

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Naaldwijk
Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636700, fax 0174-636835

WATER-, STIKSTOF- EN NATRIUMBALANS

Toepassing van een rekenmodel op geregistreeerde bedrijfsgegevens,

periode 1996 - 1999

W. Voogt
Naaldwijk, 20/11/2000

2204718

INHOUD

1.	INLEIDING	4
2.	DOEL	5
3.	BESCHRIJVING REKENMODEL	6
	3.1 WATERBALANS	6
	3.2 DE STIKSTOF- EN NATRIUMBALANS	6
	3.3 BEREKENING WATER- STIKSTOF- EN NATRIUMBALANS	8
4.	RESULTATEN	12
	4.1 WATERBALANS	12
	4.2 STIKSTOFBALANS	12
	4.3 NATRIUMBALANS	12
5.	ALTERNATIEVEN	14
6.	CONCLUSIES	15
7.	LITERATUUR	16
	BIJLAGEN	1-7

1. INLEIDING

Bij teelten in kasgrond is in het Lozingenbesluit WVO-glastuinbouw de verplichting opgenomen tot het aanleggen van een voorziening voor hemelwateropvang van $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. (Anonymus, 1996). Het rendement voor bedrijven en milieu van een dergelijke voorziening wordt echter in een aantal gevallen sterk betwijfeld. Hiermee wordt bedoeld dat de jaarkosten van de investering niet opwegen tegen de door de maatregel te verwachten eventuele verlaging van de N- en P- emissie van bedrijven. Deze maatregel zou derhalve niet bijdragen aan het behalen van het doel van de wetgever, namelijk verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater. Milieuadviesbureaus, begeleiden een aantal telers om ontheffing van deze verplichting te krijgen.

In opdracht van milieuadviesbureau Aqua-Terra nova, samen met WLTO, is door het PBG een project gestart waarbij een model is ontwikkeld op basis van bestaande expertise op hewubbent gebied van water- en nutriëntenstromen. Met dit model en geregistreerde gegevens van bedrijven over een aantal jaren, kan de bedrijfsvoering omtrent watergeven en bemesten per bedrijf worden doorgelicht. Voor het opstellen van het model zijn een aantal aannames nodig, welke in hoofdstuk 3 beschreven worden.

Verwerking van de gegevens met dit model zal plaatsvinden ten behoeve van een 40-tal bedrijven. De gegevens van deze bedrijven worden ook gebruikt om het effect van de verschillende soorten gietwater op de balans door te rekenen. De resultaten kunnen worden gebruikt om het milieurendement te schatten. In dit rapport wordt de werkwijze van het model beschreven en bevat de resultaten van en conclusies van één van de deelnemende bedrijven.

2. DOEL

Door toepassing van een daartoe ontwikkeld rekenmodel opstellen van een water-, stikstof- en natriumbalans van bedrijven van de jaren 1996 t/m 1999. Er wordt gebruik gemaakt van geregistreerde gegevens van bedrijven. De bedrijfsvoering ten aanzien van de strategie van watergeven en bemesting kan worden doorgelicht, inzicht kan worden verkregen in emissiestromen van de bedrijven en alternatieven voor gietwater worden doorgerekend op hun effect op emissiestromen en Na ophoping.

3. BESCHRIJVING REKENMODEL

Hieronder volgt een globale beschrijving van de berekeningswijzen van het model. Voor een meer gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar Voogt and Bloemhard, 1995 en Voogt and Korsten, 1996.

3.1 WATERBALANS

Uitgangspunt bij het model is een gesloten waterbalans over een periode van telkens een kalenderjaar. De beschouwde posten staan schematisch weergegeven in figuur 1. Als grens voor de onderzijde van het systeem wordt het grondwater aangehouden. Voor de overige grenzen gelden de kas en in de bodem de lijn loodrecht vanaf de kasvoet tot aan het grondwater. Voor de waterbalans worden de posten gietwater (G) en drainagewater (D) over genomen uit de geregistreeerde gegevens. De verdamping (T) wordt berekend uit de opgegeven teeltplannen en via de verdampingsrelaties, (de Graaf and van den Ende, 1981 en de Graaf, 1999). Hierbij worden de stralingscijfers, gemeten op het PBG, gebruikt. De stookinvloed wordt berekend uit geregistreeerde klimaatgegevens, of indien deze ontbreken, geschat uit datasets voor de stookinvloed bij diverse stookregimes (Mostert, 1993)). De potentiële verdamping wordt gecorrigeerd voor de lichtdoorlatendheid van het kasdek van het betreffende bedrijf. Het effect van eventueel aanwezig assimilatiebelichting wordt berekend aan de hand van het vermogen en branduren. De aanname is dat er op langere termijn (jaar) geen verschillen zijn in vochtberging in het bodemprofiel. Deze aanname berust op de veronderstelling dat vanwege de continue teelt de grond constant op veldcapaciteit is, of daar niet relevant van afwijkt en dat de grondwaterstand vanwege drainagesystemen met onderbemaling min of meer constant is. Deze aanname betekent dat verschillen tussen (G-T) en (D) moeten worden toegeschreven aan ofwel inzijging of kwelstromen (I), ofwel wegzijging (W) (zie verder onder berekening). Bij tekorten aan berekening t.o.v. de verdamping is aannemelijk dat per saldo geen neerwaartse, maar opwaartse waterbeweging in het bodemprofiel moet worden verondersteld, weergegeven als capillaire aanvoer (C). In het geval van het doorrekenen van alternatieven, hemelwateropvang en kwaliteit (EC-waarde en Na concentratie) van hemelwater, wordt gebruik gemaakt van de geregistreeerde neerslag op het PBG in de periode 1996 t/m 1999, hierbij zijn zowel droge jaren (1996) als natte jaren (1998) aanwezig.

