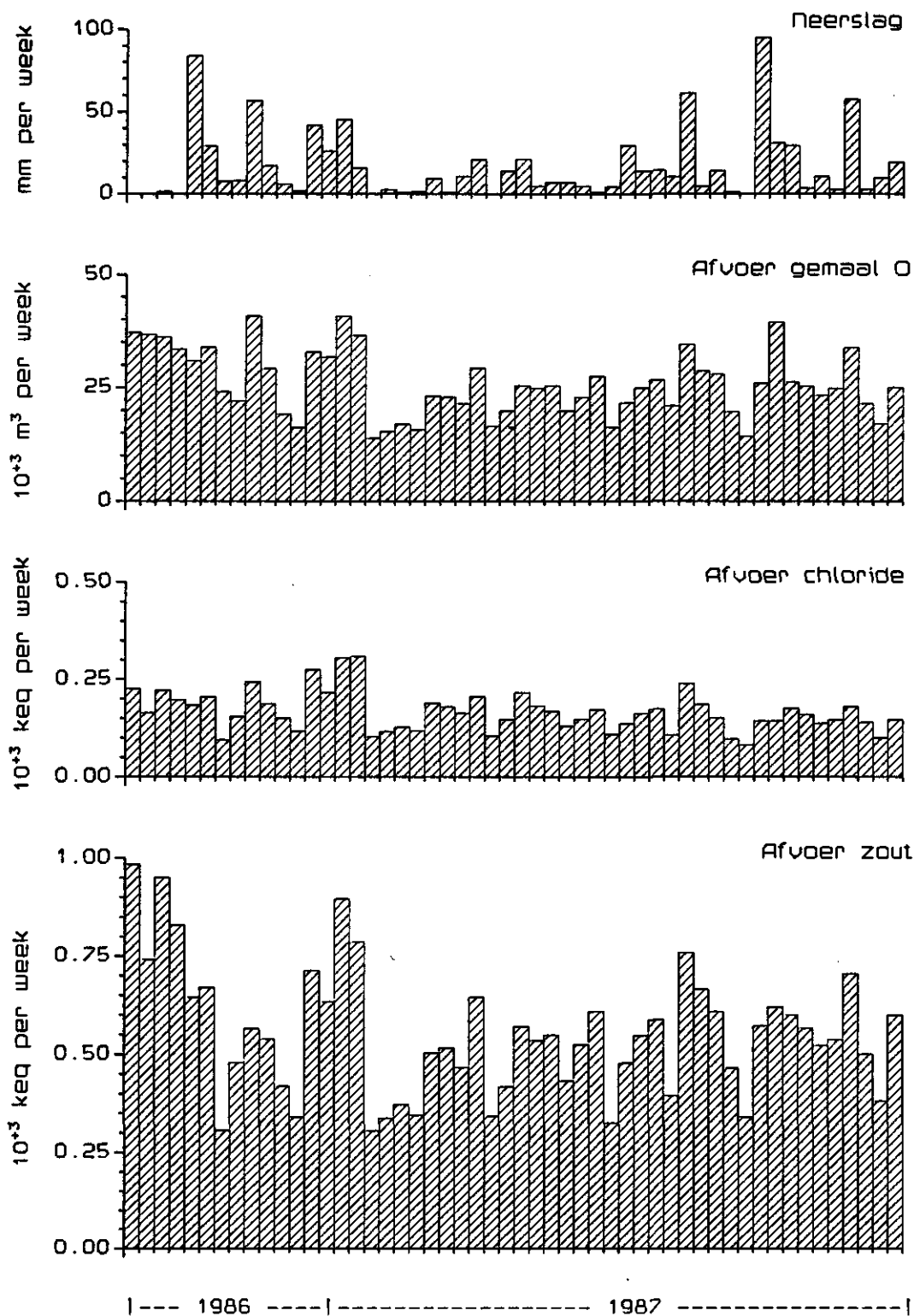


Fig. 5. Neerslag in de polder Noordland en Nieuwland en afvoer van drainage-
 water, chloride en zout via gemaal 0, per week, voor de periode
 vanaf week 39 in 1986 t/m week 38 in 1987

De totale afvoer kwam uit op 1 339 617 m³ voor de periode van 52 weken. Voor de aangesloten oppervlakte van 172 ha zou dat neerkomen op 779 mm per jaar. Een zo hoge afvoer kon onmogelijk aan alleen de afvoer van de overmaat berekening van de aangesloten glasoppervlakte van 145 ha plus de afvoer van het neerslagoverschot van de aangesloten oppervlakte open grond (27 ha) worden toegeschreven. Met andere woorden: er moeten andere posten tot de gemeten afvoer hebben bijgedragen. Een en ander bemoeilijkt de uitwerking van de gegevens gericht op kwantificering van de toegevoegde belasting vanuit het kassengebied.

