



Bouwstenen voor het opstellen van gebruiksnormen voor nutriënten bij teelten onder glas

A.A. Pronk, W. Voogt, C. de Kreij, A.L. Smit, G.G. van der Lugt & L.F.M. Marcelis





Bouwstenen voor het opstellen van gebruiksnormen voor nutriënten bij teelten onder glas

A.A. Pronk¹, W. Voogt², C. de Kreijl², A.L. Smit¹, G.G. van der Lugt³ & L.F.M. Marcelis^{2,4}

- ¹ Plant Research International
- ² Wageningen UR Glastuinbouw
- ³ Blgg
- ⁴ Contactpersoon

© 2007 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	7
1.1 Achtergronden	7
1.2 Opdracht	7
1.3 Aanpak	7
1.3 Leeswijzer	8
2. Beschrijving van het systeem en afbakening	9
2.1 Indeling in teeltsystemen, gewasgroepen en voorbeeldgewassen	9
2.2 Bedrijfstypen	9
2.2.1 Algemene factoren	9
2.2.2 Factoren bij grondteelten	10
2.2.3 Factoren bij substraatteelten	13
2.2.4 Factoren bij de teelt van potplanten	13
3. Tuinbouwkundig optimaal bemestingsadvies	15
3.1 De evapotranspiratie	16
3.2 Bron en kwaliteit van het irrigatiewater	16
3.3 Grondteelten	17
3.3.1 Uitgangspunten	17
3.3.2 Berekening van de irrigatiehoeveelheid	17
3.3.3 Berekening van de N- en P-aanvoer	18
3.3.4 Specifieke toelichtingen per gewas	19
3.4 Substraatteelten	23
3.4.1 Uitgangspunten	23
3.4.2 Berekening van de N- en P-aanvoer	23
3.4.3 Berekening van het opstartniveau	24
3.4.4 Berekening van de irrigatiehoeveelheid en spui	24
3.4.5 Berekening van de natriumconcentratie	25
3.4.6 Specifieke toelichtingen per gewas	25
3.5 Potplanten	27
3.5.1 Uitgangspunten	27
3.5.2 Berekening van de N- en P-aanvoer	27
3.5.3 Berekening van het opstartniveau	27
3.5.4 Berekening van de irrigatiehoeveelheid en spui	28
3.5.5 Berekening van de natriumconcentratie	28
3.5.6 Specifieke toelichtingen per gewas	28

	pagina
4. Methodiek voor het opstellen van de milieubelasting van de gebruikshoeveelheid	29
4.1 Aannames	29
4.1.1 Algemene aannames	29
4.1.2 Aannames voor grondgebonden teelten	29
4.1.3 Aannames voor substraatteelten	30
4.1.4 Aannames voor potplanten	30
4.2 Het overschot en de milieubelasting	30
4.3 Berekening van het N-bodemoverschot bij grondteelten	31
4.3.1 N _{min} aanvang jaar	32
4.3.2 Mineralisatie van N uit veengronden	32
4.3.3 Nalevering vanuit/vastlegging van N in gewasresten en organische producten	32
4.3.4 Aanvoer N met kunstmest	33
4.3.5 Afvoer N met gewas	33
4.3.6 Denitrificatie	35
4.3.7 Effect van stomen	35
4.4 Berekening van het P-bodemoverschot bij grondteelten	36
4.4.1 P aanvang jaar	36
4.4.2 Aanvoer van P met organische producten	36
4.4.2 Aanvoer van P met het gietwater	36
4.4.3 Aanvoer van P met kunstmest	36
4.4.4 Afvoer van P met gewas	37
4.5 Berekening van het N-overschot bij substraatteelten	37
4.5.1 Het opstartniveau	38
4.5.2 Aanvoer van N met regen-, leiding- en drainwater	38
4.5.3 Afvoer N met gewas	38
4.5.4 Denitrificatie	39
4.5.5 Spui- en lekverliezen	39
4.6 Berekening van het P-overschot bij substraatteelt	39
4.6.1 Het opstartniveau	39
4.6.2 Aanvoer van P met regen- leiding- en drainwater	40
4.6.3 Afvoer P met gewas	40
4.6.4 Spui- en lekverliezen	40
4.7 Berekening van het N-overschot bij de teelt van potplanten	40
4.7.1 Het opstartniveau	40
4.7.2 Aanvoer van N met leiding-, regen- en drainwater	40
4.7.3 Afvoer N met gewas	40
4.7.4 Denitrificatie	41
4.7.5 Spui- en lekverliezen	41
4.7.6 Accumulatie in de pot	41
4.8 Berekening van het P-overschot bij de teelt van potplanten	41
4.8.1 Het opstartniveau	41
4.8.2 Aanvoer van P met regen-, leiding- en drainwater	42
4.8.3 Afvoer P met gewas	42
4.8.4 Spui- en lekverliezen	42

	pagina
5. Resultaten berekeningen	43
5.1 Grondteelten	43
5.1.1 Aanvoer van stikstof	43
5.1.2 Denitrificatie	43
5.1.3 Het N-bodemoverschot	43
5.1.4 Aanvoer van fosfor	47
5.1.5 Het P-bodemoverschot	47
5.1.6 Milieubelasting	48
5.2 Substraatteelten	49
5.2.1 Aanvoer van stikstof	49
5.2.2 Denitrificatie	49
5.2.3 Het N-overschot	49
5.2.4 Aanvoer van fosfor	51
5.2.5 Het P-overschot	52
5.2.6 Milieubelasting	52
5.3 Potplanten	53
5.3.1 Aanvoer van stikstof	53
5.3.2 Denitrificatie	53
5.3.3 Het N-overschot	53
5.3.4 Aanvoer van fosfor	53
5.3.5 Het P-overschot	54
5.3.6 Milieubelasting	54
6. Evaluatie met de GLAMI-rapporten	55
6.1 De datasets	55
6.2 Vergelijking met de berekende N-aanvoer	57
6.3 Vergelijking met de berekende P-aanvoer	60
7. Resultaatbespreking	63
7.1 Keuze gewassen en bedrijfstypen	63
7.2 Representativiteit	63
7.3 Het bemestingsadvies	64
7.4 Gewaskeuze, gevolgen voor milieubelasting en de productie	65
7.5 Variatie van jaar tot jaar	65
7.6 Samenstelling irrigatiewater	65
7.7 Effect van beregeningsoverschot	66
7.8 Effect van denitrificatie	67
7.9 Terugkoppeling	67
7.10 Milieubelasting	67
7.11 Organische producten	68
7.12 De aannames	68
7.13 Gebruiksnormen en de toekomst	68
7.14 Alternatief voor gebruiksnormen	68

	pagina
8. Conclusies	69
8.1 Algemeen	69
8.2 Grondteelt	69
8.3 Substraatteelt	70
8.4 Potplanten	70
8.5 Vergelijking met de GLAMI rapporten	71
Referenties	73
Bijlage IA. Bepaling van denitrificatieverliezen m.b.v. reductiefuncties	3 pp.
Bijlage IB. Denitrificatie in recirculerende grondloze systemen op basis van voedingsoplossing	2 pp.
Bijlage IC. Denitrificatie bij containerteelt	1 p.
Bijlage II. De transpiratiemodule voor bedekte teelten van PPO	1 p.
Bijlage III. Volledige balansen ter berekening van het N-bodemoverschot van de grondteelten	5 pp.
Bijlage IV. Verbruik voor N en P in kg ha ⁻¹ met standaardafwijking, mediaan en het aantal bedrijven waar het gemiddelde op gebaseerd is	3 pp.

Voorwoord

Uitspraken van het Europese Hof van Justitie maken het nodig dat er (wetenschappelijk) onderbouwde gebruiksnormen voor nutriënten in de glastuinbouw worden opgesteld. De Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen Glastuinbouw (WOGG) heeft tot doel een wetenschappelijke onderbouwing te geven van deze gebruiksnormen.

De volgende personen hebben zitting in de WOGG: Leo Marcelis (WUR Glastuinbouw; voorzitter), Leo Oprel (LNV; secretaris), Mark de Bode (LNV; adviseur), Ruud Teunissen (RIZA; adviseur), Alex Mellema (GlaMi; adviseur), Geerten van der Lugt (BLGG; onderzoeker) en Wim Voogt (WUR Glastuinbouw; onderzoeker).

Deze studie rapporteert over de bouwstenen waarmee gebruiksnormen kunnen worden opgesteld voor alle teelten onder glas en geeft een doorkijkje naar mogelijke milieubelastingen. Het opstellen van gebruiksnormen met deze bouwstenen valt niet onder de verantwoordelijkheid van deze studie. De vereenvoudiging van het aantal teeltsystemen en gewasgroepen van een complexe sector als de glastuinbouw voor het opstellen van de bouwstenen, is in nauw overleg gebeurd met de leden van de WOGG.

Samenvatting

De EU wil dat Nederland wetenschappelijk onderbouwde gebruiksnormen ontwikkelt voor stikstof en fosfaat voor de glastuinbouw.

Dit rapport is een vervolg op een eerste verkenning voor het ontwikkelen van een werkwijze om tot gebruiksnormen voor grondteelten onder glas te komen. In dit rapport worden de bouwstenen gepresenteerd voor het opstellen van gebruiksnormen voor stikstof en fosfor voor de glastuinbouw. In dit rapport worden voor een tuinbouwkundige optimale teelt een systematiek uitgewerkt om de aanvoer van N en P (de gebruikshoeveelheid) te berekenen, om die systematiek vervolgens te gebruiken om de benodigde aanvoerhoeveelheden te berekenen voor verschillende gewasgroepen. Tenslotte wordt ook een berekening gemaakt van de N en P verliezen naar het milieu.

Getracht is zoveel mogelijk de werkwijze te volgen die ook bij de open teelten is toegepast, daar zijn inmiddels voor verschillende sectoren gebruiksnormen vastgesteld. Er zijn echter nogal wat verschillen tussen kasteelten en open teelten, verschillen die daardoor op sommige punten een andere benadering vergen. Binnen de kasteelten bestaan bovendien aanzienlijke verschillen tussen teelten in de grond en substraatteelten of potplantenteelten, waarvoor eveneens de werkwijze is aangepast. De belangrijkste verschillen tussen open teelten en grondgebonden kasteelten zijn:

- het gegeven dat het neerslagoverschot niet zoals in de open teelten min of meer constant is (veelal 400 mm per jaar) maar door de teler beïnvloed kan worden. Naarmate er in ruimere mate geïrrigeerd wordt zal dat niet alleen effect hebben op de hoeveelheid uitgespoelde stikstof maar ook op de uiteindelijke nitraatconcentratie in het grondwater;
- een jaarrondteelt onder duidelijk productievriendelijke omstandigheden dan in de open lucht (assimilatiebelichting, temperatuur) waardoor per jaar aanzienlijk hogere N-opnames door het gewas plaatsvinden (tot meer dan 1000 kg N/jaar en 350 kg P/jaar voor resp. N en P);
- de adviesbestedingsstrategie in kasteelten is op basis van een te handhaven concentratie in het bodemvocht, waarbij, anders dan in de open grond (niet met kg N/ha gerekend wordt), de concentratie in het 1 op 2 extract de bemestingshoeveelheid bepaalt, welke via de concentratie van nutriënten in het gietwater gegeven wordt;
- de toepassing van drainagesystemen met onderbemaling, met daarbij de mogelijkheid van hergebruik van drainwater. Hierbij kan tevens de omvang van de emissie naar de omgeving gunstig beïnvloed worden, maar waarbij ook, afhankelijk van de hydrologische situatie, kwel, inzijging en wegzijging kan voorkomen.

Aanvullende belangrijke verschillen tussen open teelten en substraatteelten, respectievelijk potplantenteelten zijn:

- een bemestingsadvies op basis van een concentratieregeling, afhankelijk van de concentraties aan nutriënten in het wortelmilieu;
- de overschotten aan nutriënten worden bij substraatteelten en potplantenteelten opgevangen en hergebruikt. Verliezen ontstaan doordat door oplopende zoutconcentraties in het systeem, drainwater geloosd wordt;
- de vorm van milieubelasting, naast een diffuse belasting, ook uit een puntbelasting bestaat.

Aannames

Overeenkomend met de systematiek voor de open teelten, wordt er vanuit gegaan dat het berekende nutriëntenoverschot (grofweg het verschil tussen aan- en afvoer) in principe potentiële verliezen zijn. Omdat denitrificatie een hoge 'afvoer' post is en sterk beïnvloed kan worden door bedrijfstype, teeltwijze e.d. is anders dan in de open teelten getracht om de denitrificatieverliezen modelmatig per bedrijfstype te schatten.

In de rapportage wordt de glastuinbouw onderverdeeld in diverse teeltmethoden: grondteelten, substraatteelten en potplanten. Binnen deze teeltmethoden zijn de gewassen gegroepeerd in gewasgroepen. Voor iedere gewasgroep is een voorbeeldgewas benoemd.

- Grondteelt, vruchtgroenten, met als voorbeeldgewas tomaat.
- Grondteelt, overige groenten, met als voorbeeldgewas sla.
- Grondteelt, intensieve bloemen, met als voorbeeldgewas chrysant.
- Grondteelt, extensieve bloemen, met als voorbeeldgewas fresia.

- Substraatteelt, groenten, met als voorbeeldgewas tomaat.
- Substraatteelt, intensieve bloemen, met als voorbeeldgewas roos.
- Substraatteelt, extensieve bloemen, met als voorbeeldgewas lelie.
- Potplanten, met als voorbeeldgewas Schefflera.

Vervolgens zijn 12 verschillende bedrijfstypen voor grondteelten gedefinieerd, 8 verschillende bedrijfstypen voor de substraatteelten en 1 bedrijfstype voor de teelt van potplanten. De verschillen tussen de bedrijfstypen voor de grondteelten ontstaan door grondsoort (6 op zand, 3 op klei en 3 op venige klei), wel en niet assimilatiebelichting, type ontwatering (diep grondwater en onderbemaling) en het type kas (oud en nieuw). De verschillen tussen de bedrijfstypen voor substraatteelten ontstaan door ligging (kuststrook en binnenland), en het type kas (oud en nieuw) en wel en niet assimilatiebelichting. Voor potplanten kon, door de weinig beschikbare gegevens, geen verdere uitwerking naar bedrijfstypen meegenomen worden in de studie.

In de rapportage wordt per bedrijfstype op basis van de genormaliseerde verdamping, de genormaliseerde evapotranspiratie berekend waarbij correcties zijn toegepast voor de factoren die de bedrijfstypen bepalen. Daarna is per bedrijfstype de bijbehorende irrigatiehoeveelheid vastgesteld, waarna de tuinbouwkundig optimale gebruikshoeveelheden voor N en P berekend zijn, en gebruik gemaakt is van de desbetreffende Bemestings Adviesbasis. Voor grondteelten is de N-aanvoer berekend door deze irrigatiehoeveelheid vervolgens te vermenigvuldigen met een N-concentratie die gebruikelijk is en overeenkomt met de Adviesbasis Grond. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de verschillende grondsoorten, op klei en venige klei wordt in de praktijk gemiddeld een hogere dosering aangehouden dan op zand. Alleen voor sla is van deze systematiek afgeweken. De gewenste concentratie is bij sla bereikt door een voorraadbemesting aan het begin van de teelt te geven, rekening houdend met de residuele stikstof van de vorige teelt. De zo berekende giften per teelt zijn gesommeerd voor de totale aanvoer van stikstof per jaar. Voor substraatteelten en potplanten is de N-aanvoer gebaseerd op het handhaven van een gewenste concentratie N respectievelijk P in het substraatsysteem of de potgrond.

De berekende N-aanvoer varieerde tussen de bedrijfstypen voor grondteelten van 726 tot 2072 kg N per ha per jaar (Tabel 1). De berekende N-aanvoer bij substraatteelten varieerde van 471 tot 2075 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor de verschillende bedrijfstypen en bij potplanten lag de berekende N-aanvoer tussen de 791 en 904 kg ha⁻¹ jr⁻¹.

Tabel 1. *Berekende gemiddelde (gem.) N-aanvoer (kg N ha⁻¹ jr⁻¹), N-overschot (kg N ha⁻¹ jr⁻¹) en NO₃-concentratie (mg nitraat l⁻¹) in het percolaat en de minimale (min.) en maximaal (max.) berekende waarden.*

Teelt- methode	Gewasgroep	Voorbeeld gewas	N-aanvoer ¹			N-overschot ²			NO ₃ -concentratie ^{2,3}		
			gem.	min.	max.	gem.	min.	max.	gem.	min.	max.
Grond- teelten	Vruchtgroente	Tomaat	1757	1476	2072	635	245	1052	779	580	961
	Overige groente	Sla	1321	751	1741	558	0	985	1274	835	2553
	Intensieve bloemen	Chrysant	1369	1022	1709	351	98	709	647	246	1270
	Extensieve bloemen	Fresia	945	726	1283	119	35	295	287	138	468
Substraat- teelten	Groenten	Tomaat	1640	1275	2075	88	64	119	1386	1380	1393
	Intensieve bloemen	Roos	1099	733	1522	161	68	267	764	756	770
	Extensieve bloemen	Lelie	797	471	1359	160	32	303	766	743	780
Potplanten		Schefflera	848 ⁴	791	904	36	-	-	81	-	-

¹ N-aanvoer kunstmest + N uit organische producten, exclusief plantmateriaal.

² De minimaal of maximaal berekende N-aanvoer, N-overschot of N-concentratie behoren niet automatisch bij elkaar.

³ Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties

⁴ Voor potplanten is 1 bedrijfstype doorgerekend. Door twee niveaus van denitrificatie worden twee niveaus van N-aanvoer berekend, terwijl het overschot en de concentratie niet veranderen.

De berekende P-aanvoer varieerde tussen de bedrijfstypen voor grondteelten van 135 tot 298 kg P per ha per jaar (Tabel 2). De berekende P-aanvoer bij substraatteelten varieerde van 34 tot 440 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor de verschillende bedrijfstypen en bij potplanten was de berekende P-aanvoer 148 kg ha⁻¹ jr⁻¹.

Tabel 2. Berekende gemiddelde (gem.) P-aanvoer (kg P ha⁻¹ jr⁻¹), P-overschot (kg P ha⁻¹ jr⁻¹) en P-concentratie (mg P l⁻¹) in het percolaat en de minimale (min.) en maximaal (max.) berekende waarde.

Teelt- methode	Gewasgroep	Voorbeeld- gewas	P-aanvoer ¹			P-overschot ²			P-concentratie ^{2,3}		
			gem.	min	max.	gem.	min	max.	gem.	min.	max.
Grond- teelten	Vruchtgroente	Tomaat	227	159	283	-25	-101	27	-	-	-
	Overige groente	Sla	155	125	187	29	9	51	-	-	-
	Intensieve bloemen	Chrysant	228	153	298	133	73	188	-	-	-
	Extensieve bloemen	Fresia	177	135	219	26	-17	51	-	-	-
Substraat- teelten	Groenten	Tomaat	366	295	440	41	10	83	44	42	47
	Intensieve bloemen	Roos	142	100	188	27	12	44	30	29	31
	Extensieve bloemen	Lelie	59	34	88	27	6	50	30	29	32
Potplanten		Schefflera	148 ⁴	-	-	3	-	-	2	-	-

¹ P-aanvoer kunstmest + P uit organische producten, exclusief plantmateriaal.

² De minimaal of maximaal berekende P-aanvoer, P-overschot of P-concentratie behoren niet automatisch bij elkaar.

³ Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

⁴ Voor potplanten is 1 bedrijfstype doorgerekend.

De milieubelasting is berekend volgens de balansmethode. Aan de afvoerszijde staat de N die met het geogoste product wordt afgevoerd. De denitrificatie, die met extreem veel onzekerheden is omgeven, werd voor grondteelten op dagbasis berekend met een eenvoudig model waarbij de invloed van grondsoort, ontwatering (vochtverzadigingsgraad), potentiële denitrificatie en nitraatconcentratie in ogenschouw wordt genomen. Vanwege met name de onzekere schatting van de parameters die de invloed van de vochtverzadigingsgraad op de denitrificatie voorspellen, zijn de berekeningen voor een tweetal situaties uitgerekend, één waarbij de waarden van de parameters leiden tot een hoge denitrificatie en één tot een lage denitrificatie. Voor substraatteelten en potplanten is de denitrificatie berekend als een percentage van de totale hoeveelheid N-input. Ook hier is met een bandbreedte voor een hoge respectievelijk lage denitrificatie gerekend.

Het aldus berekende N-overschot (aanvoer minus denitrificatie minus afvoer geogost product) wordt verondersteld de vracht te zijn aan stikstof die zijn weg zal vinden naar het milieu. Door de vracht te delen door het irrigatieoverschot wordt een eerste indicatie verkregen van de concentratie van nitraat in het percolaat. Bij bedrijfstypen met een negatief irrigatieoverschot kan sowieso geen concentratie berekend worden.

Het berekende N-overschot varieerde van 0 tot 1052 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor grondteelten en van 32 tot 303 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor substraatteelten en was 36 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor potplanten (Tabel 1). De bijbehorende N-concentratie varieerde van 81 mg l⁻¹ voor potplanten tot ruim 2500 mg l⁻¹ voor de grondteelt van sla. De minimaal of maximaal berekende N-aanvoer, N-overschot of N-concentratie behoren niet automatisch bij elkaar.