3.2 DE STIKSTOF- EN NATRIUMBALANS

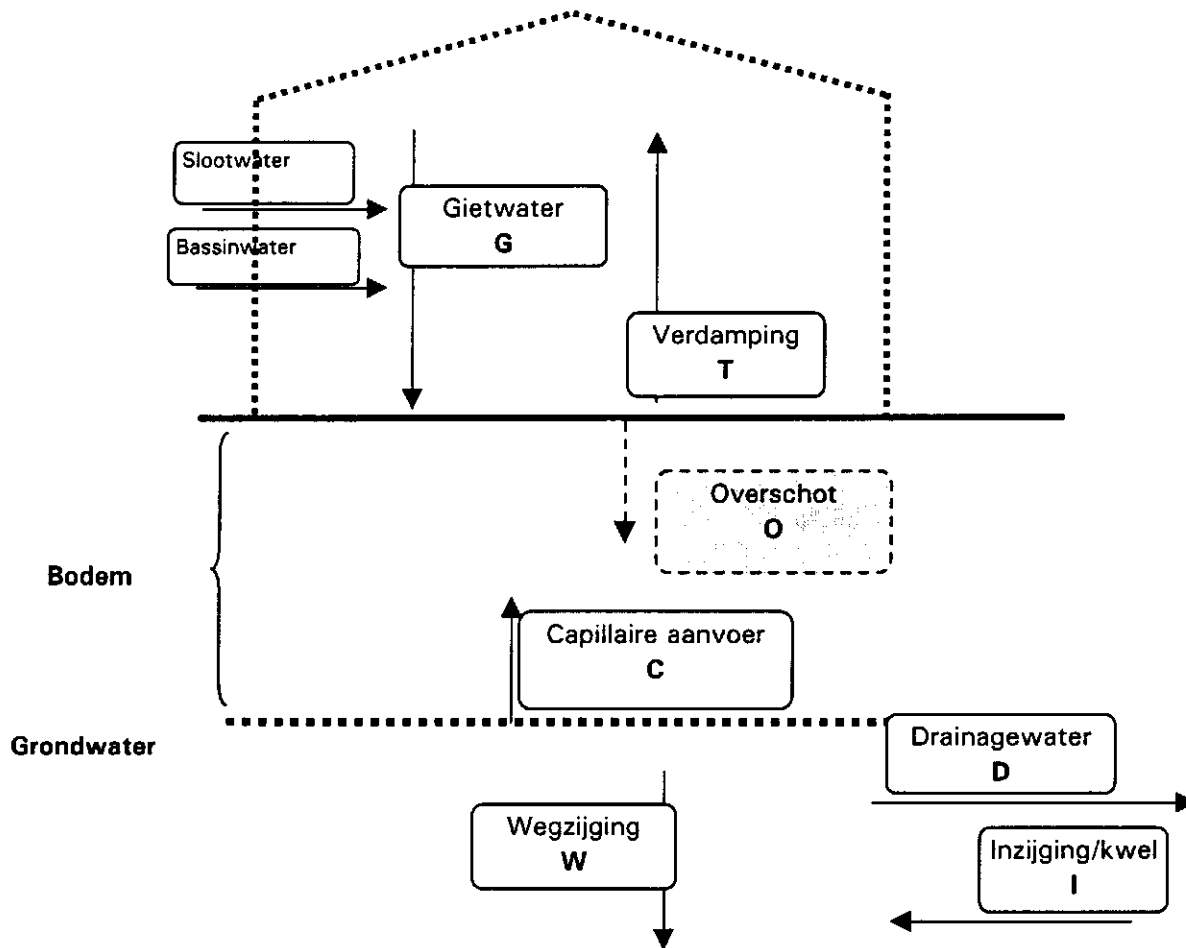
Binnen de randvoorwaarde van een gesloten waterbalans worden voor het berekenen van de N- en Na- hoeveelheden in de waterstromen de maandelijkse data gebruikt. Bij G is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van door het bedrijf verzamelde gegevens (EC waarden, eventueel bemonsteringen). Indien deze niet voorhanden waren is gebruik gemaakt van een dataset van Hoogheemraadschap van Delfland, van monsterpunten uit het glastuinbouw onderzoek. Eventueel ontbrekende data van Na en of NO₃ zijn geschat uit de EC en de gemiddelde Na en/of NO₃ concentratie. Indien ook de EC niet bekend was, zijn de waarden geschat aan de hand van gemiddelden van overeenkomende maanden van andere jaren. De bijdrage van Na uit regenwater is geschat. Hierbij zijn telkens twee benaderingen uitgevoerd, één met constant 0.25 mmol Na l⁻¹ (zijn de het langjarig gemiddelde in bassinwater PBG) en één met een schatting van de Na concentratie uit datasets afkomstig van het PBG (Sonneveld et. al, 1979) en (KNMI annual report, 1981), waarbij de afstand van het bedrijf tot de kustlijn

als maatstaf is genomen. De NO_3 bijdrage uit hemelwater is op 0 gesteld. De aanvoer uit meststoffen is berekend uit de opgegeven hoeveelheid en de gehalten in meststoffen, volgens het handboek meststoffen (Evers, 1995). Voor organische meststoffen is de aanvoer berekend uit volume of hoeveelheid, en eventueel beschikbare analyses of opgegeven gehalten. Indien deze gegevens ontbreken is uitgegaan van de gehalten genoemd in het handboek meststoffen. De bijdrage per jaar is vervolgens berekend aan de hand van mineralisatie gegevens van de betreffende stof (Jansen, 1976), of is geschat. Ook de bijdrage van de mineralisatie van de oude organische stof in het profiel is geschat, waarbij de jaarlijkse afbraak op 2.5 % is gesteld (Jansen 1976). De mineralisatie-snelheid uit organische meststoffen is voor Na op 1 gesteld, mineralisatie van Na uit oude org. stof is op 0 gesteld. In situaties met, over het jaar gezien, continue en relatief grote drainageafvoer is aangenomen dat de samenstelling van grondwater overeenkomt met drainagewater. Onder deze aanname is de aanvoer via capillaire opstijging berekend uit de gehalten in het drainagewater. In andere gevallen en daar waar twijfel is over de genoemde aanname, is de post in de balans ingevuld als "onbekend". De aanvoer van NO_3 via I is berekend uit de gehalten in het slootwater, onder aanname dat inzijging plaatsvindt vanuit het omringend oppervlaktewater. Verschillen in de voorraad N en Na in de bodem zijn bepaald uit de grondmonsters van data zo dicht mogelijk bij de overgangen van de achtereenvolgende jaren. De totale hoeveelheid N en Na is berekend aan de hand van de methode beschreven in Sonneveld, 1990. Aanvoer via plantmateriaal (alleen relevant bij bol- en knolgewassen en een aantal snijbloemgewassen en vruchtgroenten) wordt berekend uit op het PBG aanwezige datasets van gewasgehalten en droge stof %. De hoeveelheid N-mineraal en Na in de (pers)potjes wordt berekend uit de hoeveelheid Pg-mix in het materiaal. De in dat geval ook aanwezige N-organisch in potgrond wordt verwaarloosd. De afvoer via drainagewater is berekend uit de geregistreerde volumes en analyses. Indien bij dit laatste één van de parameters ontbreekt, is de ontbrekende parameter ingevuld op dezelfde wijze als bij G, waarbij in dit geval de dataset van het betreffende bedrijf is gebruikt. Afvoer via wegzijging W is berekend uit de concentraties in het bodemvocht. Deze zijn berekend via de methode van Sonneveld, 1990 uit de opgegeven grondanalyses.

Denitrificatie (uiteraard alleen voor NO_3) is geschat via de methode van Linn en Doran, 1984 en Rolston et al, 1984, zoals beschreven in het interne rapport van Postma, 1996. De hiervoor noodzakelijk schatting van het % waterverzadigde poriën is gedaan aan de hand van de opgegeven karakterisering van de grondsoort, gebruik makend van de gegevens uit Wösten et al, 1994. Gewasopname U is berekend uit de opgave van afgevoerde productie en eventueel afval. (Niet uit de kas afgevoerd doorgewerkt gewasmateriaal, wordt beschouwd als balansneutraal) . Voor droge stof percentages en gewasgehalten wordt gebruikt gemaakt van op het PBG in de loop der jaren aanwezige datasets. Indien voor het betreffende gewas geen gegevens voorhanden zijn wordt gezocht in de literatuur, of wordt alsnog een bepaling uitgevoerd door monsternamen in de praktijk. Indien dit niets oplevert wordt een aanname gedaan over de gehalten, op basis van overeenkomst in geslacht familie. Indien ook dit niet mogelijk is wordt deze afvoerpost berekend uit een gemiddeld gehalte en droge stof %. In deze laatste twee situaties wordt bij de resultaten vermeld dat het "aannames" betreft.

3.3 BEREKENING WATER- STIKSTOF- EN NATRIUMBALANS

De aan- en afvoerstromen van water en de mineralen N en Na, die in het model worden beschouwd, zijn weergegeven in resp figuur 1 en 2. De uitgevoerde vergelijkingen en berekeningen worden verklaard voor achtereenvolgens de waterbalans en de N en Na balans.