De relevante bijdragen tot de gemeten afvoer zijn opgenomen in de volgende relatie:

$$Q_a^{172} = Q_i^{172} + Q_p^{145} + Q_p^{27} + Q_k + Q_o \quad (3)$$

waarin: Q_a^{172} = gemeten afvoer over aangesloten oppervlakte van 172 ha
 Q_i^{172} = bijdrage tot gemeten afvoer samenhangend met infiltratie vanuit oppervlaktewater
 Q_p^{145} = bijdrage tot gemeten afvoer samenhangend met overmaat berekening over aangesloten glasoppervlakte van 145 ha
 Q_p^{27} = bijdrage tot gemeten afvoer samenhangend met neerslagoverschot over aangesloten oppervlakte van 27 ha open grond
 Q_k = bijdrage tot gemeten afvoer samenhangend met kwel vanuit diepe grondwater
 Q_o = bijdrage tot gemeten afvoer samenhangend met overstort vanuit oppervlaktewater in de polder bij sterk verhoogde peilen onder extreem natte omstandigheden

De posten ter rechterzijde, met uitzondering van Q_p^{145} , zijn als volgt berekend of geschat.

Bijdrage Q_i^{172}

De afvoer Q_i^{172} heeft betrekking op de infiltratie van oppervlaktewater vanuit de langs de aangesloten kassen en percelen open grond lopende poldersloten. Die infiltratie hangt samen met de ligging van de drains beneden

polderpeil. De bijdrage hiervan tot de gemeten afvoer is geschat op basis van gegevens voor de periode van week 3 t/m week 6 in januari 1987.

Blijkens Tabel 4 en Fig. 5 was de neerslag toen minimaal zodat het redelijk is aan te nemen dat Q_p^{27} en Q_0 verwaarloosbaar klein waren. Bovendien blijft in die periode in januari ook de beregening in de kassen tot een minimum beperkt en dat geldt dan dus ook voor de afvoer van de overmaat beregening voor het kassengebied. Derhalve: $Q_p^{145} = 0$. Een en ander houdt in dat de gemeten afvoer in die periode, in de orde van 14 000 tot 17 000 m^3 per week (Tabel 4), vrijwel geheel aan infiltratie vanuit het oppervlaktewater zou moeten worden toegeschreven. Aannemende dat er gedurende de gehele balansperiode een infiltratie van 15 000 m^3 per week is opgetreden wordt dan $Q_i^{172} = 780\ 000\ m^3$ per jaar berekend. Dit zou neerkomen op ca 58 % van de totale gemeten afvoer Q_a^{172} .

Bijdrage Q_p^{27}

De bijdrage Q_p^{27} van de aangesloten oppervlakte open grond is geschat op basis van een aangenomen neerslagoverschot van 300 mm per jaar. Voor de oppervlakte van 27 ha geeft dat een afvoer $Q_p^{27} = 81\ 000\ m^3$ per jaar.

Bijdrage Q_k

Uit eerder onderzoek met betrekking tot de water- en zouthuishouding van Delfland (WERK GROEP MIDDEN WEST-NEDERLAND, 1976) is gebleken dat de polder Noordland en Nieuwland in een kwelgebied ligt, met een kwel in de klasse van 0.00 tot 0.25 $mm.d^{-1}$. Uitgaande van een gemiddelde van 0.1 $mm.d^{-1}$ over een oppervlakte van 172 ha wordt dan berekend $Q_k = 63\ 000\ m^3$ per jaar.