Het berekende P-overschot varieerde van 0 (-101) tot 188 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor grondteelten, van 6 tot 83 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor substraatteelten en bedroeg 3 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor potplanten. De bijbehorende P-concentratie voor substraatteelten varieerde van 28 tot 47 mg l⁻¹ en was 2 mg l⁻¹ voor potplanten. Voor de grondteelten is geen concentratie berekend. Vergelijking met de GlaMi verificatierapporten, waarin geregistreeerde data voor N en P staan, gaf aan dat er voor een aantal teelten (tomaat, roos, chrysant) goede overeenstemming is tussen de berekende en geregistreeerde N en P aanvoer. Voor sommige teelten (sla, lelie) was de afwijking om onduidelijke redenen echter groot.

Conclusies

De variatie in bedrijfstypen en van gewassen in de glastuinbouw is groot. In deze studie is rekening gehouden met deze grote variatie en daardoor is de variatie in berekende N- en P-aanvoer eveneens groot. Echter, de studie heeft niet alle variatie binnen de glastuinbouw in de berekeningen kunnen meenemen.

In deze studie was het noodzakelijk om een aantal aannames te doen voor het berekenen van de gebruikshoeveelheden voor N en P. Deze aannames zijn zorgvuldige afgewogen.

Voor het opstellen van gebruiksnormen, waarbij optimale productie mogelijk is, kan de hier genoemde gebruikshoeveelheid genomen worden. Zijn er binnen de gewasgroep veel gewassen die met minder N toekunnen, dan zal bij het volledig benutten van de gebruiksnorm de milieubelasting toenemen. Als er een gewas of bedrijfstype binnen een gewasgroep is, die voor een optimale bemesting een hogere N-aanvoer nodig heeft dan de gebruiksnorm, dan kan productie daling optreden.

Grondteelten

Duidelijk is geworden dat voor het behalen van de gewenste milieukwaliteit het niet voldoende is om zich te richten op een beperking van de N-aanvoer (of betere benutting van de gegeven stikstof) alleen. De beregeningshoeveelheid en daarmee gepaard gaande het beregeningsoverschot is een minstens zo belangrijk factor voor de uiteindelijke concentraties van N in het bovenste grondwater en het oppervlaktewater, omdat zowel uitspoeling als denitrificatie beïnvloed worden. Zowel de N-aanvoer als het watergeefregime zullen in de uiteindelijk normstelling een plaats moeten krijgen.

Substraatteelten

De grootste verliezen worden bij substraatteelten veroorzaakt door spui. De kwaliteit van het irrigatiewater, zowel regen- als leidingwater hebben daar een grote invloed op.

Potplanten

Voor potplanten is het moeilijk conclusies te trekken, door de grote variabiliteit aan gewassen en teeltsystemen en het ontbreken van gegevens. Het N- en P-overschot zijn relatief gering en worden uitsluitend veroorzaakt door lekkageverliezen.

Vracht versus concentratie

In alle gevallen is er een sterke samenhang tussen het irrigatieoverschot, de vracht en de NO_3 concentratie. Een kleine vracht gaat samen met kleine hoeveelheden verlies, terwijl de berekende concentratie vele malen hoger kan zijn dan de concentratie van de nitraatrichtlijn. Het verminderen van het neerslagoverschot heeft zowel bij grondteelten, substraatteelten en potplanten niet automatisch tot gevolg dat de concentratie afneemt. De vracht verandert in veel situaties niet mee, waardoor de concentratie juist toeneemt. Er is een afweging nodig wat het milieu het zwaarst belast: (1) een klein N-bodemoverschot met een klein beregeningsoverschot, resulterend in een geringe hoeveelheid percolaat met een hoge nitraatconcentratie of (2) een groter N-bodemoverschot met een groot beregeningsoverschot en als gevolg daarvan een grotere hoeveelheid percolaat met een lagere nitraatconcentratie.

1. Inleiding

1.1 Achtergronden

De EU wil wetenschappelijk onderbouwde gebruiksnormen voor het gebruik van stikstof en fosfaat in de glastuinbouw. In 1997 hebben overheden en de glastuinbouwsector het Convenant Glastuinbouw en Milieu (GlaMi) ondertekend. Het Convenant bevat sectordoelstellingen voor 2010 voor onder andere het gebruik van meststoffen. De sectordoelstelling is in het Besluit Glastuinbouw van 2002 vertaald naar doelstellingen voor individuele bedrijven. In het Besluit zijn voor de milieuvelden energie, gewasbeschermingsmiddelen, stikstof en fosfor verbruiksdoelstellingen per gewas (gebruiksnormen) opgenomen (Anonymus, 2000).

De gebruiksnormen zijn gebaseerd op een evenredige inspanning van de gewasgroepen voor het behalen van de sectordoelstelling in 2010. De gewasnormen zijn gebaseerd op een verdeling van de 'verbruikskoek', waarbij de omvang van de 'verbruikskoek' is gebaseerd op de publicatie 'Mest meester in de glastuinbouw' (IKC-L, 2000). Op verzoek van de Stuurgroep GlaMi heeft een college van deskundigen twee rapporten uitgebracht over de hoogte en systematiek van de huidige GlaMi-gewasnormen.

Voor het vaststellen van de oorspronkelijke gewasnormen is gebruik gemaakt van registratiegegevens van tuinders (MPS, MBT), voor het evaluatieadvies is gebruik gemaakt van de GLAMI verificatierapporten, een set gegevens afkomstig van de Uitvoeringsorganisatie Integrale Milieutaakstelling (UO-IMT) die de rapportages van de registratiegegevens van de tuinders verwerkt.

1.2 Opdracht

Aan de Werkgroep Onderbouwing Gewasnormen Glastuinbouw (WOGG) is de opdracht gegeven een methodiek te ontwikkelen waarmee wetenschappelijke onderbouwde gebruiksnormen kunnen worden opgesteld. In overleg met de opdrachtgever is voor de aanpak gekozen dat wordt berekend hoeveel N en P noodzakelijk is (gebruikhoeveelheid) voor een tuinbouwkundig optimaal bemestingsadvies. Dit optimale advies is gericht op het modern geleide bedrijf met een optimale productie, waarbij op het vlak van watergift en bemesting teeltrisiko's zoveel mogelijk worden vermeden, maar waarbij wel de bedrijfsvoering erop gericht is de emissie zoveel mogelijk te beperken. Het opstellen van een gebruiksnorm is nadrukkelijk geen onderdeel van het project.

1.3 Aanpak

In dit rapport wordt een set van wetenschappelijk onderbouwde tuinbouwkundig optimale gebruikshoeveelheden voor stikstof (N) en fosfor (P) voor de glastuinbouw gepresenteerd. De glastuinbouw is voor het vaststellen van de tuinbouwkundige optimale gebruikshoeveelheden onderverdeeld in diverse teeltmethoden: grondteelten, substraatteelten en potplanten. Binnen deze teeltmethoden zijn de gewassen gegroepeerd in gewasgroepen en voor iedere gewasgroep is een voorbeeldgewas benoemd (Tabel 3).

Voor de berekening van de tuinbouwkundig optimale gebruikshoeveelheden is de werkwijze gevolgd zoals is voorgesteld in de 'Verkenning gebruiksnormen voor nutriënten bij grondteelten onder glas: methodiekontwikkeling en voorbeeldstudie voor chrysanten' van Pronk *et al.* (2005). De daar beschreven methodiek is aangepast voor recirculerende (gesloten) substraatteelten en recirculerende (gesloten) potplantenteelten onder glas. Tevens zijn twee emissiebeperkende maatregelen meegenomen waarmee in de 'Verkenning' geen rekening gehouden is. Ten eerste wordt rekening gehouden met de opvang van condenswater en ten tweede heeft ieder bedrijf een waterbassin met een opslagcapaciteit van $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ voor regen-, condens- en recirculatiewater. De aanvoer van N en P wordt berekend aan de hand van de benodigde irrigatiehoeveelheid en de concentratie voedingsstoffen in het irrigatiewater. De berekende tuinbouwkundig optimale gebruikshoeveelheden worden vergeleken met de registratiegegevens van het 'uitvoeringsorgaan uniforme milieuregistratie'.

De milieubelasting is eveneens berekend conform de werkwijze van Pronk *et al.* (2005) en ook hier is de methodiek aangepast voor substraatteelten en de potplantenteelt. De milieubelasting wordt geschat aan de hand van het N-

respectievelijk P-overschot en het irrigatieoverschot. Het overschot is het verschil tussen de aanvoerposten en de afvoerposten.

Kort samengevat omvat deze studie de volgende onderdelen:

- A. Het aggregeren van teelten.
- B. Het opstellen van een systematiek, analoog aan de systematiek voor grondteelten, voor de berekeningen voor substraatteelten en voor de potplantenteelt.
- C. Het berekenen van het benodigde gebruik en de emissie van N, P en water voor de verschillende teelten.
- D. Vergelijking met rapportage gegevens: toetsing van gebruikshoeveelheden voor N bij de gewassen die representatief zijn voor een gewasgroep.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de bouwstenen die gebruikt kunnen worden voor het opstellen van gebruiksnormen voor N en P. In hoofdstuk 2 wordt het systeem beschreven, de afbakening toegelicht en wordt een indeling gemaakt in teeltmethoden en gewasgroepen, en voorbeeldgewassen benoemd. Hoofdstuk 3 beschrijft hoe het tuinbouwkundig optimaal bemestingsadvies voor de benoemde voorbeeldgewassen gedefinieerd is en tot stand gekomen is, en de daarbij behorende aanvoer van N en P. De milieueffecten van de gebruikshoeveelheden worden toegelicht in hoofdstuk 4. Hierbij worden alle aanvoer- en afvoerposten besproken en de aannames benoemd. In hoofdstuk 5 staan de resultaten van de berekeningen en wordt de milieukwaliteit besproken. De berekende gebruikshoeveelheden worden in hoofdstuk 6 vergeleken met de GLAMI rapporten. In hoofdstuk 7 worden in de discussie enkele kantekeningen geplaatst bij de gevolgde werkwijze en de uitkomsten.

2. Beschrijving van het systeem en afbakening

2.1 Indeling in teeltsystemen, gewasgroepen en voorbeeldgewassen

Onder kasteelten worden alle teelten verstaan die in een kas plaatsvinden. In een kas worden veel gewassen geteeld met evenzoveel teeltsystemen. De teelten worden allereerst ingedeeld in de gangbare drie groepen: grondteelten, substraatteelten en potplanten. In de projectgroep is de keuze gemaakt deze hoofdingeling verder onder te verdelen op vergelijkbare teeltwijzen. Zo worden de grondteelten onderverdeeld in vruchtgroenten, overige groenten en intensieve en extensieve bloemen; de substraatteelten in groenten en bloemen (Tabel 3). Bij elke gewasgroep is een voorbeeldgewas gekozen dat als representatief wordt beschouwd voor die gewasgroep. Hiervoor zijn gewassen geselecteerd waarvan een groot areaal geteeld wordt en waarvan voldoende gegevens bekend zijn. Bij de potplanten is geen verdere onderverdeling gemaakt. Weliswaar is er een grote variatie in soorten en typen potplanten, echter het ontbreekt momenteel aan voldoende gegevens om een indeling te maken die relevant is. Er is voor het voorbeeldgewas *Schefflera* gekozen omdat van dit gewas vrij veel gegevens voorhanden waren. Daarnaast bleek uit vergelijking met materiaal dat wel voorhanden was dat deze teelt een goede representant is van de categorie groene en bonte planten. Ook zijn niet alle gewasgroepen vertegenwoordigd. Een belangrijke gewasgroep die niet meegenomen is in deze studie, is de opkweek van groenten en siergewassen. Deze gewasgroep is bijzonder divers en op dit moment zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om deze gewasgroep in de studie mee te nemen. Het project is uitgevoerd met enkele vooraf vastgestelde randvoorwaarden. Ieder bedrijf in deze studie heeft een waterbassin van 500 m³ per ha. Ook vangt ieder bedrijf in deze studie condenswater op. Deze randvoorwaarden zijn van invloed op de hoeveelheid water die uit andere bronnen (oppervlaktewater en leidingwater) nodig is voor de irrigatie, op de totale hoeveelheid irrigatiewater en op de kwaliteit van het irrigatiewater. Bij de grondteelten is in de studie uitgegaan van bedrijven zonder recirculatie, bij de substraatteelten en potplantenteelten is uitgegaan van volledig recirculerende bedrijven.

Tabel 3. Indeling van gewassen naar teeltmethoden, in gewasgroepen en het voorbeeldgewas.

Teeltmethoden	Gewasgroep	Gewas
Grondteelten	Vruchtgroenten	Tomaat
	Overige groenten	Sla
	Intensieve bloemen	Chrysant
	Extensieve bloemen	Fresia
Substraatteelten	Groenten	Tomaat
	Intensieve bloemen	Roos
	Extensieve bloemen	Lelie
Potplanten	Niet onderverdeeld	<i>Schefflera</i>

2.2 Bedrijfstypen

2.2.1 Algemene factoren

De teelt in kassen wijkt op een aantal onderdelen af van de teelten in de open lucht. Het meest opvallende verschil is dat het klimaat in een kas tot een bepaalde hoogte zelfstandig en onafhankelijk van het weer buiten geregeld kan worden. Neerslag in de vorm van beregening is volledig onder controle van de ondernemer. De temperatuur wordt

door de ondernemer (binnen bepaalde grenzen) op de gewenste hoogte gehouden. De stralingsniveaus zijn in een onbelichte kas lager dan in de open teelten omdat het glas een bepaalde fractie van het licht wegvangt. Aan de andere kant wordt in moderne kassen in een aantal gevallen het gewas juist extra belicht om de gewasgroei te bevorderen, de zogenaamde assimilatiebelichting. Deze omstandigheden maken het mogelijk dat in een kas het gehele jaar door geproduceerd wordt.

Voor de in deze studie relevante aspecten water- en mestgebruik, bestaan grote verschillen tussen teelten. Daarnaast zijn er binnen een gewasgroep tussen individuele glastuinbouwbedrijven grote verschillen. Een aantal factoren zijn in dit verband relevant en worden in deze studie meegenomen om inzicht te krijgen in de onvermijdelijke spreiding in N en P gebruikshoeveelheid. Enkele factoren zijn algemeen, sommige teeltspecifiek. De volgende algemene factoren worden onderscheiden:

Klimaat

De hoeveelheid beregeningswater die in de praktijk wordt toegediend is gebaseerd op de evapotranspiratie. De evapotranspiratie is op dagbasis sterk afhankelijk van straling, temperatuur en vochtdeficit van de lucht. Hier wordt evenwel uitgegaan van een standaard jaar en blijft de variatie tussen jaren buiten beschouwing. Van belang is wel op te merken dat als gevolg van de verschillen in klimatologische situatie de actuele evapotranspiratie en als gevolg daarvan, de actuele watergiften in de praktijk van jaar tot jaar enorm kunnen verschillen. Als standaardjaar is het langjarig gemiddelde (30 jaar) van het weerstation van PPO Naaldwijk genomen. Voor de kasklimaatgegevens is uitgegaan van de gemiddelden van een database met meetgegevens van de betreffende voorbeeldgewassen uit Tabel 3.

Gewas

De transpiratie is sterk verschillend per gewas (Voogt & Houter, 2003). Om de totale aanvoer van stikstof en fosfaat via de bemesting te kunnen bepalen, is het daarom noodzakelijk te rekenen met de transpiratie op gewasniveau. In deze studie is met de transpiratie van de voorbeeldgewassen uit Tabel 3 gerekend. Hoewel verschillende cultivars ook verschillende transpiratie kunnen hebben is dat in deze studie niet meegenomen.

Assimilatiebelichting

Hierbinnen is een grote variatie: lichtefficiëntie (lamptype, reflector), geïnstalleerd vermogen, branduren. Ter vereenvoudiging wordt hier alleen gerekend met één factor: het wel of niet aanwezig zijn. Per gewas zijn specifieke factoren in rekening gebracht voor de berekening van de invloed op de evapotranspiratie (zie bij gewassen)

Kastype

Een derde variatiebron is het verschil tussen kastypen. De verschillen tussen kastypen (kashoogte, kasdek materiaal, ruitgrootte, nokrichting, kasdekhelling) kunnen teruggebracht worden tot de factor lichtdoorlatendheid (transmissiewaarde). In de berekeningen wordt dit ter vereenvoudiging teruggebracht tot een 'oude kas', met een gemiddelde lichtdoorlatendheid van 65 % en een 'moderne kas' met een lichtdoorlatendheid van 80 %.

2.2.2 Factoren bij grondteelten

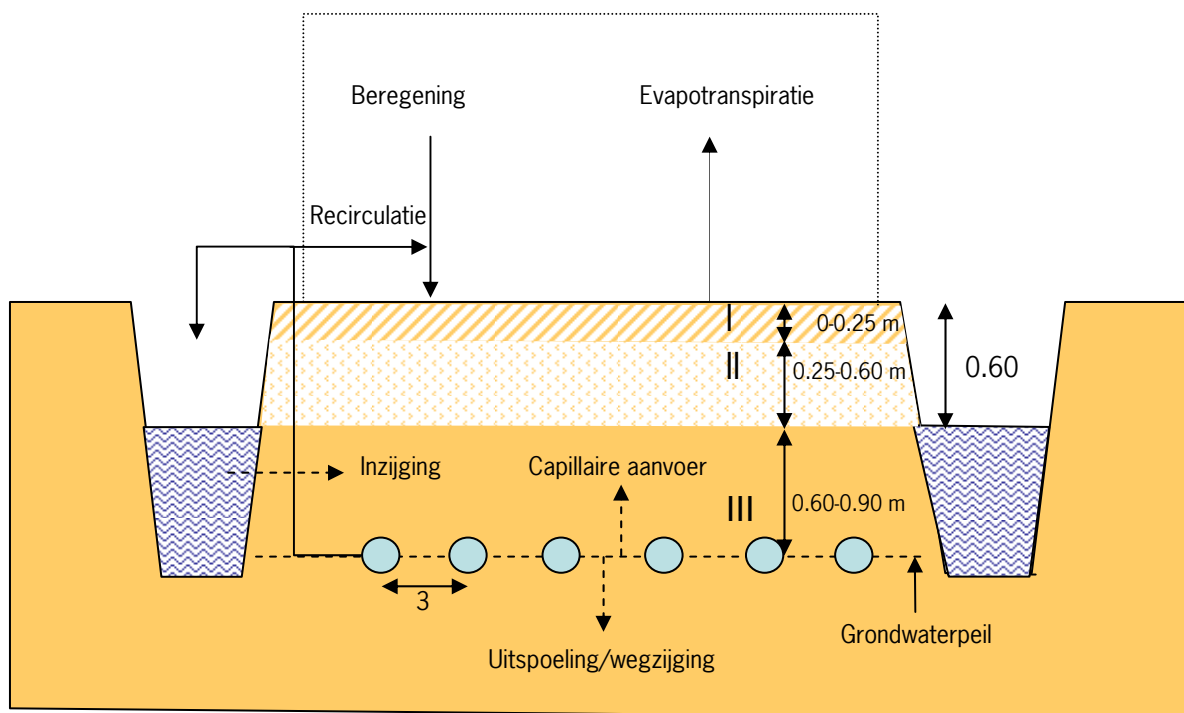
Bij niet recirculerende grondteelten zijn de volgende specifieke aspecten relevant om onderscheid te maken tussen bedrijfstypen:

Grondsoort

Van de in glastuinbouw gebruikte bodemtypen worden alleen zand, klei en klei met hoog organisch stofgehalte (venige klei, >15% organische stof) beschouwd (Tabel 4 en Tabel 5). Het effect van de grondsoort hangt samen met het vochtbergend vermogen en de waterretentiecurve. Bij zandgronden wordt frequenter en meer water gegeven dan bij kleigronden. Bij venige klei wordt bovendien gedurende de winterperiode nauwelijks water gegeven (Korsten, 1998; Voogt *et al.*, 2002; Voogt *et al.*, 2003; Voogt *et al.*, 2000b; Voogt *et al.*, 1999; Voogt & Van Winkel, 2004). In de navolgende tabellen worden de volgende afkortingen voor de verschillende grondsoorten aangehouden, zandgrond = zand, venige klei = venig en kleigrond = klei.