Figuur 1 Schematisch overzicht van de posten die bij de berekening van de waterbalans worden beschouwd. Alle stromen worden berekend in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

Berekeningen waterbalans

Voor de balans zijn de volgende berekeningen uitgevoerd:

Balanspost	Symbol	Omschrijving berekening
Watergift	G	uit geregistreeerde gegevens per maand
Verdamping	T	via straling (PBG), lichtdoorlatendheid kas, klimaatsgegevens en specifieke gewasfactoren
Drainage	D	uit geregistreeerde gegevens
Capillaire aanvoer	C	als $G-T < 0$ dan $C = T-G$, anders $C = 0$
Inzijging/kwel	I	als $D > G-T$, dan $I = D-(G-T)$, anders $I = 0$
Wegzijing	W	als $D < G-T$ dan $W = (G-T)-D$, anders $W = 0$

Netto inzijing/kwel
Netto wegzijging

I_{netto} als $I > W$ dan $NI = I - W$ anders $NI = 0$
 W_{netto} als $I < W$ dan $NW = W - I$, anders $NW = 0$

Evaluatie waterbalans

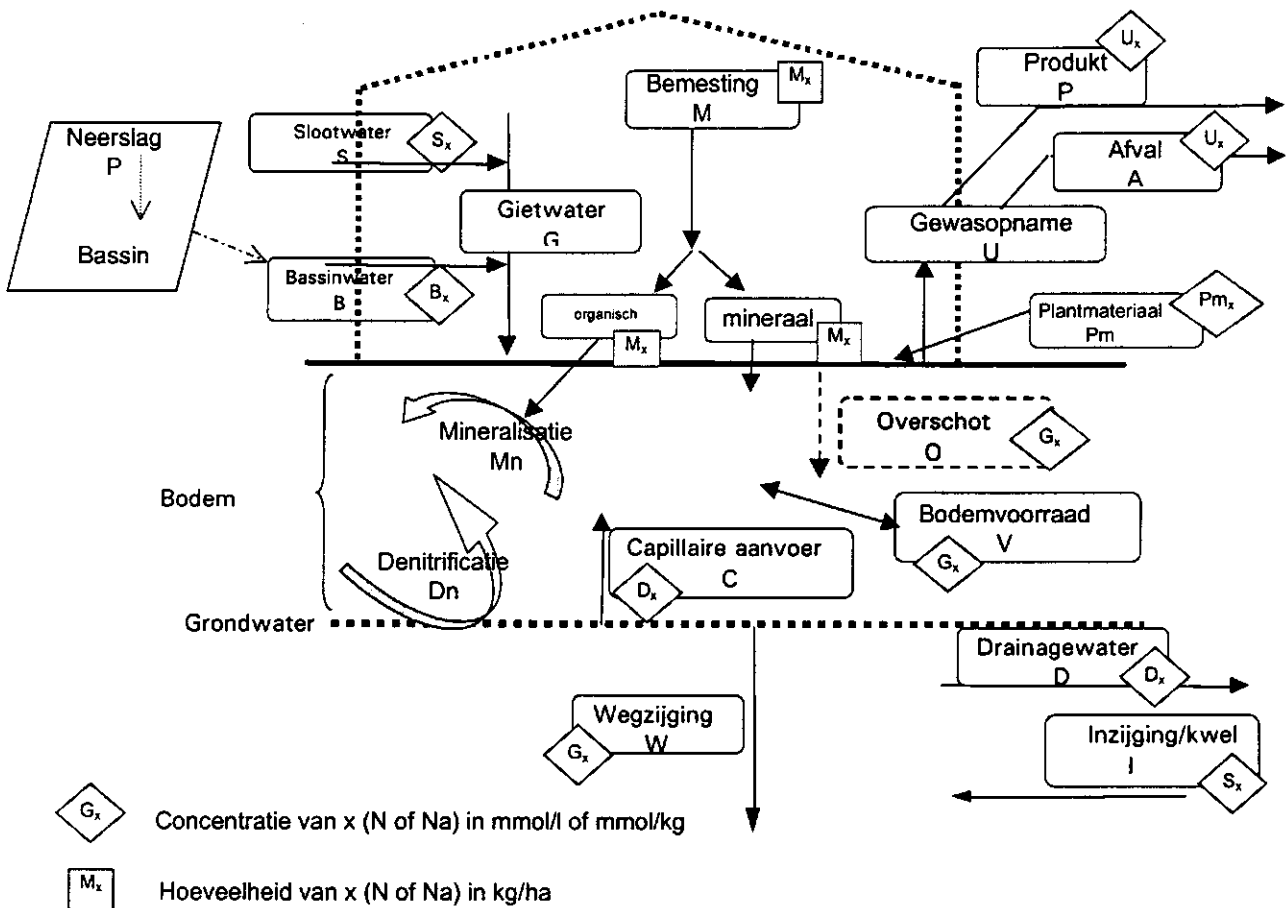
Berekeningoverschot
Netto uitspoeling
% overschot van gift
% overschot in drainage

O G-T
gelijk aan O , als $O > 0$ anders 0
indien $G - T > 0$ dan $(O / G) * 100 \%$
indien $G - T > 0$ dan $(O / D) * 100 \%$

Berekening stikstof- en natriumbalans

Voor de balans van Stikstof en Natrium zijn de volgende berekeningen uitgevoerd: (indien van toepassing is met stikstof telkens de som van NO_3 en NH_4 bedoeld). Symbool x staat voor resp. N en Na. Voor de aan- en afvoer via waterstromen zijn de hoeveelheden telkens berekend uit: het volume in $m^3 ha^{-1}$ * de betreffende concentratie in $mmol l^{-1}$, omgerekend via het specifieke molgewicht naar $kg ha^{-1}$. Voor de aan- en afvoer via vastestof-stromen (plantmateriaal, geoogst produkt, gewasresten, meststoffen) geldt: het gewicht in $kg ha^{-1}$ * droge stof gehalte (fractie) * gehalte in de

Schematische weergave posten stikstof- en natriumbalans



Figuur 2 Schematisch overzicht van de posten die bij de berekening van de stikstof en natriumbalans worden beschouwd. Concentraties of gehalten van N (som van NO_3 en NH_4) en van Na worden uitgedrukt in $mmol l^{-1}$ en $mmol kg^{-1}$ resp. De hoeveelheden (vracht) worden uitgedrukt in $kg ha^{-1} jaar^{-1}$

droge stof in mmol kg^{-1} droge stof, omgerekend via het specifieke molgewicht naar kg ha^{-1} .