Bijdrage Q_0

Wanneer in extreem natte perioden overstort vanuit het oppervlaktewaterstelsel in de polder naar de afvoersloot voor het drainagewater langs de zuidgrens van het gebied zou plaatsvinden, dan mag worden verwacht dat dat tot uiting zou komen bij vergelijking van de analysegegevens voor de watermonsters die op de punten 6 en 7 zijn verzameld. Immers, overstort van polderwater zou leiden tot een verdunning van het water dat door hetemaal 0

wordt afgevoerd ten opzichte van het via de inspectieput bij punt 7 bemonsterde drainagewater.

Bij vergelijking van de analysegegevens bleek dat de gemiddelde EC_{20} -waarde voor punt 6 uitkwam op 1.95 mS.cm^{-1} en voor punt 7 op 1.94 mS.cm^{-1} . Hieruit is geconcludeerd dat vermenging met oppervlaktewater geen rol van betekenis speelde zodat Q_o verder gevoeglijk buiten beschouwing kon blijven.

Bijdrage Q_p^{172}

De resultaten van bovenstaande berekeningen en schattingen zijn samengevat in het volgende overzicht:

- $Q_a^{172} = 1\,340\,000 \text{ m}^3$ (gemeten afvoer via gemaal 0)
 - $Q_1^{172} = 780\,000 \text{ m}^3$ (52 weken, $15\,000 \text{ m}^3$ per week)
 - $Q_p^{27} = 81\,000 \text{ m}^3$ (27 ha, neerslagoverschot van 300 mm per jaar)
 - $Q_k = 63\,000 \text{ m}^3$ (172 ha, kwel van 0.1 mm.d^{-1})
 - $Q_o = 0 \text{ m}^3$ (verwaarloosbaar)
 - $Q_p^{145} = 416\,000 \text{ m}^3$ (berekend als restpost)
-
- totaal $1\,340\,000 \text{ m}^3$

De als restpost berekende overmaat berekening voor het kassengebied Q_p^{145} heeft betrekking op een oppervlakte van 145 ha. Dit zou neerkomen op een gemiddelde in de orde van 300 mm per jaar.

4.4. BEREKENING CHLORIDEHUISHOUDING

De totale afvoer van chloride door gemaal 0, berekend op basis van de gegevens in Tabel 4, kwam uit op 8 610 keq per jaar. Daarbij is een schatting gemaakt voor de in de tabel ontbrekende concentratiegegevens.

Overeenkomstig relatie (3) voor de afvoer van water is de volgende relatie van toepassing op de chloride-afvoer:

$$Q_a^{172} \cdot C_a^{172} = Q_1^{172} \cdot C_{opp} + Q_p^{145} \cdot C_p^{145} + Q_p^{27} \cdot C_p^{27} + Q_k \cdot C_k \quad (4)$$

waarin: C_a^{172} = gemeten concentratie in afvoer van gemaal 0
 C_{opp} = concentratie oppervlaktewater
 C_p^{145} = concentratie van percolaat vanuit wortelzone samenhangend met overmaat berekening over aangesloten glasoppervlakte van 145 ha
 C_p^{27} = concentratie van percolaat vanuit wortelzone samenhangend met neerslagoverschot over aangesloten oppervlakte van 27 ha open grond
 C_k = concentratie van kwel

Bij de uitwerking is uitgegaan van de veronderstelling dat de toegevoegde belasting voor chloride geen rol speelde voor de glasoppervlakte waar oppervlaktewater voor de watervoorziening is gebruikt. Aan die aanname liggen dezelfde overwegingen ten grondslag als eerder geformuleerd in paragraaf 2.4, namelijk het gebruik van chloride-arme meststoffen. De bijdrage van de kwel is als restpost beschouwd. De aandacht richt zich nu op de eerste drie posten ter rechter zijde van relatie (4).

Bijdrage $Q_1^{172} \cdot C_{opp}$

Deze afvoerpost is berekend op basis van $Q_1 = 780\ 000\ m^3$ en de Cl-concentratie, gemiddeld over alle oppervlaktewatermonsters die door het Hoogheemraadschap in het kassengebied van de polder zijn verzameld tijdens de balansperiode van een jaar. Dit resulteerde in $C_{opp} = 3.5\ meq.l^{-1}$ zodat $Q_1 \cdot C_{opp} = 2\ 722\ keq$ per jaar.