Ontwatering

De ontwateringssituatie van een kas is eveneens sterk afwijkend van teelten in de vollegrond (Voogt *et al.*, 2003). Een deel van de bedrijven liggen in poldergebieden met een voor de kasteelt te hoog polderpeil. Er wordt dan een gesloten drainagesysteem toegepast met onderbemaling (Figuur 1). De drains liggen op ongeveer 0,90 m diep op een onderlinge afstand van 3 meter onder het gehele kascomplex. Bij deze type bedrijven is er potentieel de mogelijkheid van capillaire opstijging. De grondwaterstand wordt op 0,60 tot 0,90 m diep gehouden. Door de onderbemaling en de hoge waterstand van het oppervlaktewater (slootwaterpeil), vindt horizontale verplaatsing plaats van het water uit de sloot naar onder de kas (inzijging). Ook kan er water worden aangevoerd vanuit het diepere grondwater door waterdruk vanuit verder weg gelegen hogere gebieden of oppervlaktewater (kwel). Daarnaast kan er tussen de drains uitspoeling of wegzijging optreden, indien het sloot- of polderpeil (periodiek) lager is dan het drainageniveau. Bij deze bedrijven komen drie grondsoorten voor: zand, klei en venige klei. Zand en klei zijn de gangbare grondsoorten, venige klei is een kleigrond waar veenresten doorgewerkt zijn en deze grond heeft daardoor een hoog percentage organische stof (>15%). Echte veengronden volgens het systeem van bodemclassificatie komen in de glastuinbouw slechts sporadisch voor. In de meeste gevallen zijn het wel moerige bodems, die vallen in de klassen venige klei / zand of kleiig veen. Daarnaast zijn er bedrijven met een grondwaterstand dieper dan ca 1 m. Op deze bedrijven is geen drainagesysteem aangelegd, dit is niet werkzaam of drainage wordt alleen gebruikt voor seizoensgebonden kwelbestrijding (rivierengebied). De vochtvoorziening is volledig afhankelijk van beregening, de bijdrage van capillaire opstijging is verwaarloosbaar of volledig afwezig. Deze bedrijven liggen vrijwel uitsluitend op zand- en leemhoudende zandgronden. De grond op deze bedrijven is gevoeliger voor uitdroging, er wordt frequenter en meer water gegeven dan bij overeenkomstige bodemtypen met ondiep grondwater.



Figuur 1. Schematisch overzicht van de waterhuishouding van een glastuinbouwbedrijf met onderbemaling.

Het systeem met onderbemaling heeft een complexe waterhuishouding. In deze studie is de waterhuishouding echter sterk vereenvoudigd. Deze vereenvoudiging wordt gemaakt door aan te nemen dat er 1. geen inzijing vanuit de slootkant optreedt en 2. dat er geen kwel vanuit het ondiepe grondwater optreedt. Aan de onderzijde van het systeem wordt de grens van het systeem op drainniveau getrokken. Indien er geen drain aanwezig is door een diepe grondwaterstand wordt een fictieve ondergrens van het systeem aangehouden die op 0,85 m ligt.

De berekeningen hebben daardoor betrekking op het identificeren van het bodemoverschot tot aan het drainniveau, respectievelijk de fictieve ondergrens. Samen met het berekende neerslagoverschot (berekening-verdamping, beide op jaarbasis) kan berekend worden wat de belasting is van het oppervlaktewater (lozing via drain) of van het ondiepe grondwater (uitspoeling tussen de drains).

Tabel 4. *Overzicht van de verschillende bedrijfstypen voor de grondteelten en de doorgerekende (ja = doorgerekend; nee = niet doorgerekend) bedrijfssystemen voor de gewassen **tomaat** en **sla**.*

Bedrijfstype	Type kas	Assimilatiebelichting	Grondsoort ¹	Type ontwatering ²	Tomaat	Sla
G1	nieuw	nee	zandgrond	diep grondwater	ja	ja
G2	oud	ja	zandgrond	diep grondwater	nee	nee
G3	oud	nee	zandgrond	diep grondwater	ja	ja
G4	nieuw	nee	zandgrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G5	oud	ja	zandgrond	onderbemaling 0,85 m	nee	nee
G6	oud	nee	zandgrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G7	nieuw	nee	venige klei	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G8	oud	ja	venige klei	onderbemaling 0,85 m	nee	nee
G9	oud	nee	venige klei	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G10	nieuw	nee	kleigrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G11	oud	ja	kleigrond	onderbemaling 0,85 m	nee	nee
G12	oud	nee	kleigrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja

¹ Afgekort tot zand, venig en klei.

² Afgekort tot diep en ondiep.

Tabel 5. *Overzicht van de verschillende bedrijfstypen voor de grondteelten en de doorgerekende (ja = doorgerekend; nee = niet doorgerekend) bedrijfssystemen voor de gewassen **chrysant** en **fresia**.*

Bedrijfstype	Typekas	Assimilatiebelichting	Grondsoort ¹	Type ontwatering ²	Chrysant	Fresia
G1	nieuw	ja	zandgrond	diep grondwater	ja	ja
G2	oud	ja	zandgrond	diep grondwater	ja	ja
G3	oud	nee	zandgrond	diep grondwater	ja	ja
G4	nieuw	ja	zandgrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G5	oud	ja	zandgrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G6	oud	nee	zandgrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G7	nieuw	ja	venige klei	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G8	oud	ja	venige klei	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G9	oud	nee	venige klei	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G10	nieuw	ja	kleigrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G11	oud	ja	kleigrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja
G12	oud	nee	kleigrond	onderbemaling 0,85 m	ja	ja

¹ Afgekort tot zand, venig en klei.

² Afgekort tot diep en ondiep.

2.2.3 Factoren bij substraatteelten

Substraatteelten onderscheiden zich van de grondteelten doordat er los van de grond geteeld wordt. Hoewel er diverse soorten substraat worden toegepast en er ook diverse teeltsystemen zijn, is het overgrote deel van de substraatteelt steenwol op goten. Er is geen onderscheid naar substraattypen gemaakt. Wel is evenals bij grondteelten onderscheid gemaakt in kastype en wel of niet toepassen van assimilatiebelichting.

De watergift vindt plaats d.m.v. druppelbevloeiing, waarbij altijd een overdosering plaatsvindt. Het overtollige water (drainwater) wordt opgevangen en na eventuele ontsmetting hergebruikt (gesloten teeltsysteem).

Vanwege de gevoeligheid van een gesloten teeltsysteem voor zoutaccumulatie én de verschillen in zoutdepositie op het kasdek en zoutgehalten van hemelwater is bovendien onderscheid gemaakt tussen ligging (kust of binnenland). Bij de start van de teelt is een hoeveelheid voeding nodig om het nutriënteniveau in het teeltsysteem op te bouwen. Na afloop van de teelt wordt het substraatmateriaal afgevoerd.

Tijdens de teelt vindt soms een gedeeltelijke lozing plaats van het drainwater. In de praktijk zijn hiervoor diverse redenen. In deze studie wordt dit echter beperkt tot een lozing indien de Na-concentratie de toegestane Na norm in het drainwater overschrijdt. Daarnaast wordt uitgegaan van een bepaalde lekkage en verlies aan water door schoonmaken en onderhoud aan het watergeefstelsel (spoelverliezen).

Het systeem in deze berekeningen wordt begrensd aan de onderzijde door de loopfolie onder het opvang en transportsysteem van het drainwater (de goten, buffervat, afvoer- en transportleidingen), aan de zijkanten door de kasgevel en in de apparatenruimte de leidingen en apparaten voor waterbehandeling (unit, filters, ontsmetter, mengbak). Aan de bovenzijde is de systeemgrens in feite het plantenwortelstelsel. Overschrijdingen van deze grens worden gezien als gewasopname of evaporatie. Met ander woorden, het overschot aan water en nutriënten wordt geïdentificeerd als het verlies via spuileidingen naar het riool, of via een overloop van de drain-opvangtank, of lekkage door de folie naar de ondergrond.

Tabel 6. *Overzicht van de verschillende bedrijfstypen voor substraatteelten en de doorgerekende (ja = doorgerekend; nee = niet doorgerekend) bedrijfssystemen voor de gewassen **tomaat**, **roos** en **lilie**.*

Bedrijfstype	Type kas	Assimilatiebelichting	Ligging	Tomaat	Roos	Lilie
S1	nieuw	ja	kust	ja	ja	ja
S2	nieuw	ja	binnenland	ja	ja	ja
S3	oud	ja	kust	ja	ja	ja
S4	oud	ja	binnenland	ja	ja	ja
S5	nieuw	nee	kust	ja	ja	ja
S6	nieuw	nee	binnenland	ja	ja	ja
S7	oud	nee	kust	ja	ja	ja
S8	oud	nee	binnenland	ja	ja	ja

2.2.4 Factoren bij de teelt van potplanten

Van de potplantenteelt waren relatief weinig gegevens bekend. Er is een grote variatie aan typen potplanten, potmaten, teeltduur etc. Er werd getracht uit de beschikbare gegevens een algemeen beeld te halen. Gezien de gebrekkige gegevens, was het niet mogelijk en betrouwbaar genoeg om voor de diverse bedrijfssystemen aparte berekeningen te maken. Er is gekozen voor één bedrijfstype: een nieuwe kas met assimilatiebelichting. Potplanten zijn zeer zoutgevoelig. Daarom is, in afwijking van de substraatteelt, uitgegaan van altijd zeer goed gietwater en treedt spui in de berekeningen niet op. Bedrijven langs de kust maken gebruik van methoden om zouten uit het irrigatiewater te halen, bv. omgekeerde osmose, waardoor in deze studie extra berekeningen voor ligging niet meegenomen worden. Bij potplanten zijn qua teeltsysteem de randvoorwaarden en berekeningen hetzelfde als die van substraatteelt, echter er is ook rekening gehouden met de aanvoer van nutriënten via het teeltmedium, veelal potgrond. De afvoer van nutriënten in het teeltmedium, (accumulatie in de pot, vooral de bovenlaag van de potkluit door het toegepaste eb/vloed systeem), bij aflevering wordt toegerekend aan het product en wordt daardoor niet als verliespost naar het milieu beschouwd.

3. Tuinbouwkundig optimaal bemestingsadvies

Met tuinbouwkundig optimaal bemestingsadvies wordt een advies bedoeld voor de watergift en de bemesting die nodig is voor goede productie en een goede kwaliteit van het product. De studie richt zich hierbij op het moderne goed geleide bedrijf, waarbij emissies van nutriënten naar het milieu worden beperkt.

In de Nederlandse adviezen voor de teelt onder glas wordt gestreefd naar het handhaven van een gewenste **concentratie** stikstof en fosfaat in het wortelmilieu. Bij grondteelten is dat in de 0,0 - 0,25 m diepe teeltlaag, bij substraatteelten en potplanten is dat in het substraat respectievelijk de potgrond. Ten behoeve van de EU-regelgeving is het echter gewenst een geadviseerde gift uit te drukken in kg N/ha en zijn in deze studie de bemestingsadviezen vertaald van concentraties ($\text{mmol l}^{-1} \text{jr}^{-1}$) naar hoeveelheden ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$). Hiervoor zijn enkele aannames gedaan (zie hoofdstuk 4.1).

Bij **grondteelten** wordt, om de hierboven genoemde concentratie in het wortelmilieu te handhaven het irrigatiewater van nutriënten voorzien volgens meststoffenrecepten en concentratie adviezen. Het principe is dus het regelen van de concentratie en de samenstelling van een voedingsoplossing, in afhankelijkheid van analysesresultaten. Er wordt vanuit gegaan dat niet alleen bij aanvang van een teelt, maar ook tijdens de teelt regelmatig monsters genomen worden om de concentratie in het wortelmilieu bij te sturen. De N concentratie in het wortelmilieu is de belangrijkste factor die de te geven hoeveelheid nutriënten in de voedingsoplossing bepaalt. De andere voedingselementen worden naar verhouding mee gedoseerd. Te hoge of te lage concentraties van een bepaald voedingselement in de analyse worden gecorrigeerd door verlaging c.q. verhoging van de concentratie van dit element in de voedingsoplossing. Aan de basis staat dus een zogenaamde voedingsoplossing, een fictieve oplossing met voor de hoofd-elementen gewenste concentraties, die als standaard geldt. Deze voedingsoplossing is berekend op een min of meer willekeurige totale ionensom (EC-waarde). In feite zijn het ionenverhoudingen ten opzichte van elkaar.

De irrigatie/berekening zelf is niet gekoppeld aan de recepten, maar de totale irrigatiehoeveelheid heeft wel erg veel invloed op de totale hoeveelheid stikstof in $\text{kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$, die aan het gewas gegeven wordt. De irrigatie is gebaseerd op de gewas- + bodemverdamping (hier verder evapotranspiratie genoemd) welke op zijn beurt afhankelijk is van kastype en assimilatiebelichting en is verder gespecificeerd per type teelt. Ook wordt de irrigatie aangepast aan de grondsoort en de ontwateringssituatie. Voor details zie paragraaf 2.2.2. Omdat in deze studie uitgegaan wordt van bedrijfstypen zonder hergebruik van drainwater wordt de totale aanvoer van kunstmest berekend door de concentratie kunstmest in het irrigatiewater te vermenigvuldigen met de totale hoeveelheid irrigatie.

Bij de **substraatteelten** wordt de dosering afgestemd op een streefwaarde voor de EC in het wortelmilieu. De EC in het wortelmilieu is een factor 1,2 – 2 maal hoger dan de gemiddelde EC die wordt gedoseerd (Voogt, 1993). De voedingsamenstelling is gebaseerd op een basis oplossing (de standaard voedingsoplossing). Deze is per gewas verschillend. Soms zijn er ook standaard specifieke aanpassingen aan het gewasstadium. Vanuit de standaardvoedingsoplossing worden geconcentreerde mestoplossingen bereid. De standaardvoedingsoplossing is er op gericht de gewenste streefwaarden in het wortelmilieu te realiseren. Deze streefwaarden zijn ook per gewas verschillend. Bij substraatteelt wordt uitgegaan van gesloten teeltsystemen. In principe wordt er 10 – 40 % meer geïrrigeerd dan het gewasverbruik, echter dit wordt hergebruikt. Het druppelwater bestaat dus uit een mengsel van drainwater en vers (schoon) water. Hieraan wordt zoveel van het meststoffenmengsel toegevoegd dat de gewenste druppel EC wordt bereikt. Aanpassingen aan de samenstelling van de voedingsoplossing worden gedaan op basis van analyses die regelmatig, eens per week of per 2 weken, worden genomen. De EC wordt meestal dagelijks gemeten.

Omdat het drainwater wordt hergebruikt zijn er in principe geen verliezen. Bij een oplopend Na-concentratie mag worden gespuid en geloosd op het riool als een drempelwaarde wordt overschreden. Deze drempelwaarden zijn vastgesteld bij wet (Bgtb). Naast lozing zal er in de praktijk enig verlies optreden door lekkage, onderhoud van druppelsystemen (het afspuien) of schoonmaken en terugspoelen van filters.

Bij **potplanten** wordt de dosering die meegegeven wordt met het irrigatiewater, eveneens afgestemd op een streefwaarde voor nutriënten in het wortelmilieu. Evenals bij substraatteelten, wordt de voedingsoplossing afgestemd op het gewas en in een aantal gevallen aangepast aan het groeistadium van het gewas. Voor de berekening voor potplanten is uitgegaan van een gesloten systeem. Ook hier geldt dat het drainwater wordt hergebruikt en dat er daardoor in principe geen verliezen zijn.

Voor ieder bedrijfstypen uit Tabel 4 en Tabel 6 en het potplantenbedrijfstype, wordt voor elk gewas eerst de beregeningshoeveelheden berekend en vervolgens op basis van de gewasspecifieke concentraties de aanvoer van stikstof en fosfor in kg/ha.

3.1 De evapotranspiratie

Voor het berekenen van de evapotranspiratie per bedrijfstype per gewas, is een gestandaardiseerde methode gebruikt (De Graaf, 1988), bijlage II) De evapotranspiratie wordt gebaseerd op een genormaliseerde gewasverdamping + bodemverdamping (gewasverdamping + bodemverdamping wordt evapotranspiratie genoemd) en correctiefactoren voor kastype en assimilatiebelichting. Bij een nieuw kastype is de evapotranspiratie 18% hoger dan de genormaliseerde evapotranspiratie. Bij chrysant (grond), roos, lelie en tomaat (substraat) is het effect van assimilatiebelichting meegerekend. Dit is per gewas verschillend. Er wordt uitgegaan van een intensiteit van $130 \mu\text{mol PAR m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($\approx 10.000 \text{ lux m}^{-2}$). Het aantal branduren is voor chrysant gesteld op max. 10 gedurende de korte dag fase en 20 tijdens de lange dag. Verondersteld is dat er continu een oppervlakteverhouding is van 80 % korte 20 % lange dag. Bij roos is gerekend met maximaal 20 uren continu belichting, bij tomaat met maximaal 18 uren. Het werkelijk aantal branduren is geschat op basis van de gemiddelde straling. Er wordt belicht zodra de globale straling buiten minder is dan 100 W m^{-2} .

3.2 Bron en kwaliteit van het irrigatiewater

De bedrijfstypen in deze studie maken gebruik van verschillende soorten water voor de irrigatie van de gewassen. Alle bedrijven gebruiken regenwater. De opslagcapaciteit voor water, die ieder bedrijf ter beschikking heeft, is $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Deze opslagcapaciteit wordt het waterbassin genoemd. Het waterbassin wordt gevuld met regenwater en met condenswater. In alle berekeningen wordt eerst geïrrigeerd vanuit het waterbassin. Als dit waterbassin leeg is, wordt het waterbassin aangevuld met ander soortig water totdat aan de behoefte voor irrigatie voldaan is. Bij grondteelten is dit oppervlaktewater, bij substraatteelten en potplanten wordt leidingwater gebruikt. De hoeveelheid beschikbaar regenwater is berekend op weekbasis, aan de hand van het langjarig gemiddelde van de neerslag van meetstation Naaldwijk. Voor de zoutbalans is het gebruikte volume van de verschillende herkomsten van belang. In de berekening is voor het vullen van het bassin volgende prioriteitsvolgorde aangehouden: 1) condenswater, 2) beschikbaar regenwater, 3) aanvullend water.

Na-aanvoer

Het regenwater heeft standaard een Na concentratie van $0,2 \text{ mmol l}^{-1}$ (Tabel 7). Bedrijven die vlak langs de kust liggen hebben echter te maken met meer zoutdepositie op de kas vanuit de zee en daardoor met hogere zoutconcentraties in het opgevangen regenwater. Dit geldt met name voor de strook van de kust tot ongeveer 5 km landinwaarts. Door deze hogere zoutdepositie loopt de zoutconcentratie tijdens de teelt sneller op en zal eerder water geloosd worden. Voor de berekeningen is uitgegaan van twee situaties: vlak bij de kust met een hogere zoutconcentratie en verder van de kust met een lagere zoutconcentratie. Aangezien voor substraatteelt vooral natrium (Na) de bottleneck vormt, is in de berekeningen alleen met dit element gerekend. Ook waar in dit rapport over 'zout' wordt gesproken wordt in feite Na bedoeld. De concentratie Na in het regenwater is sterk afhankelijk van de neerslag en de neerslagverdeling (Anonymus, 1981; Sonneveld *et al.*, 1976). Bij de berekeningen zijn in deze studie de Na-concentraties in het regenwater aangehouden zoals in Tabel 7 vermeld.

Tabel 7. De gehanteerde zoutconcentraties in het regenwater voor bedrijven met een ligging tot 5 km (kust) en vanaf 5 km (ZHG) van de kust (Delftland 1974-1976, KNMI, 1976-1980).

Neerslag kleiner dan (mm/etmaal)	Na-concentratie kust (mmol l ⁻¹)	Na-concentratie ZHG
1	1	0,2
10	0,75	0,2
15	0,5	0,2
20	0,35	0,2
>20	0,35	0,2

In de glastuinbouw zijn diverse herkomsten van leidingwater. Voor dit rapport is uitgegaan van een Na-concentratie van 1,8 mmol l⁻¹. Dit is het gemiddelde concentratie van het leidingwater in het Zuid-Hollands Glastuinbouwdistrict. De gemiddelde Na-concentratie in het oppervlaktewater is 2,2 mmol l⁻¹. Er wordt vanuit gegaan dat deze concentraties representatief zijn voor de glastuinbouw. Voor het condenswater is een Na-concentratie van 0 mmol l⁻¹ aangehouden.

3.3 Grondteelten

3.3.1 Uitgangspunten

Het water is primair regenwater, aanvullend oppervlaktewater. Hergebruik van drainwater zal op sommige bedrijven mogelijk zijn, en verlaagd de hoeveelheid oppervlaktewater die nodig is. In dit rapport is vanwege de complexe situatie beschreven in hoofdstuk 2, geen rekening gehouden met hergebruik. Het oppervlaktewater bevat een hoeveelheid Na die op termijn tot verzouting zou kunnen leiden. Er wordt echter vooral regenwater gebruikt en voor de grondteelten wordt geen Na-balans berekend.

3.3.2 Berekening van de irrigatiehoeveelheid

De irrigatiehoeveelheid wordt eveneens uitgerekend volgens een gestandaardiseerde methode. De irrigatiehoeveelheid is in eerste instantie gelijk aan de evapotranspiratie en wordt vervolgens gecorrigeerd voor grondsoort en type ontwatering volgens de correctiefactoren uit Tabel 8. Het effect van de grondsoort op de irrigatiehoeveelheid hangt samen met het vochtbergend vermogen en de waterretentiecurve. Bij zandgronden wordt frequenter en meer water gegeven dan bij kleigronden. Bij venige klei wordt bovendien gedurende de winterperiode nauwelijks water gegeven (Korsten, 1998; Voogt *et al.*, 2002; Voogt *et al.*, 2003; Voogt *et al.*, 2000b; Voogt *et al.*, 1999; Voogt & Van Winkel, 2004). Het type ontwatering heeft eveneens invloed op de irrigatiehoeveelheid. Een gewas geteeld met een diepe grondwaterstand zonder actieve ontwatering, is gevoeliger voor uitdroging: er wordt frequenter en meer water gegeven dan bij overeenkomstige bodemtypen met ondiep grondwater.