Balanspost	Symbol	Omschrijving berekening
<u>Aanvoerposten</u>		
Uit meststoffen	MX	$M * M_x$ (uitsluitend minerale mest, organische mest wordt berekend via de mineralisatie.
Via gietwater	GX	Slootwater: $S * S_x + \text{bassinwater } B * B_x$
Via capillaire opstijging	CX	$C * D_x$ (onder aanname van opstijging van grondwater, waarbij drainwater D_x representatief is voor grondwater)
Mineralisatie	MnX	berekend via gegevens en formules van Jansen, 1976, van zowel toegediende organische mest als aanwezige oude organische stof.
Plantmateriaal	PMX	$PM * PM_x$ (bedoeld wordt nieuw plantmateriaal, indien relevant)
Via inzijging/kwel	IX	$I * S_x$ (onder aanname dat inzijgend water uit omringend oppervlaktewater afkomstig is).
<u>Totaal aanvoer berekeningen</u>		
bemesting		$MX + MnX$
bodemaanvoer		$MX + MnX + GX + PMX$
bedrijfsaanvoer		$MX + MnX + GX + PMX + IX$
<u>Afvoerposten</u>		
Afgevoerd produkt	PX	$P * U_x$ (bedoeld is de werkelijk afgevoerde hoeveelheden, opslag in gerecycled gewas bijv. in bollen gelden als balansneutrale posten)
Gewasresten	AX	$A * U_x$ (bedoeld wordt de werkelijk van het bedrijf afgevoerde hoeveelheid, niet de door de grond gewerkte (hergebruikte) gewasresten.)
Denitrificatie	DnX	(alleen voor N) Schatting op basis van bodemkenmerken en modelstudies van Postma, 1996 en anderen
Bodemvoorraad	VX	berekend uit de toe- of afname van de totale voorraad. Deze wordt berekend uit bodemkenmerken en grondanalyses G_x , volgens de methode beschreven in Sonneveld (1990).
Via drainage	DX	$D * D_x$
Via wegzijging	WX	$W * G_x$ onder aanname dat wegzijging plaatsvindt met de heersende bodemvochtconcentraties
<u>Totaal afvoer berekeningen</u>		
Gewasafvoer		$PX + AX$
Bodemafvoer		$PX + AX + Dn_x + VX + WX$
Bedrijfsafvoer		$PX + AX + DnX + VX + WX + DX$
<u>Evaluatie balansberekeningen</u>		
Bemestingoverschot		(Bemesting) – (Gewasafvoer)
Bodemoverschot		(Bodemaanvoer) – (Bodemafvoer)

Aandeel van X in drainagewater verklaard uit:

Bodemoverschot
Bemestingsoverschot

als $O > 0$, dan $(\text{Bodemoverschot} / DX) * 100 \%$

als $O > 0$, en Bodemoverschot > 0 , dan
 $(\text{Bodemoverschot} / DX) * 100 \%$

Inzijinging

als $I > 0$, dan $(IX / DX) * 100 \%$

4. RESULTATEN

Bedrijf

Fa. L.G Vreugdenhil & Zn
Maasdijk 70
s-Gravenzande

De resultaten van het doorrekenen van de gegevens van het bedrijf voor de waterbalans, de stikstofbalans en de natriumbalans zijn weergegeven in de tabel op de volgende bladzijde en de bijlagen 4 t/m 7. De resultaten worden hieronder kort besproken.

4.1 WATERBALANS

Met uitzondering van 1998 is de watergift in alle jaren min of meer in overeenstemming geweest met de berekende verdamping. In '98 is er ruim 20 % extra gegeven. De berekende capillaire aanvoer in alle jaren is het gevolg van de berekeningswijze per maand, waarbij soms wel een berekeningstekort was. De hoeveelheid drainagewater is in alle jaren groot en bedraagt veel meer dan het beregeningsoverschot. Daarom is ook de post inzigging hoog.

4.2 STIKSTOFBALANS

De N-bemesting is in alle jaren laag geweest. Er is minder bemest dan de afvoer via product (amaryllisbollen), met name in 1998 is dit het geval geweest. Gedeeltelijk wordt dit gecompenseerd door een niet onaanzienlijke aanvoer via pootgoed. Ook via het gietwater wordt een substantiële hoeveelheid aangevoerd. De N voorraad in de bodem blijft in de jaren op peil (Fig. 3). Gewasresten zijn ondergewerkt, zodat deze afvoerpost 0 was. De hoeveelheid N in het drainagewater is hoog en bedraagt gemiddeld zelfs meer dan de aanvoer via bemesting. Het totaal van de aanvoerposten is wat groter dan de afvoer, tezamen met het beregeningsoverschot betekent dit een gedeeltelijke verklaring van de N in het drainagewater. Echter het bemestingsoverschot is negatief, de bijdrage van N uit bemesting in het drainagewater is daarom (op een zeer gering % in '99 na) nihil.

4.3 NATRIUMBALANS

De bijdrage van Na uit het gietwater is bij slotwater hoog. De overige aanvoerposten zijn betrekkelijk gering. De afvoer via gewas is zeer gering. De grondmonsters geven geen indicatie dat de Na hoeveelheid oploopt (fig 3). Via drainagewater wordt in '98 en '99 vrij veel Na afgevoerd, vanwege het grote volume drainagewater.

		1996	1997	1998	1999	
Variant 1 100 % slootwater	Waterbalans	Berekeningsoverschot	703	- 421	2 224	177
		Netto uitspoeling	703	0	2224	177
		bedrijfseigen deel drainag	14%	0%	30%	3%
	Stikstofbalans	Aanvoer-overschot	257	244	132	116
		Bemestingsovers kg/ha	-16	-10	-111	2
		N-balansovercho kg/ha	-6	47	-189	-189
		N drainwater kg/ha	331	247	373	374
		N in drainagewater verklaard uit:				
		Aanvoer-overschot	78%	0%	35%	31%
		Bemestingsoverschot	0%	0%	0%	1%
	Inzijing	21%	20%	14%	19%	
	Natriumbalans	Aanvoer-overschot	1083	921	1033	908
Na-balansoverchot		908	860	617	738	
Na in drainagewater verklaard uit:						
Aanvoer overschot		100%	0%	100%	100%	
Inzijing		71%	87%	48%	78%	
Variant 2 waterbassin 500 m ³ ha ⁻¹	Waterbalans	Berekeningsoverschot	703	- 421	2 224	177
		Netto uitspoeling	703	0	2224	177
		bedrijfseigen deel drainag	14%	0%	30%	3%
	Stikstofbalans	Aanvoer-overschot	213	177	66	62
		Bemestingsovers kg/ha	-16	-10	-111	2
		N-balansovercho kg/ha	-50	-20	-255	-242
		N drainwater kg/ha	331	247	373	374
		N in drainagewater verklaard uit:				
		Aanvoer-overschot	64%	0%	18%	17%
		Bemestingsoverschot	0%	0%	0%	1%
	Inzijing	21%	20%	14%	19%	
	Natriumbalans	Aanvoer-overschot	836	420	618	447
Na-balansoverchot		661	359	202	277	
Na in drainagewater verklaard uit:						
Aanvoer overschot		100%	0%	78%	59%	
Inzijing		71%	87%	48%	78%	
Variant 3 waterbassin 500 m ³ ha ⁻¹ en hoog Na wegens nabijheid kust	Waterbalans	Berekeningsoverschot	703	- 421	2 224	177
		Netto uitspoeling	703	0	2224	177
		bedrijfseigen deel drainag	14%	0%	30%	3%
	Stikstofbalans	Aanvoer-overschot	213	177	66	62
		Bemestingsovers kg/ha	-16	-10	-111	2
		N-balansovercho kg/ha	-50	-20	-255	-242
		N drainwater kg/ha	331	247	373	374
		N in drainagewater verklaard uit:				
		Aanvoer-overschot	64%	0%	18%	17%
		Bemestingsoverschot	0%	0%	0%	1%
	Inzijing	21%	20%	14%	19%	
	Natriumbalans	Aanvoer-overschot	874	495	706	519
Na-balansoverchot		699	434	290	349	
Na in drainagewater verklaard uit:						
Aanvoer overschot		100%	0%	89%	68%	
Inzijing		71%	87%	48%	78%	