Bijdrage $Q_p^{27} \cdot C_p^{27}$

Er is aangenomen dat de gemiddelde Cl-concentratie van het afgevoerde neerslagoverschot uit de aangesloten oppervlakte open grond in de orde van $3.0\ meq.l^{-1}$ lag. Voor de bijdrage tot de gemeten afvoer gaf dit $Q_p^{27} \cdot C_p^{27} = 243\ keq$ per jaar.

Bijdrage $Q_p^{145} \cdot C_p^{145}$

Wat de bijdrage van het kassengebied betreft is onderscheid gemaakt tussen

de oppervlakte van 114 ha met grondgebonden teelten en gebruik van oppervlaktewater en de oppervlakte van 31 ha met gebruik van regen- en drinkwater:

$$Q_p^{145} \cdot C_p^{145} = Q_p^{114} \cdot C_p^{114} + Q_p^{31} \cdot C_p^{31}$$

Als wordt aangenomen dat de toegevoegde chloridebelasting voor de kasoppervlakte met gebruik van oppervlaktewater verwaarloosbaar was, dan moet de bijdrage $Q_p^{114} \cdot C_p^{114}$ gelijk zijn aan de met het beregende oppervlaktewater aan het oppervlaktewatersysteem onttrokken hoeveelheid chloride. Uitgaande van een verdamping van 500 mm per jaar, van een overmaat berekening van 300 mm (als eerder schattenderwijs berekend voor de waterbalans) en van een Cl-concentratie van 3.5 meq.l^{-1} volgt dan: $Q_p^{114} \cdot C_p^{114} = 3\ 183 \text{ keq per jaar}$. Voor de 31 ha met gebruik van regenwater en drinkwater is eveneens uitgegaan van een waterverbruik van 800 mm (500 mm verdamping plus 300 mm overmaat berekening). Bij een veronderstelde Cl-concentratie van 1.0 meq.l^{-1} resulteert dat in $Q_p^{31} \cdot C_p^{31} = 248 \text{ keq per jaar}$. In feite zou deze bijdrage moeten worden berekend op basis van het regenwater-en drinkwatergebruik en de daarbij behorende Cl-concentraties. Practisch gezien is dat niet nodig omdat blijkt dat de bijdrage hoe dan ook van weinig betekenis is.

Bijdrage $Q_k \cdot C_k$

De resultaten van bovenstaande berekeningen en schattingen zijn samengevat in het volgende overzicht:

- $Q_a^{172} \cdot C_a^{172}$	= 8 610 keq (gemeten afvoer via gemaal 0)
- $Q_i^{172} \cdot C_{opp}$	= 2 722 keq
- $Q_p^{114} \cdot C_p^{114}$	= 3 183 keq
- $Q_p^{31} \cdot C_p^{31}$	= 248 keq
- $Q_p^{27} \cdot C_p^{27}$	= 243 keq
- $Q_k \cdot C_k$	= 2 214 keq (berekend als restpost)
- totaal	<u>8 610 keq</u>

De als restpost berekende bijdrage $Q_k \cdot C_k$ van de kwel heeft betrekking op een kwelafvoer van $63\ 000\ \text{m}^3$ per jaar ($0.1\ \text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ over een oppervlakte van $172\ \text{ha}$, zie paragraaf 4.3).

4.5. BEREKENING ZOUTHUISHOUDING

De totale zoutafvoer $Q_a^{172} \cdot C_a^{172}$ door gemaal 0, berekend op basis van de gegevens in Tabel 4, kwam uit op $28\ 747\ \text{keq}$ per jaar. Ook voor zout is relatie (4) van toepassing. In dit geval wordt de bijdrage $Q_p^{145} \cdot C_p^{145}$ als restpost opgevat en berekend.

Bijdrage $Q_i^{172} \cdot C_{\text{opp}}$

Deze afvoerpost is berekend op basis van $Q_i = 780\ 000\ \text{m}^3$ en de gemeten EC_{25} -waarden, gemiddeld over alle oppervlaktewatermonsters die door het Hoogheemraadschap in het kassengebied van de polder zijn verzameld tijdens de balansperiode van een jaar. Dit resulteerde in $\text{EC}_{25} = 1.07\ \text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, dus $C_{\text{opp}} = 10.7\ \text{meq} \cdot \text{l}^{-1}$. Hieruit volgt dan $Q_i \cdot C_{\text{opp}} = 8\ 346\ \text{keq}$ per jaar.