Voor het vaststellen van de gangbare irrigatiehoeveelheden in de praktijk moet tevens rekening gehouden worden met een veiligheidsmarge. Deze veiligheidsmarge wordt gehanteerd om de ongelijkheid van het beregeningssysteem tussen plaatsten in de kas te compenseren en bedraagt 15% extra.

Irrigatie die om andere redenen dan het voorzien van het gewas van water wordt uitgevoerd, wordt in deze studie buiten beschouwing gelaten.

Tabel 8. De toegepaste correctiefactoren ter berekening van de irrigatiehoeveelheid per bedrijfstype.

Grondsoort	Zand	1,125	Factor
	Venige klei	0,8	Factor
	Klei	1,08	Factor
Ontwatering	Diep grondwater	1,15	Factor
	Onderbemaling 0,85 m	1,00	Factor

De irrigatiehoeveelheid wordt uiteindelijk berekend als:

$$\text{Irrigatiehoeveelheid} = \text{evapotranspiratie} * \text{correctiefactor grondsoort} * \text{correctiefactor ontwatering} * \text{veiligheidsmarge} \quad (\text{mm jr}^{-1}) \quad [1]$$

3.3.3 Berekening van de N- en P-aanvoer

Stikstof

Voorraadbemesting van N vindt in principe niet plaats, met uitzondering van slateelt. De bemestingsadviesbasis gaat voor de bemesting van N uit van het systeem van een streefwaarde voor de grond, onderzocht d.m.v. het 1:2 volume-extract. De geadviseerde doseerconcentratie is hiervan afhankelijk. Rondom het streefcijfer wordt met een marge van + en - 30 %, het zogenaamde streeftraject, de standaard dosering geadviseerd. Beneden het streeftraject wordt een lineaire verhoging van de doseerconcentratie geadviseerd, tot (virtueel) maximaal 2* de standaard-dosering bij 0 N in de grond. Boven het streeftraject wordt de dosering lineair verlaagd tot 0, bij 2,5 maal de streefwaarde. Het feitelijke bemestingsadvies is dus afhankelijk van de heersende N-toestand in de teelt. Deze toestand wordt beïnvloed door het complex van alle N-stromen in het verloop van de tijd, zoals gift, opnamesnelheid, uitspoeling, mineralisatie en denitrificatie, bij uiteenlopende grondsoorten. De doseerconcentratie die in de hier beschreven methodiek gehanteerd wordt, zal daarom met deze terugkoppelingseffecten rekening moeten houden. Dit is gedaan door de gemiddelden te nemen van de werkelijk geadviseerde en uitgevoerde bemesting. De gegevens zijn ontleend aan de Bemestings Adviesbasis (De Kreij, 1999; Van den Bos *et al.*, 1999) en in aanvulling daarop is gebruik gemaakt van een database van het BLGG (Lugt G van der, pers. communicatie) en metingen op bedrijven (Voogt *et al.*, 2002; Voogt *et al.*, 2000b; Voogt *et al.*, 1999). Uit de toepassing van deze bepalingwijze volgt dat bij klei en venige kleigronden gemiddeld een hogere dosering wordt geadviseerd dan bij zandgronden (Tabel 11, Tabel 12 en Tabel 13). De uiteindelijke hoeveelheid stikstof aangevoerd met kunstmest wordt berekend door de concentratie te vermenigvuldigen met de hoeveelheid irrigatiewater.

Voor de berekeningen van de voorbeeldsituaties van dit rapport is ervan uitgegaan dat de N-toestand in de bodem normaal is. Dat houdt in dat de N-concentraties in het 1:2 extract zich binnen het streeftraject bevinden.

Fosfor

De P-bemesting is gebaseerd op het in stand houden van een voldoende hoog P-niveau in de bodem voor optimale gewasgroei. De P-bemesting in de Bemestings Adviesbasis Grond bestaat uit twee delen: 1. voorafgaande aan de teelt wordt een voorraadbemesting gegeven; 2. tijdens de teelt wordt, net als bij N, gecontroleerd of aan de streefwaarde in het 1:2 volume-extract voldaan wordt en beneden het streeftraject wordt P bijbemest via de berekening met een geadviseerde doseerconcentratie.

Voor het bepalen van de P-voorraadbemesting wordt gebruik gemaakt van de Bemestings Adviesbasis Grond (Van den Bos *et al.*, 1999). Het Advies is gebaseerd op één of twee bodemkundige bepalingen voorafgaande aan de teelt: P-Al (mg/100 g grond) of P-Al en P_(1:2) in het 1:2 extract (mmol/l extract). Deze dienen iedere 4 jaar bepaald te worden. Afhankelijk van de waardering van de uitkomsten wordt een bemesting uitgevoerd (Tabel 9). Bij de waardering normaal voor P-Al (41 - 121) wordt een onderhoudsbemesting van 50 kg P ha⁻¹ gegeven, tenzij de P_w hoger is dan 0.10: dan is er geen P-bemesting nodig. Als P-Al hoger is dan 121 is bij geen enkele P_(1:2) een P-bemesting nodig. Bij lagere P-Al (<41) wordt de adviesgift hoger, tot 400 kg P ha⁻¹ bij zeer lage P_(1:2) (Tabel 9). Indien geen P-Al

cijfer bekend is, maar toch een advies gegeven moet worden voor de voorraadbemesting, dan is het schema in Tabel 10 te gebruiken (Van den Bos *et al.* 1999).

P wordt bijbemest indien tijdens de teelt de concentratie in het 1:2 volume-extract lager is dan 0,05 mmol l⁻¹. Er vindt geen bijbemesting plaats bij concentraties in het extract >0,20 mmol l⁻¹.

Omdat een actuele P-gift volledig afhankelijk is van een grondanalyse is de keuze gemaakt om het P-niveau in de bodem te berekenen. Voor de voorbeeldgewassen in deze studie is het uitgangspunt dan de P-toestand gemiddeld is. Gekozen is voor een PAL, P_(1:2) combinatie waarbij 50 kg P-voorraadbemesting wordt gegeven en een P_(1:2) van < 0,1 mmol l⁻¹.

Tabel 9. Schema voor het vaststellen van de fosforgift als voorraadbemesting, uitgedrukt in kg P ha⁻¹ bij de gegeven P-AI en P-watercijfers (1:2) (overgenomen van Van den Bos *et al.*, 1999).

P _(1:2)	P-AI				
	0-20	21-40	41-80	81-120	>121
<0,05	400 ¹	300	200	100	0
0,06-0,10	300	200	100	50	0
0,11-0,15	** ²	100	50	0	0
0,16-0,20	**	50	0	0	0
>0,20	**	0	0	0	0

¹ Na twee jaar een nieuw basisonderzoek laten uitvoeren voor een juiste bepaling van het P-AI-cijfer.

² Combinatie is zeer onwaarschijnlijk.

Tabel 10. Schema voor het vaststellen van de fosforgift als voorraadbemesting, uitgedrukt in kg P ha⁻¹ indien alleen een P_w bekend is (overgenomen van Van den Bos *et al.*, 1999).

P _(1:2)	P-gift (kg ha ⁻¹)
<0,05	200
0,05-0,10	100
>0,10	0

3.3.4 Specifieke toelichtingen per gewas

Tomaat

De bemesting van tomaat in de grond wordt uitgevoerd zoals in hoofdstuk 3.3.3 beschreven. Wel dient nog opgemerkt te worden dat bij de grondteelt van tomaat geen bedrijfstypes met assimilatiebelichting meegenomen zijn. De resultaten van de zo berekende evapotranspiratie, beregeningshoeveelheid, N-aanvoer met kunstmest + organische N en de P-aanvoer met de voorraadbemesting, bijbemesting + organische P, staan in Tabel 11.

Tabel 11. *Berekende evapotranspiratie per bedrijfstype (tussen haakjes de indeling van kastype, met of zonder assimilatiebelichting, grondsoort en ontwatering), de bijbehorende irrigatiehoeveelheden, de concentratie stikstof volgens Advies in het irrigatiewater en de N-aanvoer in kg N ha⁻¹ en de P-aanvoer (inclusief N en P met organisch materiaal) voor tomaat in de grond.*

Bedrijfstype ⁴	Evapo-	Irrigatie-	Concentratie	N-	Concentratie	P-
	transpiratie	hoeveelheid	N ¹	aanvoer ²	P ¹	aanvoer ³
	(mm jr ⁻¹)	(mm jr ⁻¹)	(mmol l ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	(mmol l ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)
G1 (nieuw, nee, zand, diep)	902	1341	10,5	2072	0,5	283
G2 (oud, ja, zand, diep)	- ⁵	-	-	-	-	-
G3 (oud, nee, zand, diep)	764	1137	10,5	1771	0,5	251
G4 (nieuw, nee, zand, ondiep)	902	1166	10,5	1815	0,5	256
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	-	-	-	-	-	-
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	764	988	10,5	1553	0,5	228
G7 (nieuw, nee, venig, ondiep)	902	829	15	1742	0,5	179
G8 (oud, ja, venig, ondiep)	-	-	-	-	-	-
G9 (oud, nee, venig, ondiep)	764	703	15	1476	0,5	159
G10 (nieuw, nee, klei, ondiep)	902	1120	12	1956	0,5	242
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	-	-	-	-	-	-
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	764	949	12	1669	0,5	216

¹ De concentratie in het beregeningswater is conform de uitwerking van de Bemestings Adviesbasis Grond (Van den Bos *et al.*, 1999).

² Aangenomen is dat de jaarlijkse aanvoer van N in de vorm van organisch materiaal op de zand- (G1-G6), veen- (G7-G9) en kleibedrijven (G10-G12) respectievelijk 100, 0 en 75 kg ha⁻¹ is.

³ Aangenomen is dat de jaarlijkse voorraadbemesting van 50 kg ha⁻¹ kunstmest-P en de aanvoer van P in de vorm van organisch materiaal op de zand- (G1-G6), veen- (G7-G9) en kleibedrijven (G10-G12) respectievelijk 25, 0 en 18 kg ha⁻¹ is.

⁴ Voor een uitgebreide toelichting van de bedrijfstypen zie Tabel 4.

⁵ Bedrijfstype niet meegenomen in de berekeningen.

Sla

De bemesting van sla wordt in de praktijk anders uitgevoerd dan bij tomaat en chrysant. In de Bemestings Adviesbasis Grond (Van den Bos *et al.*, 1999) wordt naast de bemesting met het irrigatiewater een voorraadbemesting geadviseerd. Ook deze voorraadbemesting bestaat uit een advies voor de concentratie stikstof in het 1:2 volume-extract. De te geven gift wordt gecorrigeerd voor de nog aanwezige stikstof van de vorige teelt. De voorraadbemesting is gedifferentieerd naar teelt en in de adviesbasis worden 9 teelten onderscheiden, waarbij zowel het gewicht van de krop (<250 g/krop, 250-340 g/krop, >340 g/krop) als het tijdstip van planten (zomer-, winter- en voorjaarsteelt) onderscheiden worden. Omdat het bijmesten tijdens de teelt in de praktijk doorgaans achterwege blijft, is in deze studie gewerkt met een voorraadbemesting die voor de gehele teelt voldoende is. In de berekeningen is uitgegaan van 6 en een halve teelt per jaar van zware sla (>340 g/krop). Tussen iedere teelt is een kleine periode braak. Doordat de gift gecorrigeerd wordt voor de residuele hoeveelheid stikstof in de bouwvoor (diepte bouwvoor 0,25 m) moet hiervoor een schatting gemaakt worden. Deze residuele hoeveelheid stikstof in de bouwvoor hangt af van de uitspoeling en de denitrificatie. Omdat denitrificatie berekend is met een parameterset voor een hoge en een lage denitrificatie heeft dit direct invloed op de residuele hoeveelheid N in de bouwvoor en op de benodigde N-gift voor de volgende teelt (zie ook paragraaf 4.4.4). Dit komt tot uitdrukking in Tabel 12 door een N-aanvoer bij een hoge respectievelijk lage berekende denitrificatie. Het gaat hier om een dynamisch systeem waarin de gift afhangt van de handelingen voorafgaande aan de gift.

Ook P wordt niet bijbemesting tijdens de teelt en daarom wordt ook voor de P-bemesting een afwijkende berekening gevolgd. Er is gezocht naar een manier om een bedrijfstype- en gewasafhankelijke P-gift te realiseren. Daarom is aangenomen dat de P-gift in gelijke verhouding tot de N-gift gegeven wordt. De verhouding tussen de N- en P-gift

voor sla is ontleent aan de gemiddelde verhouding van de andere gewassen in de vollegrond van deze studie. Gemiddeld wordt bij de andere grondteelten 0,06 mmol P per mmol N gegeven. Deze verhouding is toegepast op de berekende P-gift voor sla. In Tabel 12 staan de gesommeerde resultaten, uitgedrukt per jaar.

Tabel 12. Berekende evapotranspiratie per bedrijfstype (tussen haakjes de indeling van kastype, met of zonder assimilatiebelichting, grondsoort en ontwatering), de bijbehorende irrigatiehoeveelheden, de concentratie stikstof volgens Advies in het beregeningswater en de N-aanvoer bij een lage (f_s laag) en hoge (f_s hoog) denitrificatie in $\text{kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ en de N- en P-aanvoer in $\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (inclusief met organisch materiaal) voor sla in de grond.

Bedrijfstype ⁴	Evapo-	Irrigatie-	Start ¹	N-aanvoer ²		P-aanvoer ³
	transpiratie	hoeveelheid		(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)		
	(mm jr ⁻¹)	(mm jr ⁻¹)	(mmol l ⁻¹)	f_s hoog	f_s laag	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)
G1 (nieuw, nee, zand, diep)	790	1168	5,5	1733	1551	187
G2 (oud, ja, zand, diep)	- ⁵	-	-	-	-	-
G3 (oud, nee, zand, diep)	677	1025	5,5	1576	1398	161
G4 (nieuw, nee, zand, ondiep)	790	1015	5,5	1508	1260	178
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	-	-	-	-	-	-
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	677	891	5,5	1395	1143	153
G7 (nieuw, nee, venig, ondiep)	790	857	5,5	1259	774	157
G8 (oud, ja, venig, ondiep)	-	-	-	-	-	-
G9 (oud, nee, venig, ondiep)	677	737	5,5	1175	751	125
G10 (nieuw, nee, klei, ondiep)	790	966	5,5	1741	1142	151
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	-	-	-	-	-	-
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	677	847	5,5	1686	1043	128

¹ Gewenste N- concentratie in bouwvoor bij iedere start van de teelt van sla, conform de uitwerking van de Bemestings Adviesbasis Grond (Van den Bos et al., 1999). Deze concentratie wordt door een voorraad-bemesting verkregen, rekening houdend met de hoeveelheid N die al aanwezig was.

² Aangenomen jaarlijkse aanvoer N met organisch materiaal op de zand- (G1-G6), veen- (G7-G9) en kleibedrijven (G10-G12) respectievelijk 100, 0 en 75 kg N ha⁻¹ is.

³ Aangenomen jaarlijkse voorraadbemesting: 50 kg ha⁻¹ kunstmest-P, aanvoer P met organisch materiaal op de zand- (G1-G6), veen- (G7-G9) en kleibedrijven (G10-G12) respectievelijk 25, 0 en 19 kg ha⁻¹ is.

⁴ Voor een uitgebreide toelichting van de bedrijfstypen zie Tabel 4.

⁵ Bedrijfstype niet meegenomen in de berekeningen.

Chrysant

De bemesting van chrysant wordt uigevoerd zoals beschreven in hoofdstuk 3.3.3. De resultaten van de zo berekende evapotranspiratie, beregeningshoeveelheid en N- en P-aanvoer met kunstmest + organisch materiaal staan in Tabel 13.

Tabel 13. *Berekende evapotranspiratie per bedrijfstype (tussen haakjes de indeling van kastype, met of zonder assimilatiebelichting, grondsoort en ontwatering), de bijbehorende Irrigatiehoeveelheden, de concentratie stikstof volgens Advies in het irrigatiewater en de N- en P-aanvoer in kg ha⁻¹ jr⁻¹ (inclusief met organisch materiaal) voor chrysant in de grond.*

Bedrijfstype ⁴	Evapo- transpiratie	Irrigatie- hoeveelheid	Concen- tratie ¹	N- aanvoer ²	Concen- tratie ¹	P- aanvoer ³
	(mm jr ⁻¹)	(mm jr ⁻¹)	(mmol l ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	(mmol l ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)
G1 (nieuw, nee, zand, diep)	966	1437	8	1709	0,5	298
G2 (oud, ja, zand, diep)	836	1244	8	1493	0,5	268
G3 (oud, nee, zand, diep)	721	1073	8	1301	0,5	241
G4 (nieuw, nee, zand, ondiep)	966	1249	8	1499	0,5	269
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	836	1082	8	1311	0,5	243
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	721	933	8	1145	0,5	220
G7 (nieuw, nee, weinig, ondiep)	966	889	11	1368	0,5	188
G8 (oud, ja, weinig, ondiep)	836	769	11	1184	0,5	169
G9 (oud, nee, weinig, ondiep)	721	663	11	1022	0,5	153
G10 (nieuw, nee, klei, ondiep)	966	1199	9,5	1670	0,5	254
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	836	1038	9,5	1456	0,5	229
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	721	895	9,5	1266	0,5	207

¹ De concentratie in het beregeningswater is conform de uitwerking van de Bemestings Adviesbasis Grond (Van den Bos et al., 1999).

² Aangenomen jaarlijkse aanvoer N met organisch materiaal op de zand- (G1-G6), veen- (G7-G9) en kleibedrijven (G10-G12) respectievelijk 100, 0 en 75 kg N ha⁻¹ is.

³ Aangenomen jaarlijkse voorraadbemesting: 50 kg ha⁻¹ kunstmest-P, aanvoer P met organisch materiaal op de zand- (G1-G6), veen- (G7-G9) en kleibedrijven (G10-G12) respectievelijk 25, 0 en 18 kg ha⁻¹.

⁴ Voor een uitgebreide toelichting van de bedrijfstypen zie Tabel 5.

Fresia

In deze studie is conform de praktijk uitgegaan van twee teelten per jaar. Een mogelijke intensivering in de komende jaren tot 2,2 teelten per jaar is niet meegenomen. Ondanks dat in de praktijk belichting de norm is, zijn voor de volledigheid ook berekeningen gemaakt voor bedrijven zonder belichting.

De factor voor het effect van de instraling op de verdamping en overige verdampingsgegevens werden verkregen van Van der Burg (1997). De betreffende factor, die het effect van instraling op verdamping gaf, werd gesteld op 1,3 mm cm⁻² J⁻¹ Van der Burg (1997); Pronk, mond. med.).

Bij het berekenen van de aanvoerposten van stikstof en fosfor bij fresia is, naast de aanvoer met organische mest (compost) en kunstmest, ook het plantmateriaal meegenomen. De N- respectievelijk P-aanvoer met de knollen is meegenomen omdat vanuit het plantmateriaal stikstof en fosfor afgevoerd wordt (zie paragraaf 4.4.3). De aanvoer is berekend volgens Van den Bos (1997) en bedraagt voor N 720 mmol per netto m² beteeld oppervlak per teelt. De kasbenutting is op 80 % gesteld. Zodoende was de N-aanvoer met de knollen: $720 * 14 * 0,8 * 10^2 / 1000 = 160$ kg N ha⁻¹ jr⁻¹. Voor P is dit $59 * 32 * 0,8 * 10^2 / 1000 = 30$ kg P ha⁻¹ jr⁻¹.

De N- en P-aanvoer met de organische bemesting werd geschat op basis van gegevens uit de praktijk. In de praktijk wordt een 2,5 cm dikke laag van chrysantenpotjes (chrysantencompost) per twee jaar opgebracht en doorgewerkt. De dichtheid van deze compost werd geschat op 500 kg m⁻³, de N-concentratie op 0,5 % (rekening houdend met een N-werkingscoëfficiënt). De berekende N-aanvoer met compost is $2,5 * 0,01 * 10000 * 500 * 0,005 = 63$ kg N ha⁻¹ jr⁻¹. De P-aanvoer is 16 kg ha⁻¹ jr⁻¹.

De bijbemesting wordt uitgevoerd conform de Bemestings Adviesbasis Grond – Bloemenklasse 3 (Van den Bos et al., 1999). De resultaten van de zo berekende evapotranspiratie, beregeningshoeveelheid en N- en P-aanvoer met kunstmest + organisch materiaal staan in Tabel 14.