Tabel 1 Overzicht van een aantal berekeningsuitkomsten uit de water-, stikstof- en de natriumbalans van de jaren 1996 t/m 1999, bij de varianten: 1) 100 % slootwater, 2) hemelwateropslag van 500 m³ ha⁻¹ en 3) als 2, gerekend met extra zoutbelasting in verband met de nabijheid van de zee kust. Zie onder 'berekeningen' voor de berekeningswijzen

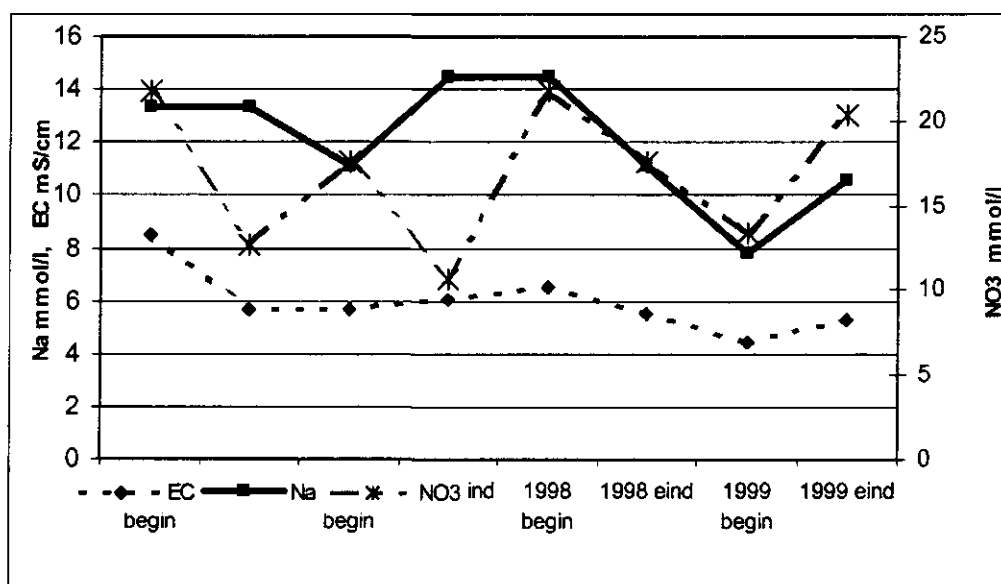
5. ALTERNATIEVEN

Bij het doorrekenen van de alternatieven is een ongewijzigde gietstrategie aangehouden, daarom verandert er niets aan de waterbalans. De waterbehoefte blijkt in de jaren voor een belangrijk deel te worden gedekt uit hemelwater.

Bij de N-balans wordt er door toepassing van een hemelwateropvang iets minder N aangevoerd via gietwater. Daardoor neemt het aanvoeroverschot iets af ('96, 98 en '99).

Voor de Na balans betekent een bassin dat er minder Na wordt aangevoerd via gietwater, waardoor het aanvoeroverschot op de balans afneemt.

Vanwege de nabijheid van de kust, levert het scenario, waarbij rekening wordt gehouden met de verhoogde Na concentratie in de neerslag, een hogere Na input via gietwater op in vergelijking met die met "normaal" regenwater.



Figuur 3 EC en de NO₃ - en Na concentraties, in het bodemvocht in de laag 0-25 cm, gebaseerd op de bepalingen in het 1:2 volume-extract, tijdens de twee jaren.

6. CONCLUSIES

- De waterefficiëncy is in drie van de vier jaren hoog, waarbij geen of slechts een geringe hoeveelheid uitspoeling plaatsvond. In '98 is echter er ruim water gegeven, met ruim 20 % uitspoeling.
- De drainageafvoer is hoog en is met uitzondering van 1998 slechts voor een beperkt deel of zelfs in het geheel niet (1997) toe te schrijven aan het gietgedrag en is dan afkomstig uit inzijging of kwel.
- De aanvoer van N via meststoffen is gemiddeld genomen lager dan de afvoer via product. Met de N in plantmateriaal meegerekend is de aanvoer min of meer in evenwicht met de afvoer via produkt.
- De stikstofvracht in het drainagewater is hoog.
- Vanwege het bemestingstekort zal de stikstof in het drainagewater vrijwel volledig moeten worden toegeschreven aan inzijgend water.
- Er vindt geen duidelijke Na ophoping plaats in het bodemprofiel, ondanks capillaire aanvoer.

7. LITERATUUR

- Anonymous, 1996. Lozingenbesluit WVO glastuinbouw. Ministry of transport and communications, Den Haag, The Netherlands, 53 p.
- Evers, M.A.A., Pothoven, R., 1995. Handboek meststoffen, NMI Wageningen, 480 pp.
- Graaf, R. de, and Ende, J. van den, 1981. Transpiration and evapotranspiration of the glasshouse crops. *Acta Hort.* 119: 147-157.
- Graaf, R., 1999. Automatic water supply in glasshouse grown crops., *Acta Hort.* (in preparation)
- Jansen, B.H., 1976. Bodemvruchtbaarheid 2, Vakgroep bodemkunde en bemestingsleer, Landbouwhogeschool Wageningen, 231 pp.
- KNMI, 1981. Chemical composition of precipitation over the Netherlands. KNMI, de Bilt, Annual report, 1981.
- Linn D.M, Doran, J.W., 1984. Aerobic and anaerobic microbial populations in not till and plowedsoils. *Soil sc. Soc. Am. Journ.* 48, 794-799.
- Mostert, J. (ed.), 1993. Plantenvoeding in de glastuinbouw, derde herziene uitgave. Informatiereeks nr. 87, Proefstation voor bloemisterij en glasgroente, Naaldwijk, 232 pp.
- Postma, R, 1996. Stikstofverliezen door denitrificatie op praktijkbedrijven met jaarrondchrysanthe. Intern rapport juli 1996, NMI, Wageningen
- Rolston, D.E., RAO, P.S.C., Davidson, J.M., Jessup, E.E., 1984. Simulation of denitrification losses of nitrate fertilizer applied to uncropped, cropped and manure amended field plots. *Soil Sc.* 137, 4, 270-279.
- Sonneveld, C., Beusekom, J. van, Verduijn-Den Boer, J.G, Majolée, R.. 1979. De chemische samenstelling van regenwater in het Westland.. PTG Naaldwijk, intern verslag nr 12.
- Sonneveld, C., 1990. Estimating quantities of water-soluble nutrients in soils using a specific 1:2 by volume extract. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 21: 13-16, 1257-1265.
- Voogt, W. and P. Korsten, 1996. Mineral balances for radish crops grown under glass. *Acta Hort.*, 428, 53-64.
- Voogt, W. and Bloemhard C., 1995. A method to establish the water and mineral balance for glasshouse crops grown in soil. In: *Proc. Dahlia Greidinger Int. Symp. on Fertigation*, Technion-Israel Institute of technology, Haifa Israel, 1995, 215-226.
- Wösten, J.H.M, Bannink, M.H. and Beuving, J., 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. ICW rapport 18, 1982, Wageningen.