Bijdrage $Q_p^{27} \cdot C_p^{27}$

Er is aangenomen dat de gemiddelde zoutconcentratie van het afgevoerde neerslagoverschot uit de aangesloten oppervlakte open grond in de orde van $10.0\ \text{meq} \cdot \text{l}^{-1}$ lag. Voor de bijdrage tot de gemeten afvoer gaf dit $Q_p^{27} \cdot C_p^{27} = 810\ \text{keq}$ per jaar.

Bijdrage $Q_k \cdot C_k$

Om de bijdrage $Q_k \cdot C_k$ te berekenen is aangenomen dat de zoute kwel voor $85\ \%$ uit NaCl bestaat. Bij een bijdrage $Q_k \cdot C_k = 2\ 214\ \text{keq}$ voor chloride volgt dan $Q_k \cdot C_k = 2\ 605\ \text{keq}$ per jaar voor zout.

Bijdrage $Q_p^{145} \cdot C_p^{145}$

De resultaten van bovenstaande berekeningen en schattingen zijn samengevat

in het volgende overzicht:

- $Q_a^{172} \cdot C_a^{172}$	= 28 747 keq (gemeten afvoer via gemaal 0)
- $Q_i^{172} \cdot C_{opp}$	= 8 346 keq
- $Q_p^{27} \cdot C_{p27}$	= 810 keq
- $Q_k \cdot C_k$	= 2 605 keq
- $Q_{p145} \cdot C_p^{145}$	= 16 986 keq (berekend als restpost)
- totaal	<u>28 747 keq</u>

De als restpost berekende bijdrage $Q_p^{145} \cdot C_p^{145}$ betreft de zoutbelasting die via de overmaat berekening vanuit de totale kasoppervlakte van 145 ha tot afvoer komt. Om de toegevoegde belasting te berekenen moet daar de bijdrage van het beregende oppervlaktewater vanafgetrokken worden. Die bijdrage is berekend op basis van een oppervlakte van 114 ha (zijnde de oppervlakte glastuinbouw met gebruik van oppervlaktewater) en een berekening van 800 mm per jaar met een gemiddelde zoutconcentratie van 10.7 meq.l^{-1} . Dit resulteert in een bijdrage van 9 758 keq zout. De uiteidelijke toegevoegde zoutbelasting voor de 145 ha glastuinbouw komt dan uit op 7 228 keq ($16\,986 - 9\,758$) oftewel ca 50 keq.ha^{-1} per jaar.

5. SAMENVATTING RESULTATEN

De resultaten van de berekeningen in de voorgaande drie hoofdstukken zijn samengebracht in Tabel 5.

Tabel 5. Samenvatting resultaten berekeningen netto of toegevoegde belasting door de glastuinbouw

	Bedrijf met teelt in grond	Bedrijf met teelt in steenwol	Gebied van polder N. en N.
Belasting oppervlaktewater	304	80	117
Onttrekking aan oppervl.water	223	0	67
Netto of toegevoegde belasting	81	80	50

De volgende kanttekeningen zijn deels ook al eerder gemaakt. De resultaten voor het bedrijf met tomaat in steenwol zijn het meest betrouwbaar. De berekende belasting van 80 keq. ha^{-1} per jaar was geheel op meetgegevens gebaseerd, zonder de noodzaak van aanvullende aannamen en/of correcties. Een beperking is wel dat het de belasting van de kasgrond door het uit de steenwol mat stromende water betreft en niet de belasting van het oppervlaktewater via de lozing van het drainagewater van de kas. Naar wordt aangenomen verandert de verhouding tussen de verschillende ionen bij de stroming van het water via het bodemprofiel en het ondiepe grondwater. De concentraties aan ortho-fosfaat en nitraat in het drainagewater zullen lager zijn dan de concentraties in het uit de mat stromende water als gevolg van respectievelijk vastlegging en denitrificatie, de concentraties aan bicarbonaat in het drainagewater zullen daarentegen hoger zijn. Het ligt echter in de lijn der verwachting dat een en ander geen invloed van betekenis heeft op de belasting van het oppervlaktewater in termen van de totale hoeveelheid zout.