Tabel 14. *Berekende evapotranspiratie per bedrijfstype, de bijbehorende irrigatiehoeveelheden, de concentratie stikstof volgens Advies in het irrigatiewater en de N- en P-aanvoer in kg ha⁻¹ jr⁻¹ (inclusief N met organisch materiaal) voor fresia in de grond.*

Bedrijfstype ⁴	Evapo-	Irrigatie-	Concen-	N-	Concen-	P-
	transpiratie	hoeveelheid	tratie ¹	aanvoer ²	tratie ¹	aanvoer ³
	(mm jr ⁻¹)	(mm jr ⁻¹)	(mmol l ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	(mmol l ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)
G1 (nieuw, nee, zand, diep)	642	956	8	1133	0,5	219
G2 (oud, ja, zand, diep)	553	845	8	1009	0,5	201
G3 (oud, nee, zand, diep)	467	694	8	840	0,5	177
G4 (nieuw, nee, zand, ondiep)	642	850	8	1014	0,5	202
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	553	716	8	865	0,5	180
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	467	604	8	739	0,5	162
G7 (nieuw, nee, weinig, ondiep)	642	591	10	973	0,5	160
G8 (oud, ja, weinig, ondiep)	553	509	10	847	0,5	147
G9 (oud, nee, weinig, ondiep)	468	431	10	726	0,5	135
G10 (nieuw, nee, klei, ondiep)	642	872	11	1283	0,5	205
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	558	693	11	1033	0,5	177
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	468	581	11	877	0,5	159

¹ De concentratie in het beregeningswater is conform de uitwerking van de Bemestings Adviesbasis Grond (Van den Bos et al., 1999).

² Aangenomen jaarlijkse aanvoer N met organisch materiaal: 63 kg N ha⁻¹ is.

³ Aangenomen jaarlijkse voorraadbemesting: 50 kg ha⁻¹ kunstmest-P; P in de vorm van organisch materiaal: 16 kg ha⁻¹.

⁴ Voor een uitgebreide toelichting van de bedrijfstypen zie Tabel 5.

3.4 Substraatteelten

3.4.1 Uitgangspunten

Bij de berekening van de irrigatiehoeveelheid en de bepaling van de doseerconcentraties voor substraatteelten zijn een aantal uitgangspunten gehanteerd. Er is sprake van een gesloten systeem. Dat betekent dat het drainwater wordt opgevangen en hergebruikt. Zoals in paragraaf 3.2 reeds is aangegeven wordt ook het condenswater opgevangen en hergebruikt. De hoeveelheden condenswater per gewas staan in Tabel 17, Tabel 18 en Tabel 19. In deze studie wordt drainwater geloosd als de natriumconcentratie in het wortelmilieu hoger is dan de voor het betreffende gewas geldende Na-concentratie volgens het Besluit Glastuinbouw van 2002.

3.4.2 Berekening van de N- en P-aanvoer

De aanvoer van N en P wordt berekend op basis van de afvoer met het gewas + hoeveelheid N respectievelijk P in de spoel- en lekwater, en in spui. Immers, alle N die afgevoerd wordt met het gewas is op een gegeven moment tijdens de teelt aangevoerd. De verliesposten zijn daar bovenop nog aangevoerd. De hoeveelheden N en P in lek en spui zijn berekend door de hoeveelheden te vermenigvuldigen met de N- respectievelijk P-concentratie (Tabel 15). De N- en P-concentratie in het lekwater wordt berekend als een gemiddelde van de concentratie in het substraatsysteem en het irrigatiewater en zijn gewasspecifiek. Bij spui wordt de streefwaarde van de N- en P-concentratie van het substraatsysteem aangehouden. De uiteindelijke N-aanvoer (kg ha⁻¹ jr⁻¹) wordt aldus berekend:

$$\text{N-aanvoer} = \text{N-afvoer gewas} + (\text{N-concentratie substraatsysteem} + \text{N-concentratie irrigatiewater})/2 * \text{hoeveelheid lek} + \text{N-opstartniveau} + \text{hoeveelheid in spui} \quad (\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}) [2]$$

En de hoeveelheid lek is:

$$\text{Hoeveelheid lek} = \text{hoeveelheid spoelwater} + \text{lekverlies} \quad (\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}) \quad [3]$$

Analoog aan stikstof is de P-aanvoer ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$):

$$\text{P-aanvoer} = \text{P-afvoer gewas} + (\text{P-concentratie substraatsysteem} + \text{P-concentratie irrigatiewater})/2 * \text{hoeveelheid lek} + \text{P-opstartniveau} + \text{hoeveelheid in spui} \quad (\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}) \quad [4]$$

en de hoeveelheid lekverlies wordt voor P op dezelfde wijze berekend als voor stikstof, formule 3 alleen met P i.p.v. met N.

Tabel 15. De streefconcentratie (mmol l^{-1}) van het substraatsysteem en de concentratie van het irrigatiewater voor N en P.

Gewas	Irrigatiewater		Substraatsysteem	
	N	P	N	P
Tomaat	21,5	2	23,0	1
Roos	11,25	1,25	12,5	0,9
Lelie	11,25	1,25	12,5	0,9

3.4.3 Berekening van het opstartniveau

De inhoud van het substraatsysteem (matvolume) bedraagt bij tomaat $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, bij roos $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. De hoeveelheid stikstof in het systeem is 32 kg N ha^{-1} bij tomaat en 36 kg N ha^{-1} bij roos (Tabel 16).

Bij lelie wordt $1150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ per teelt aangevoerd waarmee 1 kg potgrondmeststof wordt aangevoerd per m^3 met een samenstelling van $14+16+18 (\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O})$. Dit komt bij twee teelten per jaar, een intering van 50% en een vervangingswaarde van 5% neer op een aanvoer van $1783 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ potgrond met een jaarlijkse N-aanvoer van 276 kg ha^{-1} en 138 kg P ha^{-1} .

Tabel 16. De hoeveelheid stikstof en fosfor (kg ha^{-1}) aanwezig in het wortelmilieu bij de start van de teelt (opstartniveau) en de wensconcentratie in het wortelmilieu.

Gewas	Opstartniveau N	Opstartniveau P	Concentratie N	Concentratie P
	(kg ha^{-1})	(kg ha^{-1})	(mmol l^{-1})	(mmol l^{-1})
Tomaat	32	3	23,0	1
Roos	26	4	12,5	0,9
Lelie	276	138	-	-

3.4.4 Berekening van de irrigatiehoeveelheid en spui

Analoog aan de berekeningswijze voor de evapotranspiratie bij grondteelt, wordt bij substraatteelt eveneens de irrigatiehoeveelheid in eerste instantie gelijk gesteld aan de berekende verdamping (hierbij geen grondverdamping). De tijdstap voor deze berekeningen is 1 week en de berekeningen worden uitgevoerd met standaard klimaatgegevens. Vervolgens wordt bij deze irrigatiehoeveelheid (eigenlijk gewasverdamping) een hoeveelheid van 2% opgeteld,

als zijnde 1% spoelwater en 1% lekverlies. Daarna wordt de hoeveelheid spui berekend. De hoeveelheid spui is afhankelijk van het bereiken van de Na grens in het substraatsysteem (paragraaf 3.4.5). De volgende stappen in de berekening worden achtereenvolgens genomen, alle eenheden per ha. Het niveau van het waterbassin wordt op 1 januari gelijk gesteld aan 500 m³. Wekelijks wordt het waterniveau van het waterbassin berekend door het waterverbruik te verrekenen met de gemiddelde hoeveelheid neerslag (langjarig gemiddelde neerslagpatroon gesommeerd per week) en de hoeveelheid condenswater. Indien door een groter waterverbruik dan aanvulling vanuit neerslag en condens, het waterniveau in het waterbassin daalt en een minimum niveau heeft bereikt van 25 m³, wordt leidingwater bijgemengd. Zodra door meer neerslag en condens, het waterniveau in het waterbassin > 25 m³ wordt, stopt de bijmenging van leidingwater. Voor elke week wordt via de balansmethode de actuele Na-concentratie in het bassinwater en in het substraatsysteem berekend, zie paragraaf 3.4.5.

De uiteindelijke hoeveelheid water die nodig was voor de teelt (irrigatiehoeveelheid) wordt berekend als:

$$\text{Irrigatiehoeveelheid} = \text{verdamping} + \text{spoelwater} + \text{lekverlies} + \text{spui} \quad (\text{mm jr}^{-1}) [5]$$

3.4.5 Berekening van de natriumconcentratie

De Na-concentratie van het waterbassin en het substraatsysteem wordt op weekbasis berekend met de balansmethode.

De volgende posten worden voor het berekenen van de Na-aanvoer van het waterbassin gehanteerd: aanvoer met regenwater, aanvoer met condenswater (hier op nul gesteld), aanvoer met leidingwater en afvoer met irrigatiewater (=gewasverdamping + lek + spui). De Na-aanvoer met regenwater wordt berekend aan de hand van de standaardconcentratie Na in het regenwater (Tabel 7). De aanvoer van Na met leidingwater wordt berekend met de hoeveelheid leidingwater en een Na concentratie van 1,8 mmol l⁻¹. De afvoer wordt berekend met de gemiddelde Na-concentratie van het waterbassin en de hoeveelheid irrigatiewater. De volgende balansposten worden voor het substraatsysteem gehanteerd: aanvoer met irrigatiewater, afvoer door Na-opname door gewas, afvoer met lek en afvoer door spui. De afvoer van Na door opname van het gewas wordt als volgt berekend: een gewasspecifieke opnamefractie * gewasverdamping (m³ ha⁻¹) * Na concentratie substraatsysteem (mmol l⁻¹). De gewasspecifieke opnamefractie voor tomaat, roos en lelie zijn respectievelijk 0,10, 0,08 en 0,05. De Na-afvoer met lek en spui wordt berekend als de hoeveelheid lek (2%) respectievelijk spui * Na concentratie substraatsysteem. Als de Na concentratie in het substraatsysteem een gewasspecifieke grenswaarde overschrijdt, wordt de volledige inhoud van een draintank gespuid en de Na-concentratie in het substraatsysteem geactualiseerd. De gewasspecifieke grenswaarden voor tomaat, roos en lelie zijn respectievelijk 8, 4 en 4 mmol l⁻¹.

3.4.6 Specifieke toelichtingen per gewas

Tomaat

Voor tomaat zijn geen extra specificaties van toepassing. De resultaten van de berekende gewasverdamping, irrigatiehoeveelheid, N en P-aanvoer staan in Tabel 17.

Tabel 17. *Berekende gewasverdamping (mm) per bedrijfstype, de bijbehorende irrigatiehoeveelheid (mm), de N-aanvoer bij een hoge (f_s hoog) en lage (f_s laag) reductiefactor voor vocht en de P-aanvoer voor substraatteelt **tomaat**.*

Bedrijfstype	Gewas- verdamping	Irrigatiehoeveelheid (mm)			N-aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)		P-aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)
	(mm)	condens	regen	leiding	f_s hoog	f_s laag	
S1 (nieuw, ja, kust)	1093	212	609	310	2075	1887	440
S2 (nieuw, ja, binnen)	1093	212	609	302	2041	1855	437
S3 (oud, ja, kust)	933	190	584	188	1607	1461	337
S4 (oud, ja, binnen)	933	190	583	183	1402	1441	336
S5 (nieuw, nee, kust)	979	159	550	303	1870	1700	395
S6 (nieuw, nee, binnen)	979	159	549	296	1838	1671	392
S7 (oud, nee, kust)	819	138	523	184	1424	1295	297
S8 (oud, nee, binnen)	819	138	522	180	1402	1275	295

Roos

De assimilatiebelichting bij roos kan oplopen tot 24 uur per dag. Het gewas heeft geen donkerperiode nodig voor de ontwikkeling. De productie kan door deze 24 uren belichting sterk toenemen. In deze studie is aangenomen dat de bedrijfstypen met assimilatiebelichting (S1 t/m S4) hier 24 uur per dag gebruik van maken. De resultaten van de berekende gewasverdamping, irrigatiehoeveelheid en N- en P-aanvoer staan in Tabel 18.

Tabel 18. *Berekende gewasverdamping (mm) per bedrijfstype, de bijbehorende irrigatiehoeveelheid (mm), de N-aanvoer bij een hoge (f_s hoog) en lage (f_s laag) reductiefactor voor vocht en de P-aanvoer voor substraatteelt **roos**.*

Bedrijfstype	Gewas- verdamping	Irrigatiehoeveelheid (mm)			N-aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)		P-aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)
	(mm)	condens	regen	leiding	f_s hoog	f_s laag	
S1 (nieuw, ja, kust)	1063	27	656	311	1522	1384	188
S2 (nieuw, ja, binnen)	1063	27	631	272	1381	1256	170
S3 (oud, ja, kust)	912	23	629	178	1233	1121	152
S4 (oud, ja, binnen)	912	23	599	142	1088	989	134
S5 (nieuw, nee, kust)	941	24	590	325	1213	1103	151
S6 (nieuw, nee, binnen)	941	24	564	270	1036	942	128
S7 (oud, nee, kust)	790	20	555	177	932	847	116
S8 (oud, nee, binnen)	790	20	532	142	806	733	100

Lelie

Lelie wordt zowel in de grond als in bakken (in potgrond) gebroeid. De oriëntaal typen worden uitsluitend in potgrond gebroeid. In deze studie is uitgegaan van een broeierij in potgrond. Er werd uitgegaan van 4 teelten per jaar (meded. Hans Pronk, DLV). De plantdichtheid bedroeg 45 bollen per m² kasoppervlak (bruto m²). De aanvoer van N en P is bij lelie wordt berekend volgens formule 2 en 4, waarbij voor de 'afvoer gewas' gelezen dient te worden de netto afvoer in bovengrondseden. Verder is als aanvoerpost het verschil tussen aanvoer – en afvoer via potgrond meegerekend. De hoeveelheid N en P in de afgevoerde bollen bedroeg voor ieder bedrijfstype 298 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ en 19 kg P ha⁻¹ jr⁻¹. De resultaten van de berekende gewasverdamping, irrigatiehoeveelheid en N- en P-aanvoer staan in Tabel 19.

Tabel 19. *Berekende gewasverdamping (mm) per bedrijfstype, de bijbehorende irrigatiehoeveelheid (mm), de N-aanvoer bij een hoge (f_s hoog) en lage (f_s laag) reductiefactor voor vocht en de P-aanvoer voor substraatteelt **lelie**.*

Bedrijfstype	Gewas- verdamping (mm)	Irrigatiehoeveelheid (mm)			N-aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹) ¹		P-aanvoer ¹ (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)
		condens	regen	leiding	f_s hoog	f_s laag	
S1 (nieuw, ja, kust)	823	21	610	197	1807	1670	293
S2 (nieuw, ja, binnen)	823	21	566	128	1556	1441	261
S3 (oud, ja, kust)	711	18	589	87	1574	1457	267
S4 (oud, ja, binnen)	711	18	540	23	1320	1226	234
S5 (nieuw, nee, kust)	727	18	566	167	1675	1550	278
S6 (nieuw, nee, binnen)	727	18	520	114	1455	1349	250
S7 (oud, nee, kust)	615	15	539	67	1466	1359	254
S8 (oud, nee, binnen)	615	15	489	17	1244	1157	226

¹ *Inclusief aanvoer van 276 kg N ha⁻¹ en 138 kg P ha⁻¹ met potgrond en 504 kg N ha⁻¹ en 67 kg P ha⁻¹ met plantmateriaal.*

3.5 Potplanten

3.5.1 Uitgangspunten

Bij de berekening van de beregeningshoeveelheid en het bepalen van de doseerconcentraties voor potplanten zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als bij de berekeningen voor substraatteelten. Er is sprake van een gesloten systeem. Dat betekent dat het drainwater wordt opgevangen en hergebruikt.

De zoutconcentraties van het regen-, condens- respectievelijk leidingwater zijn hetzelfde als in paragraaf 3.2. Er is echter vanuit gegaan dat vanwege de zoutgevoeligheid van potplanten, bedrijven in de kuststrook ten allen tijde de beschikking hebben over goed gietwater. Bij ligging aan de kust wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van ontzouting (omgekeerde osmose).

In deze studie is tevens aangenomen dat de teelt van potplanten een half jaar duurt. De berekeningen zijn daardoor gebaseerd op twee teelten per jaar.

3.5.2 Berekening van de N- en P-aanvoer

De aanvoer van N en P wordt berekend volgens formules 2, 3 en 4 met een kleine aanpassing voor het opstartniveau. Het opstartniveau bij potplanten is de hoeveelheid N respectievelijk P die aangevoerd wordt met de potgrond. De streefconcentraties voor N en P in het irrigatiewater waren respectievelijk 11,25 en 1,25 mmol l⁻¹, gebaseerd op de Bemestingsadvies Basis Potplanten (Straver *et al.*, 1999). De streefconcentraties in de potgrond waren 15 en 1,1 mmol l⁻¹ voor N en P, en zijn gebruikt voor het berekenen van de verliezen door lekkage en spui.

3.5.3 Berekening van het opstartniveau

De aanvoer van potgrond voor twee teelten per jaar bedraagt in de berekeningen 900 m³ ha⁻¹ jr⁻¹. De samenstelling van de meststof in de potgrond is 12+14+24 (N+P₂O₅+K₂O), zodat aan het begin van de teelt 54 kg N ha⁻¹ en 27,5 kg P ha⁻¹ aanwezig is. De jaarlijkse aanvoer via potgrond komt daarmee op 108 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ en 55 kg P ha⁻¹ jr⁻¹.

3.5.4 Berekening van de irrigatiehoeveelheid en spui

Analoog aan de berekeningswijze bij grond- en substraatteelt, wordt bij de teelt van potplanten de hoeveelheid water nodig voor de irrigatie in eerste instantie gelijk gesteld aan de verdamping. Bij het berekenen van de verdamping zijn de gegevens uit het onderzoek Otten (1994) en van Van Gemert (1994) gebruikt. Beide onderzoeken hadden echter betrekking op teelten zonder belichting. Zoals in paragraaf 2.2.4 werd gesteld gaat deze studie juist uit van potplantenbedrijven mét belichting. De invloed van assimilatiebelichting op de waterbehoefte is op vergelijkbare wijze berekend als hiervoor beschreven bij chrysant en roos. Er is uitgegaan van een 'licht' stookregime en een 'moderne kas' met een lichtdoorlatendheid van 80% (zie ook paragraaf 2.2.1). Vervolgens wordt volgens dezelfde rekensystematiek als beschreven in paragraaf 3.4.4, de totale irrigatiehoeveelheid berekend (formule 5).

3.5.5 Berekening van de natriumconcentratie

Potplantenbedrijven zijn al zeer lang doordrongen van het belang van uitgangswater met een zeer laag Na- en Cl-concentratie. In de berekeningen is aangenomen dat alle bedrijven regenwater gebruiken en bedrijven die in de kuststrook liggen het water zuiveren door bv. omgekeerde osmose, totdat het water de Na-concentratie heeft bereikt van regenwater buiten de kuststrook. Al het regenwater heeft daardoor een Na-concentratie van 0,2 mmol l⁻¹ (Tabel 7). De Na-opname door het gewas werd gesteld op 0,3 mmol l⁻¹ verdampt irrigatiewater. Spui treedt op bij een Na-concentratie in het drainwater van 5,0 mmol l⁻¹ (Besluit Glastuinbouw, 2002).

3.5.6 Specifieke toelichtingen per gewas

Voor de potplanten is het gewas *Schefflera* gekozen als representant. Deze keuze is voornamelijk gemaakt omdat van dit gewas als een van de weinige voldoende gegevens over bemesting en gewasopname voorhanden waren. De resultaten van de berekende gewasverdamping, irrigatiehoeveelheid en N- en P-aanvoer staan in Tabel 20.

Tabel 20. *Berekende gewasverdamping (mm), de bijbehorende irrigatiehoeveelheid (mm) en de N-aanvoer bij een hoge (f_s hoog) en lage (f_s laag) denitrificatie voor **Schefflera**.*

Gewas	Gewasverdamping	Irrigatiehoeveelheid (mm)			N-aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)		P-aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)
	(mm)	condens	regen	leiding	f_s hoog	f_s laag	
Schefflera	773	188	561	50	904	791	132

4. Methodiek voor het opstellen van de milieubelasting van de gebruikshoeveelheid

4.1 Aannames

4.1.1 Algemene aannames

De volgende aannames zijn gemaakt om de studie te kunnen uitvoeren.

Nutriëntenaanvoer:

- Alle kunstmeststikstof wordt via het irrigatiewater toegediend, behalve bij sla waar een voorraadbemesting met kunstmest gegeven wordt voorafgaande aan de teelt.
- De eventuele stikstof in het irrigatiewater wordt beschouwd als te zijn inbegrepen in de kunstmestgift.
- De gebruikshoeveelheden zijn gebaseerd op teeltsystemen en management anno 2003

Nutriëntenconcentratie in de teeltlaag:

- De concentratie stikstof in de teeltlaag is op dagbasis berekend voor de berekening van de denitrificatie.