Bijlage 1

gegevens

Fa. L.G vreugdenhill
 Maasdijk 70
 2691 JJ s-Gravenzande

Oppervlakte glas 17500 m2
 Oppervlakte gedraineerd 17500 m2
 gestookt grond en bedverwarming
 50% zavel en 50% zware klei

pH-KCl	7.6
% air	6
of % lutum	
CaCO3	0.023
org. stof	3.00
PAL	182 mg/100 gr

Teelt				
Jaar	gewas	oppervlakte	plant/zaaidatum	Productie
				kg/m2
1996	amaryllis	17 500	nov/dec	17
1997	amaryllis	17 500	nov/dec	17
1998	amaryllis	17 500	nov/dec	17
1999	amaryllis	17 500	nov/dec	17

Meststoffen	1996	1997	1998	1999
organische mest soort				
Kalkmammonsalpeter				
Magnesiumammonsalpeter				
ureum				
patentkali				
kalizout-60				
kieseriet				
mengmeststof	12 + 10 + 18			
	23 + 23 + 0			
	7 + 14 + 28			
tripelsuperfosfaat				
kalksalpeter				
kalisalpeter	834	857	586	743
bitterzout	843	657	569	686
ureum				
kalisulfaat (= zwavelzure kali)				
zwavelzure ammoniak (= ammoniumsu)	909	909	629	971
monokalifosfaat				
monoammoniumfosfaat	143	171	114	286

Bijlage 2

Gegevens

Fa. L.G vrel s-Gravenzande

periode	Waterstromen						Gietwaterkwaliteit			Drainwater		
	geregistreerd		berekend				wagzigging	EC	Na	NO3	EC	Na
watrigift	drainage	verdamping	capp. aanvoer	inzijging								
jan/96	371	302	398	27	302	0	1.50	3.77	1.48	1.60	3.80	2.00
feb/96	455	304	352	0	201	0	1.78	5.49	1.09	1.60	3.80	1.80
mrt/96	746	379	636	0	269	0	1.56	3.41	1.55	1.90	4.30	3.30
apr/96	1043	457	1060	18	457	0	1.89	4.61	1.88	2.20	4.90	4.60
mei/96	1485	626	1042	0	183	0	1.94	5.25	1.45	3.50	7.50	9.80
jun/96	1355	669	1271	0	585	0	2.00	8.14	1.00	2.90	6.70	7.20
jul/96	1390	716	1148	0	474	0	1.31	5.53	1.29	2.50	6.10	4.90
aug/96	810	295	960	150	295	0	1.47	5.85	1.19	1.50	4.60	1.90
sep/96	136	182	110	0	156	0	1.21	4.39	0.66	2.21	5.21	4.44
okt/96	41	367	154	114	367	0	0.88	3.04	0.63	2.21	5.00	4.10
nov/96	178	358	195	16	358	0	0.87	2.76	0.84	2.21	5.00	4.10
dec/96	296	317	276	0	297	0	1.02	3.08	1.59	1.50	3.10	1.10
jan/97	370	311	391	22	311	0	1.71	5.61	0.83	1.60	3.67	2.99
feb/97	341	325	356	15	325	0	1.04	3.20	0.94	1.65	3.78	3.08
mrt/97	680	368	653	0	340	0	1.38	4.90	1.08	1.90	4.36	3.55
apr/97	1057	535	913	0	391	0	1.29	4.82	0.90	2.20	5.04	4.11
mei/97	1256	385	1170	0	298	0	0.91	3.36	1.13	2.40	5.00	4.40
jun/97	1219	424	1134	0	339	0	1.37	6.42	0.98	2.90	6.65	5.42
jul/97	1094	581	1159	65	581	0	1.36	6.32	1.20	2.50	5.73	4.67
aug/97	490	362	1067	597	362	0	1.37	5.97	0.94	2.70	6.20	6.00
sep/97	221	311	117	0	208	0	1.61	5.35	0.88	2.21	5.07	4.13
okt/97	78	251	153	75	251	0	1.23	3.27	0.89	2.21	5.07	4.13
nov/97	160	209	199	39	209	0	1.14	4.80	0.61	2.21	5.07	4.13
dec/97	214	45	269	55	45	0	0.72	2.47	0.87	1.55	3.55	2.89
jan/98	496	323	390	0	217	0	0.99	3.39	1.13	1.60	3.67	2.99
feb/98	1694	1509	412	0	227	0	1.29	4.67	1.08	1.70	3.70	1.90
mrt/98	1525	1267	641	0	283	0	1.20	3.68	0.98	1.90	4.36	3.55
apr/98	1360	1048	752	0	440	0	1.01	3.06	1.15	2.20	5.04	4.11
mei/98	1044	432	1212	168	432	0	1.36	5.40	0.80	2.50	5.50	5.00
jun/98	1063	445	1066	2	445	0	0.99	3.52	0.53	2.90	6.65	5.42
jul/98	1179	556	1078	0	456	0	0.92	3.39	0.92	2.50	5.73	4.67
aug/98	535	403	1092	557	403	0	1.45	6.77	1.50	2.10	4.81	3.92
sep/98	72	455	98	25	455	0	1.06	3.43	0.69	2.21	5.07	4.13
okt/98	77	412	140	63	412	0	1.05	2.86	0.58	2.21	5.07	4.13
nov/98	196	241	199	3	241	0	1.02	2.62	0.58	2.21	5.07	4.13
dec/98	235	232	273	39	232	0	1.02	2.88	0.58	1.55	3.55	2.89
jan/99	191	278	394	203	278	0	0.98	2.75	0.90	1.60	3.67	2.99
feb/99	425	473	385	0	433	0	1.13	3.67	0.50	1.65	3.78	3.08
mrt/99	534	470	566	32	470	0	1.81	9.67	1.15	1.90	4.36	3.55
apr/99	803	570	899	96	570	0	1.02	3.13	0.38	2.20	5.04	4.11
mei/99	1352	522	1258	0	429	0	1.40	4.92	1.08	2.80	6.42	5.23
jun/99	1521	625	1256	0	360	0	1.45	5.09	1.12	2.90	6.65	5.42
jul/99	1182	594	1279	86	594	0	1.20	4.19	0.92	2.50	5.73	4.67
aug/99	855	346	976	121	346	0	1.43	5.01	1.11	2.10	4.81	3.92
sep/99	482	1265	104	0	888	0	1.29	4.52	1.00	2.21	5.07	4.13
okt/99	152	991	151	0	990	0	1.05	3.70	0.82	2.21	5.07	4.13
nov/99	214	119	201	0	107	0	1.01	3.53	0.78	2.21	5.07	4.13
dec/99	218	226	280	82	226	0	0.92	3.23	0.71	1.60	3.00	1.70