De berekeningen voor het bedrijf met teelten van tomaat en komkommer in de grond vereisten verschillende aannamen om de toegevoegde belasting te kwan-

tificeren. Die aannamen blijken van grote invloed te zijn op het eindresultaat: de in eerste instantie berekende belasting kwam uit op 35 keq. ha^{-1} per jaar, de belasting na correctie op 81 keq. ha^{-1} per jaar, dus op meer dan het dubbele. Een opvallend aspect was dat ook na correctie de toegevoegde belasting van ca 81 keq. ha^{-1} per jaar slechts 27 % uitmaakte van de totale belasting van 304 keq. ha^{-1} per jaar. Dit hing samen met het hoge totale waterverbruik op dit bedrijf en met de hoge zoutconcentraties in het gebruikte oppervlaktewater in het extreme jaar 1976. Het is dan ook aannemelijk dat de berekende toegevoegde belasting op het desbetreffende bedrijf hoger was dan de gemiddelde toegevoegde belasting voor de glastuinbouw met grondgebonden teelten als geheel. Bovendien ging het om de teelt van het gewas tomaat. Bij dit gewas ligt het verbruik en daarmee de uitspoeling van meststoffen op een naar verhouding hoog niveau.

De bewerking van de gegevens voor de polder Noordland en Nieuwland vereiste een reeks van aanvullende aannamen om tot een eindresultaat te komen. Die aannamen zijn gedaan op basis van bestaande kennis en ervaring. Dit neemt niet weg dat het eindresultaat hierdoor minder 'hard' is. Daar staat tegenover dat het in dit geval ging om een totale glasoppervlakte van bijna 150 ha, dus om een gebied dat als redelijk representatief beschouwd mag worden voor de totale glasoppervlakte van 4 000 ha binnen de grenzen van het Hoogheemraadschap. De als restpost berekende toegevoegde belasting maakte in dit geval ca eenderde deel uit van de totale gemeten zoutafvoer via het drainagesysteem.

Uiteindelijk is geconcludeerd dat de gemiddelde netto of toegevoegde belasting voor de glastuinbouw in Delfland zal liggen in de orde van 50 à 60 keq. ha^{-1} per jaar. Voor het totale glasareaal van 4 000 ha komt dat neer op $200 \text{ à } 240 \times 10^3 \text{ keq}$ per jaar. Dit is dan 30 à 35 % van de totale zoutbelasting S_a vanuit het landelijk gebied.

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In een voorgaande nota (HAMAKER, 1988c) is een zoutbalans opgesteld over de periode 1982 t/m 1986 voor het gebied van het Hoogheemraadschap van Delfland. De belasting vanuit het landelijk gebied werd daarbij als restpost berekend. In de voorliggende nota wordt ingegaan op de vraag welk deel van die belasting aan de glastuinbouw moet worden toegeschreven.

Er is getracht die vraag te beantwoorden aan de hand van een bewerking van beschikbare gegevens over de water- en zouthuishouding van een tweetal glastuinbouwbedrijven en van een glastuinbouwgebied met een totale glasoppervlakte van ca 150 ha. De gegevens voor de twee bedrijven werden verkregen bij onderzoek uitgevoerd respectievelijk in de periode 1975-1976 (bedrijf met grondgebonden teelt van tomaat als hoofdteelt en komkommer als herfstteelt en in 1985 (bedrijf met teelt van tomaat in steenwol). De gegevens voor het glastuinbouwgebied, gelegen in de polder Noordland en Nieuwland (in het Westland, tussen Hoek van Holland en 's-Gravenzande, zie Fig. 3) zijn verzameld in de periode 1986-1987. Het ging om een gebied waar in de direct aan het onderzoek voorafgaande periode een afvoersysteem voor het drainagewater van de kassen was aangelegd.

Het eigenlijke onderzoek betrof in alle gevallen de meting van de waterverstrekking, van de afvoer van overtollig water en bepaling van de concentraties van de relevante kat- en anionen (natrium, kalium, calcium, magnesium, chloride, sulfaat, nitraat, bicarbonaat, orthofosfaat) en/of meting van de specifieke geleiding.

De bewerking van de gegevens was gericht op het kwantificeren van de netto of toegevoegde belasting van het oppervlaktewater. Met die toegevoegde belasting wordt hier bedoeld: de belasting van het oppervlaktewater met zouten door de lozing van drainagewater, verminderd met de onttrekking van zouten aan het oppervlaktewater-systeem via het gebruik van het oppervlaktewater voor de watervoorziening van de gewassen.