Teeltsituatie:

- Er is over het gehele teeltoppervlak sprake van een continue d.w.z. jaarrond teelt. Voor chrysant betekent dit 4,5 teelt per jaar (oude kas, geen belichting) tot 5,3 teelt per jaar (nieuwe kas, met belichting). Bij sla zijn er 6,5 teelten per jaar met een korte periode braak tussen de teelten.
- De productie is voor het betreffende bedrijfstype optimaal.
- Verschillen tussen cultivars worden buiten beschouwing gelaten.

Transpiratieberekening werd berekend volgens PPO-transpiratiemodel (zie bijlage II voor een korte toelichting).

Assimilatiebelichting:

- De invloed van assimilatielampen op de evapotranspiratie wordt verondersteld dat zowel uitgestraald PAR licht als IR lineair de totale stralingssom verhogen. Hiertoe wordt het lampvermogen vermenigvuldigd met een rendementsfactor van 75% voor lamp en reflector. De totale straling is zodoende evenredig met het aantal branduren.

Kastype:

- In deze studie heeft een oude kastype een lichtdoorlatendheid van 70 %, een nieuwe kas van 85%.

4.1.2 Aannames voor grondgebonden teelten

De volgende aannames zijn gemaakt om de studie voor grondgebonden teelten te kunnen uitvoeren.

Waterhuishouding in de bodem:

- Er treedt geen inzijging op vanuit het hoger staande grondwaterpeil.
- Er treedt geen kwel op uit de ondergrond.
- Er vindt geen aanvoer van nutriënten plaats vanuit oppervlak of grondwater (schone omgeving).

Berekeningen mineralenopname:

- De productie en gewasverdamping verlopen lineair met het lichtniveau in de kas (gewasniveau).
- De N en P opname verlopen lineair met de productie.

Berekeningswijze N-bodemoverschot:

- Het systeem is stabiel, d.w.z. de afbraak van organische stof is gelijk aan de aanvoer met vers organisch materiaal. Derhalve is er geen netto verlies van organische stof of van stikstof uit de organische stof.
- Effecten van stomen op het N-bodemoverschot zijn niet meegenomen.
- Het bodemoverschot en emissies worden uitgedrukt in kg N/ha bruto geteeld oppervlak (inclusief rijpaden e.d., excl. ketelhuis), het bedrijfsoppervlak bestaande uit verharding e.d. wordt niet betrokken in de berekeningen.

Berekeningswijze P-bodemoverschot:

- Voor de berekening van het P-bodemoverschot gelden dezelfde aannames als bij de berekening van het N-bodemoverschot.
- De P-toestand wordt als normaal aangenomen. Dit betekent dat er alleen een onderhoudsbemesting plaatsvindt en geen reparatiebemesting zoals nodig is bij lage P-toestanden. Er wordt wel bijbemest tijdens de teelt.

4.1.3 Aannames voor substraatteelten

Teeltsituatie:

- Substraatteelt vindt plaats in een gesloten teeltsysteem.
- De fractie spoelwater en lekverliezen zijn berekend als een vaste fractie van de irrigatie.
- Spui treedt alleen op als de natrium norm in het drainwater wordt overschreden.
- Hergebruik van drainwater met bijbehorende behandeling (ontsmetting) levert geen extra verliezen op van N en P en zijn derhalve in de berekeningen niet apart meegenomen.
- P-neerslagen in het systeem worden niet gezien als verliesposten.

4.1.4 Aannames voor potplanten

Er wordt een productie aangenomen van 13.500 en 2000 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor respectievelijk de boven- en ondergrondse drogestofproductie.

4.2 Het overschot en de milieubelasting

Om uitspraken te kunnen doen over de emissie naar het grond- en oppervlaktewater is inzicht nodig in het overschot van stikstof of fosfor. Het overschot is de hoeveelheid stikstof of fosfaat die uiteindelijk zijn weg zal vinden naar het oppervlaktewater of het grondwater.

De milieubelasting wordt in dit rapport beoordeeld aan de hand van de nitraatrichtlijn met een doorkijk naar de kader-richtlijn water. Daarbij wordt een maximale nitraatconcentratie van 50 mg per liter nagestreefd (11.3 mg nitraat-N l⁻¹). De maximaal toelaatbare nitraatconcentratie van de nitraatrichtlijn is onvoldoende om aan de nog vast te stellen nitraatconcentratie van de kaderrichtlijn water te voldoen.

In dit rapport wordt de belasting van stikstof in kg N ha⁻¹ tot aan de drain berekend. Tevens wordt een beregeningsoverschot berekend. Daarmee is de concentratie stikstof in het neerslagoverschot te berekenen. Door de complexe waterhuishouding van de glastuinbouw kan echter geen uitspraak gedaan worden of dit de concentratie is die zal uitspoelen of wel in de drain terecht zal komen. Temeer daar er in situaties met ondiep grondwater en dus onderbemalingsystemen, sprake is van hergebruik van drainagewater. Feitelijk wordt uit het grondwater het bodemoverschot geheel of gedeeltelijk weer teruggewonnen en is de N vracht die daadwerkelijk in het grondwater terecht komt aanzienlijk lager dan het bodemoverschot zou doen vermoeden. Uit mineralenbalansstudies op enkele bedrijven bleek dat er van het bodemoverschot 30 – 60 % weer herbenut kan worden via het gietwater.

Het neerslagoverschot en de daarmee berekende nitraatconcentratie, is daarmee een indicatie voor een mogelijke milieubelasting, die een 'worst case' situatie weerspiegelt bij recirculerende grondteelten.

4.3 Berekening van het N-bodemoverschot bij grondteelten

Voor het bepalen van het overschot voor de grondteelten onder glas, wordt als basis de berekeningswijze aangehouden zoals deze gepresenteerd is door Schröder *et al.* (2004) en Pronk *et al.* (2005). In die studies wordt het N-bodemoverschot berekend door de N-afvoerposten af te trekken van de N-aanvoerposten. Een voorbeeld van de verschillende aan- en afvoerposten van de berekeningswijze staan in Tabel 21 en worden beoordeeld op deugdelijkheid voor het berekenen van het N-bodemoverschot. Voor de berekening van het fosforoverschot wordt dezelfde rekensystematiek gebruikt.

Voor het bepalen van het overschot van stikstof en fosfor voor substraatteelten en potplanten wordt een andere systematiek gebruikt. Deze systematiek is beschreven in paragraaf 3.3 en 3.4.

Evenals de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) voor de open teelten richt de WOG voor de glastuinbouw zich op de lange termijn, zodat ook voor de glastuinbouw van het concept van een ruimtelijk en temporeel evenwicht is uitgegaan. Echter, omdat het in de glastuinbouw vaker dan in de open teelten om monoculturen in ruimte en tijd gaat, wordt een aanpak per gewas gehanteerd. De tijdseenheid voor de berekening van het bodemoverschot blijft per jaar (1 januari - 31 december), ondanks dat teelten vaak over de jaarwisseling heen gaan.

Tabel 21. *N-bodemoverschot (kg N per ha per jaar) in jaar n (start = 1 januari van jaar n, einde = 31 december van jaar n) voor de WOG-glastuinbouw op basis van het schema zoals gebruikt in WOG-open teelten met een willekeurig getallenvoorbeeld, naar Schröder et al. (2004).*

			Compleet (bruto)	Gecorrigeerd voor kruisposten (netto)
Aanvoer	Nmin aanvang jaar n		125	
	nalevering vanuit inputs gegeven in eerdere jaren (<n)	organische mest ¹	25	
		gewasrest ²	50	
		overige organische meststoffen w.o. compost, perspotten, etc.	9	
	organische mest, jr n	dierlijke mest	100	100
		overige organische meststoffen w.o. compost, perspotten, dekstro etc.	70	70
	irrigatiewater	regenwater via depositie op kasdek	25	
	aanvullend oppervlaktewater	25		
	drainagewater, via hergebruik	180		
	kunstmest bemesting ³	890		
	TOTAAL	1499	1120	
Afvoer	gewas (daadwerkelijke afvoer), jr n	'opbrengst x gehalte'	850	850
	Nmin aanvang jaar n+1 vastgelegd/vastgehouden in jr n ten behoeve van latere jaren	dierlijke mest ²	125	
		gewasresten ³	25	
		overige organische meststoffen w.o. compost, perspotten, dekstro etc.	50	
		denitrificatie	9	
		150	150	
Aanvoer				
-Afvoer	N-bodemoverschot, jr n		290	290
	waarvan:	drainagewater ⁴	250	250
		wegzijging	40	40

¹ Nawerking van mest in jaar n die in jaren n-1 en eerder gegeven is en (in evenwichtssituatie) aan de overschotkant van de balans in humus vastligt.

² Bijvoorbeeld levering uit oude gewasresten met daartegenover (in evenwichtssituatie) aan de overschotkant van de balans vastlegging in nieuwe gewasresten.

³ Onder bemesting wordt hier de aanvoer van stikstof met het beregeningswater verstaan, zoals stikstof uit bronwater, oppervlaktewater, regenwater en het eventueel toepassen van hergebruik van drainagewater.

⁴ Van dit drainagewater wordt in dit voorbeeld 180 kg hergebruikt als gietwater.

Er wordt vanuit gegaan dat de hoeveelheid stikstof die mineraliseert in een bepaald jaar n vanuit inputs in eerdere jaren ($<n$; gewasresten, compost, organische meststoffen e.d.) in evenwicht is met de hoeveelheid N die in datzelfde jaar n geïnvesteerd wordt in gewasresten, c.q. humus via de N_r fractie van organische meststoffen, compost etc. om daarmee de levering in latere jaren ($>n$) veilig te stellen. Op de balans kunnen deze hoeveelheden expliciet zichtbaar gemaakt worden maar hoeven niet gekwantificeerd te worden voor het bepalen van het bodemoverschot. In de praktijk betekent dit dat de jaarlijkse hoeveelheid N die mineraliseert vanuit de bodem niet meetelt met het bodemoverschot maar dat de (incidentele) totale aanvoer van N in de vorm van stalmest, compost, perspotten e.d. wel volledig meetelt voor het bodemoverschot.

In de veronderstelde evenwichtssituatie wordt dus aangenomen dat de (gemiddelde) jaarlijkse aanvoer van organische N in de vorm van gewasresten en organische producten gelijk is aan de jaarlijkse afbraak van de organische stof in de bodem.

Depositie van stikstof is niet opgenomen als aanvoerpost bij de berekening van het N -bodemoverschot voor de glastuinbouw. Het dak van de kas verhindert dat de depositie op de grond komt. Als het regenwater, met daarin de depositie, opgevangen wordt in een waterbassin, dan wordt bij het bijmesten om een gewenste concentratie te krijgen, automatisch rekening gehouden met de stikstofconcentratie van het bassinwater. Dit geldt ook voor de N in andere gietwater bronnen (oppervlaktewater of bronwater). In deze studie zijn geen bedrijven beschouwd met hergebruik van drainagewater (zie paragraaf 2.2). Uiteraard kan door hergebruik van drainagewater de N -concentratie van het gietwater verhoogd zijn. Echter de bemesting wordt dan eveneens aangepast. Om die reden worden depositie, N in gietwater en N in hergebruikt drainagewater niet meegerekend, maar verondersteld te zijn verrekend met de aanvoer via bemesting. Men moet zich realiseren dat bij hergebruik van drainagewater het N -bodemoverschot niet gelijk is aan de emissie aan N .

4.3.1 N_{min} aanvang jaar

In navolging van Schröder *et al.* (2004) komt de N_{min} voorraad bij het jaarbegin voor aan beide zijden van de balans en behoeft voor de berekening van het N -bodemoverschot geen becijfering. Anders dan in de open teelten heeft de N_{min} bij aanvang van de teelt geen betekenis bij het berekenen van de relatie tussen bemesting en opbrengst noch bij het afleiden van adviesgiften voor de bemesting, uitgezonderd bij de teelt van sla. De Adviesbasis Bemesting Grond verlaagt de adviesgift niet als er sprake is van een hoge N_{min} bij aanvang van de teelt, zoals dat bij de open teelten gebruikelijk is (Van Dijk, 2003).

4.3.2 Mineralisatie van N uit veengronden

De categorie veengronden, waarmee de WOG rekening houdt bij de berekening van het N -bodemoverschot en waarbij rekening gehouden wordt met afbraak van het moedermateriaal, komen in glastuinbouw nauwelijks voor. In het kader van de vereenvoudiging wordt er daarom geen rekening met deze categorie gehouden.

4.3.3 Nalevering vanuit/vastlegging van N in gewasresten en organische producten

In glastuinbouw wordt niet jaarlijks een bemesting met organische stof uitgevoerd, ook is de hoeveelheid materiaal uit gewasresten veelal beperkt of volledig afwezig. Op zand- en kleigronden is het wel gebruikelijk dat er eenmaal per 3 – 4 jaar een bemesting met organisch materiaal, voor bodemverbetering wordt uitgevoerd. Door mineralisatie stijgt de N -concentratie in de bodem en via de al genoemde terugkoppeling op het bemestingsadvies leidt dit dan tot een lagere N -aanvoer. In de praktijk betekent dit dus dat de netto mineralisatie gecompenseerd wordt door een lagere kunstmest gift. Een regelmatige (ook als dit bijvoorbeeld om de 4 jaar gebeurt) aanvoer zal uiteindelijk leiden tot evenwichtssituaties waarbij een groot gedeelte van de gemiddelde jaarlijkse totale N -aanvoer via organisch materiaal ook inderdaad jaarlijks mineraliseert. Bij een goed werkende terugkoppeling zal dit de aanvoer van kunstmest N via het gietwater reduceren; in dat geval zal de totale hoeveelheid werkzame N gelijk blijven.

4.3.4 Aanvoer N met kunstmest

De bouwvoor wordt conform de Bemestings Adviesbasis Grond (Van den Bos *et al.*, 1999) op een gewenste concentratie stikstof gehouden. De totale aanvoer van stikstof hangt daardoor sterk samen met de irrigatiehoeveelheid. De irrigatiehoeveelheid heeft eveneens een grote invloed heeft op het neerslagoverschot. Voor het vaststellen van de aanvoer van kunstmest-N is uitgegaan van de irrigatiehoeveelheden welke in de praktijk gangbaar zijn. Hiervoor zijn een aantal bronnen geraadpleegd waar data verzameld zijn op het gebied van de watergift bij tomaat, sla, chrysant en fresia (Anonymus, 2003; Korsten, 1998; Voogt, 2003; Voogt *et al.*, 2003; Voogt & Houter, 2003; Voogt *et al.*, 2000b; Voogt *et al.*, 1999; Voogt & Van Winkel, 2004). De totale aanvoer van N met het irrigatiewater is berekend als de hoeveelheid irrigatiewater vermenigvuldigd met de concentraties die voortvloeien uit toepassing van de Bemestings Adviesbasis Grond (Tabel 12, Tabel 13 en Tabel 14).

4.3.5 Afvoer N met gewas

De N-afvoer met het gewas is zoveel mogelijk berekend uit de relaties tussen productie en mineralenopname. Deze relaties zijn voor een aantal gewassen bekend (Kipp & Van den Bos, 2000) en berekend uit meetgegevens die zijn verzameld in de loop van vele jaren bemestingsonderzoek (Korsten, 1998; Voogt *et al.*, 2002; Voogt *et al.*, 2003; Voogt *et al.*, 2000b; Voogt *et al.*, 1999; Voogt & Van Winkel, 2004). In een aantal gevallen zijn dit balansen die jaarrond zijn verzameld. In andere gevallen zijn deze afkomstig van delen van individuele jaren en zijn dan telkens geëxtrapolleerd naar een jaar. Voor sommige gewassen waren geen relaties voorhanden en zijn de afvoeren op een andere manier berekend. Dit is per gewas hieronder aangegeven.

Het productieniveau voor de verschillende bedrijfstypen is gebaseerd op recente meetgegevens en inschattingen van experts (voorlichting, gewasonderzoekers), waarbij de voor dat gewas maximale productie van het modern geleide bedrijf als uitgangspunt genomen. Voor de bedrijfstypen met afwijkende lichtopbrengst (oude kas, zonder belichting) is de productie op basis van de daarbij behorende lichtniveau lineair verlaagd.

In alle gevallen is de N-afvoer berekend als de netto afvoer van het geogste product dat uit de kas verwijderd wordt. De waarden voor de grondteelt tomaat, sla, chrysant en fresia zijn weergegeven in Tabel 22.

Opmerkingen per gewas

Tomaat: de jaarproductie is gebaseerd op recente metingen op het modern geleid biologisch tomatenbedrijf, zonder assimilatiebelichting (gangbare tomatenteelt in de grond is nauwelijks meer te vinden). De productie bedraagt 50 kg m² versgewichtproductie. Voor bedrijven met het oude kastype is dit 40 kg m².

Sla: de producties zijn ontleend aan metingen in Voogt en Van den Bos (2003) voor bedrijven zonder assimilatiebelichting. Dit komt neer op 5,2 teelten per jaar met een productie van 43 kg m². Voor bedrijven met het oude kastype bedraagt dit 36 kg m².

Tabel 22. Berekende netto N- en Pⁱ-afvoer (kg ha⁻¹ jr⁻¹) voor de verschillende bedrijfstypen van de grondteelten van **tomaat** en **sla**.

Bedrijfstype	Tomaat		Sla	
	N-afvoer	P-afvoer	N-afvoer	P-afvoer
G1 (nieuw, nee, zand, diep)	1019	280	801	136
G2 (oud, ja, zand, diep)	- ²	-	-	-
G3 (oud, nee, zand, diep)	823	224	693	116
G4 (nieuw, nee, zand, ondiep)	1019	280	801	136
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	-	-	-	-
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	823	224	693	116
G7 (nieuw, nee, venig, ondiep)	1019	280	801	136
G8 (oud, ja, venig, ondiep)	-	-	-	-
G9 (oud, nee, venig, ondiep)	823	224	693	116
G10 (nieuw, nee, klei, ondiep)	1019	280	801	136
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	-	-	-	-
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	823	224	693	116

¹ Afvoercijfers bij een normale P-toestand in de bodem.

² Bedrijfstype niet meegenomen in de berekeningen.

Chrysant: de jaarproductie van het moderne bedrijf is gebaseerd op recente metingen op moderne bedrijven met assimilatiebelichting en komt op jaarbasis neer op 5 teelten met totaal 275 takken m² van 73 gram versgewicht en een totaal versgewicht productie van 20 kg m². Voor de productie en mineralenbehoefte op de verschillende bedrijfstypen is gerekend met de factoren in Tabel 8. De gemeten gegevens zijn relatief oud (1994-1998). Bij de afronding van de afvoercijfers zoals in Tabel 23 is rekening gehouden met een productie anno 2006.

Fresia: De afvoer van stikstof bij de teelt van fresia is geschat op basis van drie posten: 1. afvoer met takken en haken, 2. afvoer met knollen en kralen, 3. aanvoer met knollen en kralen aan het begin van de teelt. Van een modern geleid bedrijf met assimilatiebelichting en een nieuw kastype, (bedrijfstype G1, G4 en G7 en G10) is de productie van takken en haken geschat op 170 ton versgewicht ha⁻¹ jr⁻¹ met een drogestoffractie van 0,14 g/g en een N-concentratie 1750 mmol per kg ds. De afvoer met takken en haken komt daarmee op $172 \cdot 0,14 \cdot 1750 \cdot 14 / 1000 = 590$ kg N ha⁻¹ jr⁻¹. De N-afvoer met knollen en kralen is geschat aan de hand van Van den Bos (1996). De geschatte afvoer met knollen en kralen bedroeg 1850 mmol N per netto m² beteeld oppervlak per teelt. Er is uitgegaan van een ruimtebenutting van 80% en van twee teelten per jaar. De jaarlijkse afvoer met knollen en kralen bedraagt dan: $1850 \cdot 14 \cdot 0,8 \cdot 10^2 / 1000 = 414$ kg N ha⁻¹ jr⁻¹. De N-aanvoer met knollen en kralen aan het begin van de teelt bedroeg 720 mmol N per netto m² beteeld oppervlak per teelt en komt daarmee op $720 \cdot 14 \cdot 0,8 \cdot 10^2 / 1000 = 160$ kg N ha⁻¹ jr⁻¹. De totale N-afvoer voor een modern geleid bedrijf met een nieuw kastype en assimilatiebelichting bedraagt $590 + 414 - 160 = 844$ kg N ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 23). Voor de productie en mineralenbehoefte van de andere bedrijfstypen is, evenals bij chrysant, gerekend met de factoren in Tabel 8. Behalve van de genoemde literatuur werd ook gebruikt gemaakt van niet gepubliceerde gegevens en praktijkwaarnemingen (een particulier voorlichter fresia, Hans Pronk) en PPO (Joop Doorduyn).

Tabel 23. Berekende netto N- en Pⁱ-afvoer (kg ha⁻¹ jr⁻¹) voor de verschillende bedrijfstypen van de grondteelten van **chrysant** en **fresia**.