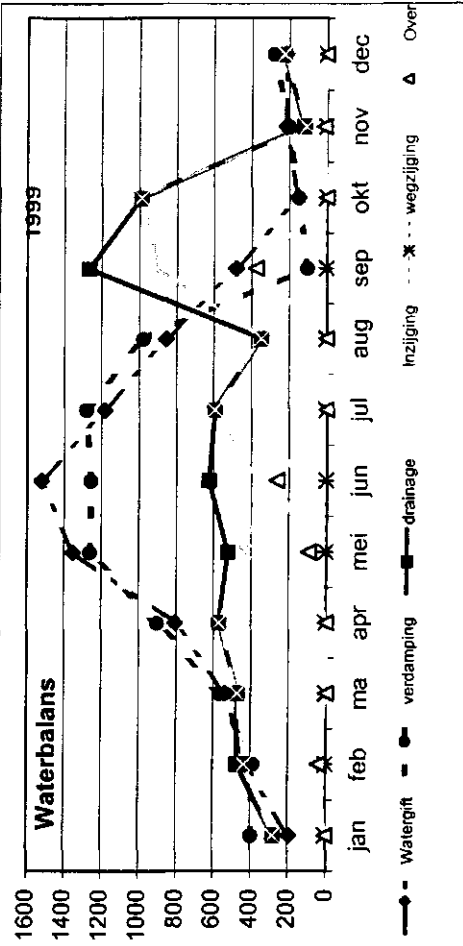
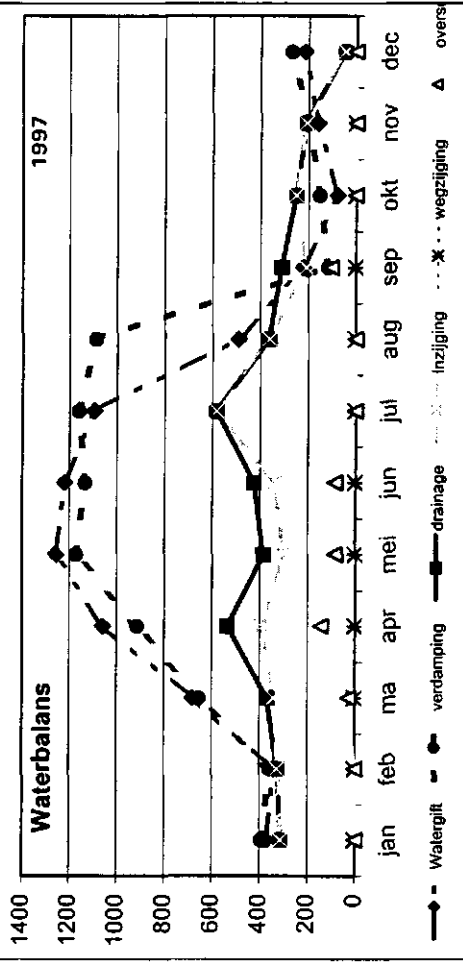
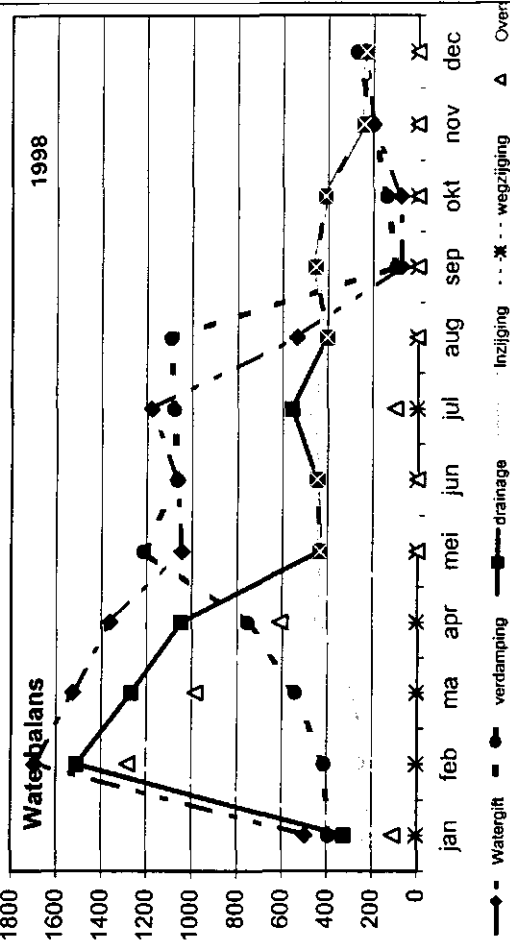
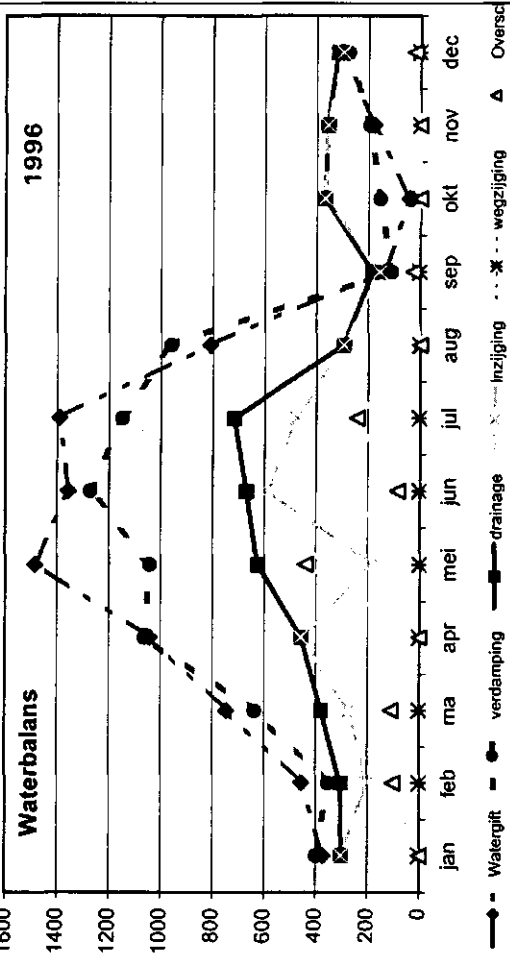
grondmonsters

datum	EC	pH	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	SO4	HCO3	P
1996 begin	1.8	7.4	<0,1	4.5	2.5	4.3	1.0	3.0	2.4	5.3	0.6	0.1
1996 eind	1.1	7.4	<0,1	2.0	2.5	3.0	0.7	1.7	1.7	2.9	0.9	0.1
1997 begin	1.1	7.5	<0,1	1.6	2.1	3.2	0.7	2.4	1.3	3.3	0.5	0.1
1997 eind	1.2	7.5	<0,1	1.4	2.7	3.2	0.8	1.4	1.4	3.9	0.8	0.1
1998 begin	1.3	7.4	<0,1	1.5	2.7	3.7	0.9	3.0	2.1	3.2	0.6	0.1
1998 eind	1.1	7.2	<0,1	1.2	2.1	2.9	0.7	2.4	1.6	2.5	0.6	0.1
1999 begin	0.8	7.0	<0,1	0.9	1.5	2.1	0.5	1.8	1.0	1.8	0.5	0.1
1999 eind	1.0	7.5	<0,1	1.0	2.0	2.4	0.6	2.8	1.6	2.0	0.8	0.1

Bijlage 4 Verloop waterstromen gedurende de vier jaren

Fa. L.G vreugdenhill s-Gravenzande

bedrijf



Bijlage 5

Gegevens bedrijf:

Fa. L.G vreugdenhill & Zn
Maasdijk 70
s-Gravenzande

Waterbalans		1996	1997	1998	1999	
		m3 ha-1	m3 ha-1	m3 ha-2	m3 ha-3	
WATERGIFT		8 305	7 178	9 476	7 927	VERDAMPING
<i>waarvan:</i>	<i>slootwater</i>	5 785	2 514	4 302	3 464	
	<i>regenwater</i>	2 520	4 664	5 174	4 463	
Capillaire aanvoer		325	868	857	612	
						DRAINAGE
INZIJGING / KWEL		3 945	3 660	4 242	5 690	WEGZIJGING
Netto inzijging/kwel		3 945	3 660	4 242	5 690	
TOTAAL		12 575	11 706	#####	#####	TOTAAL