De bewerking van de gegevens verliep niet zonder problemen. Dit hing samen met de hydrologische situatie ter plaatse van de proefobjecten. Er waren duidelijke aanwijzingen dat op het bedrijf met de teelt van tomaat en komkommer in de grond wegzijging naar de omgeving plaatsvond. Dientengevolge was correctie van de gemeten afvoer van drainagewater noodzakelijk omdat anders de toegevoegde belasting zou zijn onderschat. In de polder Noordland

en Nieuwland waren de kassen voorzien van drainage-onderbemalingssystemen vanwege de ligging van de drains beneden het polderpeil. De gemeten afvoer werd dan ook sterk beïnvloed door inzijging vanuit de langs de kassen lopende poldersloten. Ook hier was correctie nodig, in dit geval omdat de toegevoegde belasting anders zou zijn overschat.

Op het bedrijf met de teelt van tomaat in steenwol werd geen oppervlaktewater maar uitsluitend regenwater en drinkwater gebruikt. Het was dan ook niet nodig een onttrekking van zouten aan het oppervlaktewatersysteem in rekening te brengen. De berekening van de toegevoegde belasting was in dit geval gebaseerd op de gemeten afvoer van overtollig water uit de steenwol mat.

Afhankelijk van de situatie waren verschillende aanvullende aannamen noodzakelijk om voor genoemde storende invloeden te corrigeren. Een en ander had tot gevolg dat het eindresultaat eerder gezien moet worden als een redelijke schatting van de orde van grootte van de toegevoegde belasting dan als een betrouwbaar resultaat van een exacte berekening.

De na correctie berekende toegevoegde belasting, uitgedrukt in kilo-equivalenten zout, resulteerde in de volgende gegevens op jaarbasis:

- bedrijf met de teelt in de grond (tomaat en komkommer): 80 keq.ha⁻¹;
- bedrijf met de teelt in steenwol (tomaat): 80 keq.ha⁻¹;
- glastuinbouwgebied polder Noordland en Nieuwland: 50 keq.ha⁻¹.

In het algemeen kan worden gesteld dat het meststoffenverbruik bij de teelt van tomaat op een verhoudingsgewijs hoog niveau ligt. Ook geldt dat het meststoffenverbruik bij teelten in steenwol hoger is dan het gemiddelde verbruik voor de glastuinbouw als geheel. De gegevens voor de twee bedrijven mogen om die reden dan ook niet als representatief beschouwd worden voor de 4 000 ha glastuinbouw binnen de grenzen van het Hoogheemraadschap. Wat dat betreft zouden de gegevens voor het glastuinbouwgebied van 150 ha een beter beeld moeten geven. Daarbij speelt echter het probleem dat de noodzakelijke aannamen bij de bewerking van de gegevens tot gevolg hadden dat het eindresultaat minder 'hard' is.

Alles overwegende is geconcludeerd dat de toegevoegde belasting voor de glastuinbouw als geheel in de orde van 50 tot 60 keq.ha⁻¹ per jaar zal liggen. Dit zou voor Delfland resulteren in een bijdrage van 200 tot 240 keq per jaar. De totale belasting vanuit het landelijk gebied is becijferd op ca 675 keq per jaar (HAMAKER, 1988c). Een en ander zou erop neerkomen dat de glastuinbouw, ca 20 % van de oppervlakte van het landelijk gebied uitmakend, voor 30 à 35 % bijdraagt in de totale zoutbelasting.

LITERATUUR

HAMAKER, Ph., 1988a. Kwaliteit oppervlaktewater binnen Delfland als gietwaterbron voor de glastuinbouw in de periode 1982 t/m 1986. ICW-nota 1915

HAMAKER, Ph., 1988c. Evaluatie van de water-, chloride-, zout- en bromide-balans voor het gebied van het Hoogheemraadschap van Delfland. ICW-nota 1948

HAMAKER, Ph. en J. VAN BEUSEKOM, 1977. Onderzoek naar de water- en mineralenhuishouding op een glastuinbouwbedrijf. ICW-nota 981.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook 60, United States Department of Agriculture.

WERKGROEP MIDDEN WEST-NEDERLAND, 1976. Hydrologie en Waterkwaliteit van Midden West-Nederland. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Regionale Studies 9.