Bedrijfstype	Chrysant		Fresia	
	N-afvoer	P-afvoer	N-afvoer	P-afvoer
G1 (nieuw, ja, zand, diep)	1000	110	843	177
G2 (oud, ja, zand, diep)	900	95	714	150
G3 (oud, nee, zand, diep)	750	80	600	127
G4 (nieuw, ja, zand, ondiep)	1000	110	843	177
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	900	95	714	150
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	750	80	600	127
G7 (nieuw, ja, venig, ondiep)	1000	110	843	177
G8 (oud, ja, venig, ondiep)	900	95	714	150
G9 (oud, nee, venig, ondiep)	750	80	600	127
G10 (nieuw, ja, klei, ondiep)	1000	110	843	177
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	900	95	714	150
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	750	80	600	127

¹ Afvoercijfers bij een normale P-toestand in de bodem.

4.3.6 Denitrificatie

Denitrificatie in de WOG en in de WOGG

De benadering van uitspoeling van stikstof van de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) (Schröder *et al.*, 2004) is gebaseerd op een statistische analyse van een groot aantal meetgegevens uit het landelijk mest meetnet (LMM). Daarvoor waren gegevens noodzakelijk over nitraatconcentraties van het grondwater en het stikstofoverschot, in combinatie met grondgebruik, grondwatertrap (Gt) en neerslagoverschot. Met behulp van regressie vergelijkingen is een relatie gelegd tussen de concentratie aan nitraat in het grondwater en het stikstofoverschot van bedrijven uit LMM. Uit die relatie is per type landgebruik, grondsoort, Gt en neerslagoverschot de fractie van het stikstofoverschot dat blootstaat aan risico op uitspoeling aangegeven. Min of meer als vanzelfsprekend wordt aangenomen dat de rest van het overschot verdwijnt door denitrificatie, maar dat wordt niet echt aangetoond.

De teelt onder glas maakt geen deel uit van het LMM. Daarom kan de relatie die voor de open teelten geldt niet zonder meer worden toegepast in de bedekte teelten. Bovendien kan door het gebruik van onderbemaling de WOG benadering niet rechtstreeks voor de bedekte teelt worden gebruikt.

De hierboven benoemde bedenkingen hebben geleid tot een eenvoudige benadering om denitrificatie te schatten. De actuele hoeveelheid stikstof die denitrificeert hangt af van de hoeveelheid stikstof die aanwezig is, het vochtgehalte van de bodem en de bodemparameters die denitrificatie bepalen. Omdat er veel onduidelijk is over de bodemparameters die denitrificatie bepalen bij grondteelten in de kas, wordt de denitrificatie voor twee datasets voor denitrificatie doorgerekend, resp. *hoog* en *laag*. Hiermee wordt een bandbreedte van de denitrificatie aangegeven. Een gedetailleerde beschrijving van de berekening van de denitrificatie bij de grondteelten wordt naar bijlage IA verwezen.

4.3.7 Effect van stomen

Bij grondteelten in de kas wordt de bodem jaarlijks gestoomd (sterilisatie). Dit kan grote invloed hebben op de bodemkundige processen zoals de denitrificatie-activiteit indien de microbiële populatie sterk wordt aangetast. Echter, uit de bodemsanering is bekend dat binnen afzienbare tijd (\pm 2 weken) na het stomen van grond (thermische voorbehandeling) de microbiële populatie weer op haar oude niveau is (Richardson *et al.*, 2002). Het is echter onbekend of resultaten uit de bodemsanering geëxtrapoleerd kunnen worden naar een kasmilieu. In ongepubliceerde gegevens van Heinen (2005) werd gevonden dat stoomsterilisatie in de glastuinbouw geen duidelijk effect had op de NO₃ con-

concentraties in het bodemvocht. Echter dit hoeft niet persé te betekenen dat stoomsterilisatie geen effect heeft op denitrificeerders.

Postma (1996) en Sonneveld (1969) concludeerden dat aanzienlijke hoeveelheden stikstof verloren kunnen gaan tijdens en vlak na het stomen van de grond via gasvormige emissie. Omdat er geen gegevens zijn over het effect van stoomsterilisatie op denitrificeerders en/of denitrificatie is het effect hier niet meegenomen. Het is op dit moment onbekend wat het netto effect is van stomen op de N huishouding. Afgaande op de metingen (Postma, 1996; Sonneveld, 1969) zal het stomen eerder leiden tot een onderschatting dan een overschatting van de werkelijke denitrificatie-verliezen in de glastuinbouw. In deze studie wordt derhalve geen rekening gehouden met effecten door stomen.

4.4 Berekening van het P-bodemoverschot bij grondteelten

Alle cijfers en berekeningen in deze paragraaf hebben betrekking op fosfor (P). Het P-bodemoverschot wordt berekend uit de aanvoer met organische producten en overige aanvoerposten en de afvoer met het geoogste product. In deze studie wordt ervan uitgegaan dat de P-toestand van de bodem normaal is.

4.4.1 P aanvang jaar

Net als bij Nmin kom de voorraad P voor als aanvoerpost bij aanvang jaar n en als afvoerpost bij aanvang jaar n+1 (Tabel 21), en heeft voor de berekening van het P-bodemoverschot geen becijfering. Bovendien is de P aanwezig in de voorraad t.o.v. de hoeveelheid P die jaarlijks vrij komt, 'omgezet wordt', van een geheel andere dimensie en bedraagt soms het 100-voudige. Anders dan bij N, heeft de P-voorraad, via de PAI bepaling wel betekenis voor het bepalen van een voorraadbemesting (zie paragraaf 3.3.3).

4.4.2 Aanvoer van P met organische producten

In navolging van de WOG open teelten (Schröder *et al.*, 2004) wordt uitgegaan van een specifieke verhouding tussen N en P. De gehanteerde N/P-verhouding in dit rapport voor compost is 4,0. De aanvoer van P wordt bij een aanvoer van 100 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ gesteld op 25 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ (zandgrond) en bij een aanvoer van 75 kg N op ha⁻¹ jr⁻¹ op 18 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ (kleigrond). Bij fresia is de aanvoer van stikstof met compost op 63 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ gesteld. De P-aanvoer is daarbij 16 kg ha⁻¹ jr⁻¹. Er wordt een verwaarloosbare kleine hoeveelheid P aangevoerd met het plantmateriaal, tenzij anders vermeld.

4.4.2 Aanvoer van P met het gietwater

In regenwater is de bijdrage van P verwaarloosbaar. Bij gebruik van oppervlaktewater is er sprake van een geringe hoeveelheid, in de orde van grootte van 10 – 15 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ (Voogt & Korsten, 1996). De hoeveelheden zijn echter zo gering dat ze niet meegenomen worden bij de berekening van het P-bodemoverschot.

4.4.3 Aanvoer van P met kunstmest

Bij een normale P-toestand van de bodem is de voorraadbemesting 50 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ voor alle grondteelten. Tijdens de teelt komt daar de bijbemesting bij (paragraaf 3.3.3). Voor sla is een afwijkende berekening gehanteerd omdat daar, net als de N-bemesting, geen bijbemesting voor P uitgevoerd wordt (paragraaf 3.3.4).

4.4.4 Afvoer van P met gewas

De P-afvoer is op dezelfde wijze berekend als de N-afvoer, met uiteraard P-specifieke gewasfactoren in de productie-opname relaties en specifieke P-gewasgehalten (paragraaf 4.3.5).

4.5 Berekening van het N-overschot bij substraatteelten

Voor het bepalen van het overschot voor substraatteelten, wordt als basis de berekeningswijze aangehouden zoals gepresenteerd in Tabel 21. In Tabel 21 wordt het N-overschot berekend door de N-afvoerposten af te trekken van de N-aanvoerposten. Een voorbeeld van de verschillende aan- en afvoerposten van deze berekeningswijze voor het overschot van substraatteelten staat in Tabel 24 en wordt kort toegelicht. Voor de berekening van het P-overschot wordt dezelfde rekensystematiek gebruikt.

Tabel 24. N-balans (kg per ha per jaar) in jaar n (start is 1 januari van jaar n, eind = 31 december van jaar n) voor WOG-substraatteelt glastuinbouw en type lozing met een willekeurig getallenvoorbeeld.

			Compleet (bruto)	Gecorrigeerd voor kruisposten (netto)	Type lozing
Aanvoer	N bij opstart jr n	substraatsysteem *	35		
		streefconcentratie			
	irrigatiewater	regenwater via depositie kasdek	25		
		aanvullend leidingwater	0		
		drainwater, via hergebruik	225		
kunstmest bemesting ¹		1800		1825	
TOTAAL		2085	1825		
Afvoer	gewas (daadwerkelijke afvoer), jr n	Opbrengst x gehalte'	1500	1500	
		N opstart jaar n + 1	35		
	irrigatiewater	drainwater	225		
		denitrificatie	250	250	
Aanvoer- Afvoer	N-overschot, jr n waarvan:		75	75	
		spui	33	33	puntlozing
		lek	21	21	diffuse lozing
		spoel	21	21	puntlozing

¹ Onder bemesting wordt hier de aanvoer van stikstof met het irrigatiewater verstaan, zoals stikstof uit regenwater, leidingwater en het eventueel toepassen van hergebruik van drainwater.

In navolging van de berekening van het N-overschot bij bedekte grondteelten is de tijdseenheid voor de berekening een jaar (1 januari - 31 december). De aanvoer van N bij de opstart van het systeem is dezelfde hoeveelheid die aan het einde van de teelt in het systeem achterblijft. Op de balans kan deze hoeveelheid expliciet gemaakt worden maar hoeven niet gekwantificeerd te worden voor het bepalen van het overschot. Een belangrijk aspect van deze N-balans is het gebruik van drainagewater. In het drainwater bevindt zich een hoeveelheid stikstof die aangevoerd is bij de post kunstmestbemesting. Deze kunstmestbemesting is niet benut en krijgt een herkansing om opgenomen te worden: het wordt wederom aangeboden aan het gewas. Hier is geen sprake van een extra bemesting door drain-

water. De gecorrigeerde aanvoer van stikstof is daardoor de aanvoer zonder de hoeveelheid stikstof in het drainwater. Depositie is, om dezelfde redenen als bij de bedekte grondteelten niet meegenomen (paragraaf 4.3). Het N-overschot wordt in twee type lozingen in het milieu gebracht. Bij spui en spoelwater is sprake van een puntlozing. Er wordt in één keer een hoeveelheid op het oppervlaktewater of het riool geloosd. Bij lekwater is sprake van een diffuse lozing. Hiervan wordt verondersteld dat het op termijn zijn weg zal vinden naar het grond- dan wel oppervlaktewater, afhankelijk van de hydrologie onder het bedrijf. Afwijkingen van deze systematiek worden toegelicht per gewas in paragraaf 4.5.3.

4.5.1 Het opstartniveau

Het opstartniveau van stikstof (kg ha^{-1}) voor de teelten is berekend op basis van het volume water in de mat ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) en de wensconcentratie van stikstof in de mat (mmol l^{-1}) voor de betreffende teelt (Tabel 16 en paragraaf 3.4.3).

4.5.2 Aanvoer van N met regen-, leiding- en drainwater

In de berekeningen is ervan uitgegaan dat er geen N-aanvoer optreedt via regen- en leidingwater. Tevens is drainwater niet in de berekeningen opgenomen, behalve dat drainwater gespuid wordt als de drempelwaarde voor de Na-concentratie overschreden wordt.

4.5.3 Afvoer N met gewas

De N-afvoer is op dezelfde manier berekend als bij de grondteelten, zie paragraaf 4.3.5.

Opmerkingen per gewas

Tomaat: de afvoer is berekend uit de relatie productie-gewasopname. De jaarproductie is gebaseerd op recente metingen op het modern geleide bedrijf. De productie van een bedrijf met assimilatiebelichting en een nieuw kastype bedraagt 75 kg m^{-2} versproductie. In het oude kastype met assimilatiebelichting is dit 60 kg m^{-2} . De productie voor bedrijven zonder assimilatiebelichting is lager en bedraagt 67 en 50 kg m^{-2} voor respectievelijk het nieuwe en oude kastype.

Roos: de afvoer is berekend uit de relatie productie-gewasopname. De productie van het modern geleide bedrijf met assimilatiebelichting is gebaseerd op metingen en praktijkexperimenten en inschattingen van experts en bedraagt 14 kg m^{-2} versproductie (200 stuks á 70 gram). De versgewichtproductie van het modern geleide bedrijf met assimilatiebelichting maar met een oud kastype bedraagt 11 kg m^{-2} en de bedrijfstypen zonder assimilatie hebben een versgewichtproductie van 10 en 8 kg m^{-2} voor bedrijven met respectievelijke het nieuwe en oude kastype.

Lelie: van Lelie zijn geen relaties bekend tussen productie en gewasopname. De productie is gebaseerd op gegevens van Pasterkamp *et al.* (2003), Van Dam *et al.* (2004) en Van den Bos (1987; 1997) en van praktijkgegevens van enkele kwekers en van Hans Kok (PPO-gewasonderzoeker lelie). Uitgaande van een modern geleid bedrijf met assimilatiebelichting en een nieuw kasdek, produceert één geplante bol 1 oogstbare tak. Met de 1,8 miljoen geplante bollen $\text{ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ (45 bollen m^{-2} en $4 \text{ teelten jr}^{-1}$) worden daarom evenveel takken geoogst. Het gemiddelde takgewicht is gesteld op 100 g versgewicht met een drogestoffractie van $0,16 \text{ g/g}$ en een N-gehalte $1650 \text{ mmol kg}^{-1}$ drogestof. De N-afvoer met takken voor dit moderne bedrijf komt daarmee op $665 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$. De P-afvoer voor dit moderne bedrijf is berekend met een P-gehalte van 97 mmol kg^{-1} drogestof. Voor een bedrijf zonder belichting is het takgewicht op 90 gram versgewicht per tak gesteld. Een bedrijf met een oud kasdek en assimilatiebelichting (bedrijfstypen S3 en S4) worden minder takken geproduceerd, 36 takken per m^2 en 4 teelten per jaar, met een takgewicht van 100 gram per tak. Een bedrijf met een oud kasdek en geen belichting produceert eveneens 36 takken per teelt maar met een takgewicht van 90 gram per tak. De zo berekende N- en P-afvoer bedraagt 541, 599 en 486 kg N ha^{-1} en 70, 78 en 63 kg P ha^{-1} (Tabel 25)

Tabel 25. *Berekende netto N- en P-afvoer (kg ha⁻¹ jr⁻¹) voor de verschillende bedrijfstypen en de verschillende gewassen voor substraatteelten.*

Bedrijfstype	Tomaat		Roos		Lelie	
	N-afvoer	P-afvoer	N-afvoer	P-afvoer	N-afvoer	P-afvoer
S1 (nieuw, ja, kust)	1509	421	949 ²	143	665	87
S2 (nieuw, ja binnen)	1509	421	949	143	665	87
S3 (oud, ja, kust)	1163	322	771	116	541	70
S4 (oud, ja, binnen)	1163	322	771	116	541	70
S5 (nieuw, nee, kust)	1352	377	678	102	599	78
S6 (nieuw, nee, binnen)	1352	377	678	102	599	78
S7 (oud, nee, kust)	1021	282	551	83	486	63
S8 (oud, nee, binnen)	1021	282	551	83	486	63

¹ *Bedrijfstype niet meegenomen in de berekeningen.*

4.5.4 Denitrificatie

Bij de bedekte teelten waarbij gebruik gemaakt wordt van recirculerende grondloze systemen op basis van voedingsoplossing, is vaak sprake van een aanzienlijk tekort op de balans (tientallen procenten) als het gaat om stikstof als denitrificatie buiten beschouwing gelaten wordt. Een beknopte literatuurstudie naar denitrificatie in grondloze systemen op basis van voedingsoplossing staat in bijlage IA. De conclusies zijn hieronder kort samengevat.

De pH is de meest bepalende factor voor denitrificatie bij substraatteelten. Substraatteelten worden in Nederland pH neutraal geteeld, rond een pH van 7, maar het kan ook wat lager zijn, rond de 6. Daarom is ook voor substraatteelt een bandbreedte aangehouden voor de berekening van de denitrificatie. Er is een berekening gemaakt bij een hoge 20% en een lage, 12% denitrificatie van de input, waarbij in het Duitse onderzoek spui- en lekverliezen niet voorkwamen en derhalve niet tot de input gerekend zijn. In deze studie wordt ook over de spui- en lekverliezen denitrificatie berekend. De uiteindelijke percentages voor de berekening van de denitrificatie bij substraatteelten zijn 25 en 14% over alle aangevoerde stikstof.

De zo uitgevoerde berekening resulteert alleen in een hogere benodigde N, de N-aanvoer wordt hoger. De hoeveelheid stikstof in de spui- en lekverliezen en de berekende concentraties van het effluent, veranderen door een ander percentage denitrificatie niet.

4.5.5 Spui- en lekverliezen

Zoals vermeld in paragraaf 3.4.4 zijn forfaitaire waarden gehanteerd voor de berekening van de lekverliezen van 2%. De verliezen door spui zijn voor ieder gewas en bedrijfstype uitgerekend met een balansberekening op weekbasis (paragraaf 3.4.4).

4.6 Berekening van het P-overschot bij substraatteelt

4.6.1 Het opstartniveau

Het opstartniveau van fosfor (kg ha⁻¹) voor de teelten is berekend op basis van het volume water in de mat (m³ ha⁻¹) en de wensconcentratie van fosfor in de mat (mmol l⁻¹) voor de betreffende teelt.

4.6.2 Aanvoer van P met regen- leiding- en drainwater

Zoals in paragraaf 4.3.4 reeds is aangegeven is de bijdrage van P uit regen- en leidingwater verwaarloosbaar. Tevens is drainwater niet in de berekeningen opgenomen, behalve dat drainwater gespuid wordt als de drempelwaarde voor de Na-concentratie overschreden wordt.

4.6.3 Afvoer P met gewas

De afvoer van P is op dezelfde wijze berekend als voor stikstof, zie paragraaf 4.4.3. Het P-gehalte van de takken van Lelie is ca 100 mmol per kg drogestof.

4.6.4 Spui- en lekverliezen

Zoals vermeld in paragraaf 3.4.4 zijn forfaitaire waarden gehanteerd voor de berekening van de lekverliezen van 2%. De verliezen door spui zijn voor ieder gewas en bedrijfstype uitgerekend met een balansberekening op weekbasis (paragraaf 3.4.4).

4.7 Berekening van het N-overschot bij de teelt van potplanten

De systematiek voor de berekening van het N- en P-overschot bij potplanten is in principe gelijk aan die bij substraat-teelt. Afwijkend is alleen de berekening van het opstartniveau (paragraaf 4.6.1) en de gewasafvoer (paragraaf 4.6.3). De percentages voor de berekende denitrificatie zijn aangepast aan de teelt van potplanten. (paragraaf 4.6.4). De afvoer van N en P met het afgevoerde product is enigszins anders dan bij substraatteelten. Bij potplanten wordt potgrond met het product afgevoerd. In deze potgrond kan ophoping van N en P optreden, die vervolgens afgevoerd wordt. Deze ophoping wordt kort toegelicht in paragraaf 4.7.6.

4.7.1 Het opstartniveau

Het opstartniveau bij de teelt van potplanten is berekend op basis van de hoeveelheid potgrond die per jaar aangevoerd wordt en de samenstelling van de potgrond. Er wordt $900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ potgrond aangevoerd met daarin 108 kg N ha^{-1} .

4.7.2 Aanvoer van N met leiding-, regen- en drainwater

In de berekeningen is, evenals bij de substraatteelten, ervan uitgegaan dat er geen N-aanvoer optreedt via regen- en leidingwater. Tevens is drainwater niet in de berekeningen opgenomen, behalve dat drainwater gespuid wordt als de drempelwaarde voor de Na-concentratie overschreden wordt.

4.7.3 Afvoer N met gewas

De drogestof productie bedroeg gemiddeld circa $10.000 \text{ kg drogestof ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ voor de bovengrondse delen en $2500 \text{ kg drogestof ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ voor de ondergrondse delen (De Kreij, 2003; De Kreij & Kromwijk, 2001; Van der Burg & De Kreij, 2002; 2003). De N-gehalten in de drogestof varieerde aanzienlijk tussen verschillende soorten potplanten. De spreiding liep van 1800 tot $3200 \text{ mmol kg}^{-1}$ drogestof. In de wortels was de gemiddelde N-concentratie $1400 \text{ mmol kg}^{-1}$ drogestof. De berekende N-afvoer liep uiteen van 300 tot $500 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 26). Voor deze studie is een drogestofproductie aangenomen van $13500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ bovengronds en $2000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ ondergronds

met respectievelijk 2300 en 1400 mmol N kg⁻¹ drogestof voor boven- en ondergrondse delen en 145 en 100 mmol P kg⁻¹ drogestof voor de boven en ondergrondse delen. De gehanteerde afvoercijfers voor potplanten staan in Tabel 26.

Tabel 26. De spreiding in N- en P-afvoer (kg ha⁻¹ jr⁻¹) en de gehanteerde N- en P-afvoer bij potplanten.

Bedrijfstype	Laag		Hoog		Gehanteerde afvoer	
	N-afvoer	P-afvoer	N-afvoer	P-afvoer	N-afvoer	P-afvoer
P1	301	67	497	67	447	67

4.7.4 Denitrificatie

Evenals bij de recirculerende grondloze systemen op basis van voedingsoplossingen (paragraaf 4.2.6), is relatief weinig onderzoek beschreven naar denitrificatie bij de teelt van potplanten. Een beknopte literatuurstudie naar denitrificatie bij potplanten staat in bijlage IC. De conclusies zijn hieronder kort samengevat.