Stikstofbalans		kg / ha					
		Aanvoer		1997	1998	1999	
		1996					
Mestgift	organisch (P.M.)	0	0		0	0	Afgevoerd product afval
	mineraal	316		323	222	335	
Gietwater		156		101	127	104	
<i>waarvan:</i>	<i>slootwater</i>	156	101		127	104	
	<i>regenwater</i>						
Via capillaire aanvoer		13		65	49	30	
Mineralisatie		90		90	90	90	Denitrificatie
plantmateriaal		80		80	80	80	Bodemvoorraad
Subtotaal		656		659	569	639	Subtotaal
Via inzijging		68		50	52	69	Drainage Via wegzijging
Totaal		724		709	620	709	Totaal
Saldo tekort		6		0	189	189	Saldo overschot

Natriumbalans						
		1996	1997	1998	1999	
Mestgift	organisch	0	0	0	0	Afgevoerd product afval
	mineraal	22	22	16	22	
Gietwater		1026	833	874	864	
<i>waarvan:</i>	<i>slootwater</i>	1 026	833	874	864	
	<i>regenwater</i>					
Via capillaire aanvoer		35	115	97	62	
Mineralisatie		0	0	0	0	
plantmateriaal		5	5	5	5	Bodemvoorraad
Subtotaal		1089	974	992	953	Subtotaal
Via inzijging		438	423	377	589	Drainage Via wegzijging
Totaal		1527	1397	1369	1543	Totaal
Saldo tekort		0	0	0	0	Saldo overschot

Bijlage 6

Gegevens bedrijf:

**Fa. L.G vreugdenhill & Zn
Maasdijk 70
s-Gravenzande**

Variant

waterbassin

500 m³/ha

Waterbalans		1996	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999	
		m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻²	m ³ ha ⁻³	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	
WATERGIFT		8 305	7 178	9 476	7 927	VERDAMPING	7 602	7 599	7 253	7 750
waarvan:	slootwater	5 785	2 514	4 302	3 464					
	regenwater	2 520	4 664	5 174	4 463					
Capillaire aanvoer		325	868	857	612					
						DRAINAGE	4 973	4 107	7 323	6 479
INZIJGING / KWEL		3 945	3 660	4 242	5 690	WEGZIJGING				
Netto inzijing/kwel		3 945	3 660	4 242	5 690					
TOTAAL		12 575	11 706	####	####	TOTAAL	12 575	11 706	14 576	14 229

Stikstofbalans		kg / ha								
		Aanvoer				Afvoer				
		1996	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999	
Mestgift	organisch (P.M.)	0	0	0	0	Afgevoerd produc	423	423	423	423
	mineraal	316	323	222	335	afval	0	0	0	0
Gietwater		112	35	62	51					
waarvan:	slootwater	112	35	62	51					
	regenwater									
Via capillaire aanvoer		13	65	49	30	Denitrificatie	46	46	46	46
Mineralisatie		90	90	90	90	Bodemvoorraad	-70	-54	-32	54
plantmateriaal		80	80	80	80					
Subtotaal		612	593	503	586	Subtotaal	399	415	437	523
Via inzijing		68	50	52	69	Drainage	331	247	373	374
Totaal		680	643	555	655	Via wegzijging	0	0	0	0
Saldo tekort		50	20	255	242	Totaal	730	662	810	897
						Saldo overschot	0	0	0	0

Natriumbalans										
		1996	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999	
Mestgift	organisch	0	0	0	0	Afgevoerd produc	6	6	6	6
	mineraal	22	22	16	22	afval	0	0	0	0
Gietwater		779	331	459	402					
waarvan:	slootwater	764	304	429	377					
	regenwater	14	27	30	26					
Via capillaire aanvoer		35	115	97	82	Bodemvoorraad	0	47	-47	39
Mineralisatie		0	0	0	0					
plantmateriaal		5	5	5	5					
Subtotaal		841	473	577	491	Subtotaal	6	53	-41	45
Via inzijing		438	423	377	589	Drainage	613	484	793	759
Totaal		1279	896	954	1081	Via wegzijging	0	0	0	0
Saldo tekort		0	0	0	0	Totaal	618	537	752	804
						Saldo overschot	661	359	202	277

Bijlage 7

Gegevens bedrijf:

**Fa. L.G vreugdenhill & Zn
Maasdijk 70
s-Gravenzande**

Variant	extra Na vanwege nabijheid kust
waterbassin	Na mmol/l 0.95
500	m3/ha

Waterbalans		1996	1997	1998	1999		1996	1997	1998	1999
		m3 ha-1	m3 ha-1	m3 ha-2	m3 ha-3		m3 ha-1	m3 ha-1	m3 ha-1	m3 ha-1
WATERGIFT		8 305	7 178	9 476	7 927	VERDAMPING	7 602	7 599	7 253	7 750
waarvan:	slootwater	5 785	2 514	4 302	3 464					
	regenwater	2 520	4 664	5 174	4 463					
Capillaire aanvoer		325	868	857	612	DRAINAGE	4 973	4 107	7 323	6 479
INZIJGING / KWEL		3 945	3 660	4 242	5 690	WEGZIJGING				
Netto inzijing/kwel		3 945	3 660	4 242	5 690					
TOTAAL		12 575	11 706	####	####	TOTAAL	12 575	11 706	14 576	####

Stikstofbalans		kg / ha									
		Aanvoer		1997	1998	1999	Afvoer		1997	1998	1999
		1996					1996				
Mestgift	organisch (P.M.)	0	0	0	0	0	Afgevoerd produc	423	423	423	423
	mineraal	316		323	222	335	afval	0	0	0	0
Gietwater		112		35	62	51					
waarvan:	slootwater	112	35	62	62	51					
	regenwater										
Via capillaire aanvoer		13		65	49	30	Denitrificatie	46	46	46	46
Mineralisatie		90		90	90	90	Bodemvoorraad	-70	-54	-32	54
plantmateriaal		80		80	80	80					
Subtotaal		612		593	503	586	Subtotaal	399	415	437	523
Via inzijing		68		50	52	69	Drainage	331	247	373	374
Totaal		680		643	555	655	Via wegzijing	0	0	0	0
Saldo tekort		50		20	255	242	Totaal	730	662	810	897
Saldo overschot		0		0	0	0					

Natriumbalans										
		1996	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999	
Mestgift	organisch	0	0	0	0	Afgevoerd produc	6	6	6	6
	mineraal	22	22	16	22	afval	0	0	0	0
Gietwater		817	406	547	475					
waarvan:	slootwater	764	304	429	377					
	regenwater	53	102	118	98					
Via capillaire aanvoer		35	115	97	62	Bodemvoorraad	0	47	-47	39
Mineralisatie		0	0	0	0					
plantmateriaal		5	5	5	5					
Subtotaal		880	547	665	564	Subtotaal	6	53	-41	45
Via inzijing		438	423	377	589	Drainage	613	484	793	759
Totaal		1318	971	1042	1154	Via wegzijing	0	0	0	0
Saldo tekort		0	0	0	0	Totaal	618	537	752	804
Saldo overschot		699	434	290	349					

*PBG Aalsmeer
Linnaeuslaan 2a
1431 JV Aalsmeer
Nederland
Tel. 0297-352525
Fax 0297-352270*

*PBG Naaldwijk
Kruisbroekweg 5
Postbus 8
2670 AA Naaldwijk
Nederland
Tel. 0174-636700
Fax 0174-636835*