Als uitgegaan wordt van niet verklaarde verliezen op de balans bij containerteelt dan zou het % denitrificatie op 10-30% gesteld moeten worden. Waar echter daadwerkelijk de denitrificatie gemeten is, lijkt sprake van geringe gasvormige verliezen (maximaal 10 kg N ha⁻¹ of 1% van de N-input).

Evenals bij de berekening van denitrificatie bij substraatteelten wordt de denitrificatie bij potplanten over de totale hoeveelheid input berekend. De percentages die in deze studie worden aangehouden zijn 5 en 20% denitrificatie van de totale input van stikstof.

4.7.5 Spui- en lekverliezen

Zoals vermeld in paragraaf 3.4.4 zijn forfaitaire waarden gehanteerd voor de berekening van de lekverliezen van 2%. De verliezen door spui zijn voor potplanten, evenals voor substraatteelten, uitgerekend met een balansberekening op weekbasis (paragraaf 3.4.4).

4.7.6 Accumulatie in de pot

De bemesting van potplanten wordt meestal via een eb/vloed watergeefstelsel toegediend. Dit geeft accumulatie van zouten in de bovenlaag van de pot. Helaas is dat niet te vermijden. Zodoende is er ook een accumulatie van N en P in de bovenlaag van de potgrond en het verschil met de aanvoer in de potgrond wordt in de afvoer als extra post (accumulatie) opgenomen. Voor N was dit gemiddeld van 22 potplantenbedrijven: 136 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ en voor P was het 23 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ (Van der Burg & De Kreij, 2002; 2003). Overigens is de accumulatie wel een gemiddelde waarde, maar afhankelijk van de pothoogte, de transpiratie vanaf het oppervlak, de teeltduur en het N- en P-gehalte in de aangevoerde voedingsoplossing.

4.8 Berekening van het P-overschot bij de teelt van potplanten

4.8.1 Het opstartniveau

Het opstartniveau bij de teelt van potplanten is berekend op basis van de hoeveelheid potgrond die per jaar aangevoerd wordt en de samenstelling van de potgrond (paragraaf 3.5.2).

4.8.2 Aanvoer van P met regen-, leiding- en drainwater

Zoals in paragraaf 4.3.4 reeds is aangegeven is de bijdrage van P uit regen- en leidingwater verwaarloosbaar. Tevens is drainwater niet in de berekeningen opgenomen, behalve dat drainwater gespuid wordt als de drempelwaarde voor de Na-concentratie overschreden wordt.

4.8.3 Afvoer P met gewas

De P-concentraties in de drogestof van potplanten varieerden niet zo sterk als de N-concentraties (paragraaf 4.6.3). De gemiddelde P-concentratie was 145 mmol kg^{-1} drogestof in de bovengrondse delen en 100 mmol kg^{-1} drogestof in de wortels. De zo berekende P-afvoer met potplanten bedraagt $67 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 26).

4.8.4 Spui- en lekverliezen

Zoals vermeld in paragraaf 3.4.4 zijn forfaitaire waarden gehanteerd voor de berekening van de lekverliezen van 2%. De verliezen door spui zijn voor potplanten, evenals voor substraatteelten, uitgerekend met een balansberekening op weekbasis (paragraaf 3.4.4).

5. Resultaten berekeningen

5.1 Grondteelten

5.1.1 Aanvoer van stikstof

De aanvoer van stikstof (kunstmest + N uit organische producten) varieert voor de grondteelten van ruim 700 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ tot ruim 2000 kg N ha⁻¹ jr⁻¹, afhankelijk van het bedrijfstype en het gewas (Tabel 27, Tabel 28, Tabel 29 en Tabel 30). Daarbij moet bedacht worden dat de afvoer van het geoogst product van deze gewassen varieert van 600 tot ruim 1000 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 22, Tabel 23).

5.1.2 Denitrificatie

De verschillen in denitrificatie tussen de bedrijfstypen ontstaan door verschillen in waterhuishouding, bemestingsstrategie en bodemeigenschappen voor de denitrificatie (Tabel 27, Tabel 28, Tabel 29 en Tabel 30). Vooral op kleigrond kan de denitrificatie hoog oplopen, tot ruim 600 kg N ha⁻¹ jr⁻¹. De hoge denitrificatie op kleigrond bij tomaat hangt sterk samen met de waterhuishouding. Het gekozen bodemtypen uit de Staringreeks, samen met de opgelegde berekening en de evapotranspiratie resulteerde regelmatig in een verzadigde bodem. In een verzadigde bodem kan de denitrificatie sterk oplopen, hetgeen in de berekende denitrificatie voor deze kleigrond tot uiting komt. Ondanks dat de verzadigde doorlatendheid van deze kleigrond al verhoogd is (zie paragraaf 4.3.6), blijft de teelt nat. Een grote aanvoer van organische stof in de vorm van compost, hetgeen bij kasteelten gebruikelijk is eenmaal per 3 á 4 jaar, kan de verzadigde doorlatendheid echter sterk verhogen. Een pF-curve voor kleigrond van een kas voor dit bedrijfstype was niet beschikbaar. De mogelijkheden om dit nader te onderzoeken ontbreken. Deze berekeningen geven daarom alleen een richting aan van de denitrificatie.

De relatief hoge denitrificatie bij de teelt van sla wordt mede veroorzaakt doordat de N-bemesting volledig als voorraadbemesting gegeven wordt. Bij de start van de teelt wordt alle stikstof gegeven voor een teeltperiode van 6 tot 12 weken. De lange verblijftijd van grote hoeveelheden stikstof in de bouwvoor stimuleert denitrificatie. Ook hier is echter geen mogelijkheid om de gevonden resultaten te toetsen aan meetgegevens.

5.1.3 Het N-bodemoverschot

Tomaat

Het N-bodemoverschot bij de grondteelt van tomaat varieert van ruim 200 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ tot meer dan 1000 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ en de concentratie van het percolaat tot aan de drain kan oplopen tot bijna 2000 mg nitraat l⁻¹ (Tabel 27). Hierin is meegenomen dat er een aanvoer is van organisch gebonden stikstof (uit mest of compost) van 100 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ voor bedrijven op zand en 75 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ voor bedrijven op klei (zie Bijlage III voor een volledige berekening). Een N-bodemoverschot van 300 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ of meer bij bedrijfstypes G7 en G9, waarbij tevens een negatief berekeningsoverschot gerealiseerd wordt, betekent dat stikstof zich zal ophopen in de bodem. Immers, er is een overschot aan stikstof maar geen uitspoeling. Dit zal in de praktijk voor die bedrijfstypen resulteren in een lagere bemesting door de terugkoppeling van de regelmatig uitgevoerde grondanalyses. Deze terugkoppeling is niet meegenomen in deze studie en verdient nadere aandacht.

De bandbreedte bij de berekening van het N-bodemoverschot die ontstaat door een hoge respectievelijk lage denitrificatie is groot, 13% van de totale N-aanvoer denitrificeert bij bedrijfstype G1 ((1052-792)/2072*100%=13%) tot 35% bij bedrijfstype G12 ((833-245)/1669*100%=35%).

Tabel 27. *Irrigatieoverschot (mm jr⁻¹), denitrificatie (kg ha⁻¹ jr⁻¹), bijbehorende N-bodemoverschot (kg ha⁻¹ jr⁻¹) en nitraatconcentraties (mg l⁻¹) in het percolaat tot aan de drain voor de grondteelten van **tomaat** voor de verschillende bedrijfstypen bij het huidige bemestingsadvies. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.*

Bedrijfstype	Irrigatie	Irrigatie-overschot	Aanvoer	Denitrificatie		Bodemoverschot		Concentratie (mg l ⁻¹)	
	mm jr ⁻¹	mm jr ⁻¹	kg ha ⁻¹ jr ⁻¹	f _S hoog	f _S laag	f _S hoog	f _S laag	f _S hoog	f _S laag
G1 (nieuw, nee zand, diep)	1341	440	2072	260	0	792	1052	798	1060
G2 (oud, ja, zand, diep)	- ¹	-	-	-	-	-	-	-	-
G3 (oud, nee, zand, diep)	1137	373	1771	228	0	720	948	856	1126
G4 (nieuw, nee, zand, ondiep)	1166	265	1815	263	0	533	795	891	1330
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	988	224	1553	243	0	487	730	961	1440
G7 (nieuw, nee, weinig, ondiep)	829	-72 ²	1742	391	89	331	633	-	-
G8 (oud, ja, weinig, ondiep)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G9 (oud, nee, weinig, ondiep)	703	-61	1476	362	84	291	569	-	-
G10 (nieuw, nee, klei, ondiep)	1120	218	1956	651	16	286	921	580	1869
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	949	185	1669	601	13	245	833	587	1994

¹ *Bedrijfstype niet meegenomen in de berekeningen.*

² *Voor een berekeningsoverschot ≤ 0, (geen uitspoeling), kan geen nitraatconcentratie geformuleerd worden.*

Sla

Het N-bodemoverschot bij de grondteelt van sla varieert van 0 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ tot een kleine 1000 kg ha⁻¹ jr⁻¹, afhankelijk van de gekozen parameterwaarden voor de berekening van de denitrificatie (Tabel 28). De berekende concentratie kan oplopen tot 2553 mg nitraat l⁻¹. Hierin is meegenomen dat er een aanvoer is van organisch gebonden stikstof (uit mest of compost) van 100 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ voor bedrijven op zand en 75 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ voor bedrijven op klei (zie Bijlage III voor een volledige berekening).

Tabel 28. Irrigatieoverschot (mm jr^{-1}), denitrificatie ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$), bijbehorende N-bodemoverschot ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) en nitraatconcentraties (mg l^{-1}) in het percolaat tot aan de drain voor de grondteelt van *sla* voor de verschillende bedrijfstypen bij het huidige bemestingsadvies. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Bedrijfstype	Irrigatie	Irrigatie-overschot	Aanvoer ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) ²		Denitrificatie		Bodem-overschot		Concentratie (mg l^{-1})	
	mm jr^{-1}	mm jr^{-1}	f_s hoog	f_s laag	f_s hoog	f_s laag	f_s hoog	f_s laag	f_s hoog	f_s laag
G1 (nieuw, nee zand, diep)	1168	377	1733	1551	182	0	749	931	879	1092
G2 (oud, ja, zand, diep)	¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G3 (oud, nee, zand, diep)	1025	348	1576	1398	178	0	705	883	897	1124
G4 (nieuw, nee, zand, ondiep)	1015	225	1508	1260	249	0	458	707	901	1390
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	891	214	1395	1143	252	0	451	703	931	1451
G7 (nieuw, nee, weinig, ondiep)	857	0 ³	1259	774	458	92	0	365	-	-
G8 (oud, ja, weinig, ondiep)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G9 (oud, nee, weinig, ondiep)	737	0	1175	751	482	97	0	386	-	-
G10 (nieuw, nee, klei, ondiep)	966	176	1741	1142	608	9	331	930	835	2346
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	847	171	1686	1043	652	8	341	985	885	2553

¹ Bedrijfstype niet meegenomen in de berekeningen.

² Bij *sla* is de aanvoer afhankelijk van de hoeveelheid denitrificatie en zijn twee situaties doorgerekend met respectievelijk een hoge (f_s hoog) en een lage (f_s laag) denitrificatie.

³ Voor een beregeningsoverschot ≤ 0 , (geen uitspoeling), kan geen nitraatconcentratie geformuleerd worden.

Een N-bodemoverschot van ruim $300 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ bij bedrijfstypes G7 en G9, waarbij tevens een negatief of geen beregeningsoverschot gerealiseerd wordt, betekent dat stikstof zich zal ophopen in de bodem. Immers, er is een overschot aan stikstof maar geen uitspoeling. Dit is niet waarschijnlijk en verdient nadere aandacht.

De bandbreedte bij de berekening van het N-bodemoverschot die ontstaat door een hoge respectievelijk lage denitrificatie is groot, 10,5% van de totale N-aanvoer denitrificeert bij bedrijfstype G1 $((931-749)/1733 \cdot 100\%=10,5\%)$ tot 38% bij bedrijfstype G12 $((985-341)/1686 \cdot 100\%=38\%)$.

Chrysant

Het N-bodemoverschot varieert van ongeveer 100 tot ruim $700 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$, afhankelijk van het bedrijfstype en de keuze voor de parameterwaarden die de waarde van f_s (denitrificatie) bepalen (Tabel 29). Hierin is meegenomen dat er een aanvoer is van organisch gebonden stikstof (uit mest of compost) van $100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ voor bedrijven op zand en $75 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ voor bedrijven op klei (zie Bijlage III voor een volledige berekening). Een bodemoverschot van ongeveer $100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ of meer bij bedrijfstypes G7, G8 en G9, waarbij tevens geen of een negatief beregeningsoverschot gerealiseerd wordt, betekent dat stikstof zich zal ophopen in de bodem. Immers, er is een overschot aan stikstof maar geen uitspoeling. Dit zal in de praktijk voor die bedrijfstypen resulteren in een lagere bemesting door de terugkoppeling van de regelmatig uitgevoerde grondanalyses. Deze terugkoppeling is niet meegenomen in deze studie en verdient nadere aandacht.

De bandbreedte bij de berekening van het N-bodemoverschot die ontstaat door een hoge respectievelijk lage denitrificatie is groot, 12% van de totale N-aanvoer denitrificeert bij bedrijfstype G1 $((709-496)/1709 \cdot 100\%=13\%)$ tot 32% bij bedrijfstype G12 $((500-101)/1266 \cdot 100\%=32\%)$.

Tabel 29. Beregeningsoverschot (mm jr^{-1}), denitrificatie ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$), bijbehorende N-bodemoverschot ($\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$) en nitraatconcentraties (mg l^{-1}) in het percolaat tot aan de drain voor de grondteelt **chrysant** voor de verschillende bedrijfstypen bij het huidige bemestingsadvies. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Bedrijfstype	Irrigatie		Aanvoer	Denitrificatie		Bodemoverschot		Concentratie (mg l^{-1})	
	mm jr^{-1}	Irrigatieoverschot mm jr^{-1}		$\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$	f_s hoog	f_s laag	f_s hoog	f_s laag	f_s hoog
G1 (nieuw, ja, zand, diep)	1437	471	1709	214	0	496	709	466	667
G2 (oud, ja, zand, diep)	1244	408	1493	181	0	412	593	448	644
G3 (oud, nee, zand, diep)	1073	352	1301	165	0	387	551	487	694
G4 (nieuw, ja, zand, ondiep)	1249	284	1499	200	0	299	499	467	779
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	1082	246	1311	176	0	235	411	424	742
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	933	212	1145	168	0	226	395	473	825
G7 (nieuw, ja, weinig, ondiep)	889	-77 ¹	1368	218	53	150	315	-	-
G8 (oud, ja, weinig, ondiep)	769	-67	1184	176	44	108	241	-	-
G9 (oud, nee, weinig, ondiep)	663	-58	1022	173	44	98	228	-	-
G10 (nieuw, ja, klei, ondiep)	1199	234	1670	509	23	161	647	305	1226
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	1038	202	1456	444	0	112	556	246	1217
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	895	174	1266	415	15	101	500	256	1270

¹ Voor een beregeningsoverschot ≤ 0 , (geen uitspoeling), kan geen nitraatconcentratie geformuleerd worden.

Fresia

Het N-bodemoverschot varieert van enkele kilogrammen tot ruim $300 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$, afhankelijk van het bedrijfstype en de keuze voor de parameterwaarden die de waarde van f_s (denitrificatie) bepalen (Tabel 30). Hierin is meegenomen dat er een aanvoer is van organisch gebonden stikstof (uit mest of compost) van $63 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ voor alle bedrijven. Een N-bodemoverschot van 35 tot $43 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ bij bedrijfstypes G7, G8 en G9, waarbij tevens geen of een negatief beregeningsoverschot gerealiseerd wordt, betekent dat stikstof zich zal ophopen in de bodem. Immers, er is een overschot aan stikstof maar geen uitspoeling. Dit zal in de praktijk voor die bedrijfstypen resulteren in een lagere bemesting door de terugkoppeling van de regelmatig uitgevoerde grondanalyses. Deze terugkoppeling is niet meegenomen in deze studie en verdient nadere aandacht.

De bandbreedte bij de berekening van het N-bodemoverschot die ontstaat door een hoge respectievelijk lage denitrificatie is beperkt, enkele procenten van de totale N-aanvoer denitrificeert bij bedrijfstypes G10, G11 en G12 tot maximaal 10% bij bedrijfstypes G1, G2 en G3 ($(290-181)/1133 \cdot 100\% = 10\%$).

Tabel 30. Berekeningsoverschot (mm jr^{-1}), denitrificatie ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$), bijbehorende N-bodemoverschot ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) en nitraatconcentraties (mg l^{-1}) in het percolaat tot aan de drain voor **fresia** voor de verschillende bedrijfstypen bij het huidige bemestingsadvies. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Bedrijfstype	Irrigatie	Irrigatie overschot	Aanvoer	Denitrificatie		Bodem- overschot		Concentratie (mg l^{-1})	
	mm jr^{-1}	mm jr^{-1}	$\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$	f_s hoog	f_s laag	f_s hoog	f_s laag	f_s hoog	f_s laag
G1 (nieuw, ja, zand, diep)	956	313	1133	109	0	181	290	256	410
G2 (oud, ja, zand, diep)	845	291	1009	105	0	190	295	289	449
G3 (oud, nee, zand, diep)	694	228	840	83	0	157	240	306	468
G4 (nieuw, ja, zand, ondiep)	850	207	1014	95	0	77	171	164	366
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	716	163	865	84	0	67	151	181	411
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	604	137	739	79	0	60	139	195	449
G7 (nieuw, ja, venig, ondiep)	591	-51 ¹	973	95	25	35	105	-	-
G8 (oud, ja, venig, ondiep)	509	-44	847	90	24	43	109	-	-
G9 (oud, nee, venig, ondiep)	431	-37	726	91	24	35	102	-	-
G10 (nieuw, ja, klei, ondiep)	872	229	1283	369	361	10	18	20	36
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	693	135	1033	266	243	5	28	15	93
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	581	113	877	233	191	3	45	12	177

¹ Voor een berekeningsoverschot ≤ 0 , (geen uitspoeling), kan geen nitraatconcentratie geformuleerd worden.

5.1.4 Aanvoer van fosfor

De aanvoer van P (voorraadbemesting + bijbemesting + P uit organische producten) voor de grondteelten varieert van ruim $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ voor sla tot een kleine $300 \text{ kg P ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ voor tomaat (Tabel 31 en Tabel 32). Nogmaals moet echter benadrukt worden dat bij de bemesting van P geen terugkoppeling zit. De terugkoppeling regelt dat de P-bemesting stopt als een voldoende hoge P-concentratie tijdens de bemonstering in het 1:2 extract gemeten wordt en dat de P-bemesting verhoogd wordt als de P-concentratie onder de advieswaarde ligt.

5.1.5 Het P-bodemoverschot

Het aldus berekende P-bodemoverschot voor de grondteelten tomaat en sla varieert van een tekort van ongeveer 100 tot maximaal $51 \text{ kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ (Tabel 31) en voor chrysant en fresia van eveneens een klein tekort tot bijna $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ (Tabel 32). Bij een langdurige tekort situatie wordt op basis van het bemestingsadvies de gift verhoogd. De gift wordt navenant verlaagd bij een langdurige hogere bemesting dan de afvoer, omdat dan de bodemvoorraad aan fosfor toeneemt en de bodemanalyses aangeven dat een P-bemesting niet nodig is. Deze feedback van meten en aanpassen van de P-bemesting zit niet in de berekeningen. Op grond van het hier berekende P-bodemoverschot is daarom slechts een zeer indicatieve richting aan te geven van de milieubelasting.

Tabel 31. De totale P-aanvoer ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$), de P-afvoer ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) en het berekende P-bodemoverschot ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) voor grondteelten **tomaat** en **sla**.

Bedrijfstype	Tomaat			Sla		
	aanvoer	afvoer	bodemoverschot	aanvoer	afvoer	bodemoverschot
G1 (nieuw, nee, zand, diep)	283	280	3	187	136	51
G2 (oud, ja, zand, diep)	-	-	-	-	-	-
G3 (oud, nee, zand, diep)	251	224	27	161	116	45
G4 (nieuw, nee, zand, ondiep)	256	280	-24	178	136	42
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	-	-	-	-	-	-
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	228	224	4	153	116	37
G7 (nieuw, nee, venig, ondiep)	179	280	-101	157	136	21
G8 (oud, ja, venig, ondiep)	-	-	-	-	-	-
G9 (oud, nee, venig, ondiep)	159	224	-65	125	116	9
G10 (nieuw, nee, klei, ondiep)	242	280	-38	151	136	14
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	-	-	-	-	-	-
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	216	224	-8	128	116	13

¹ Bedrijfstype niet meegenomen in de berekeningen.

Tabel 32. De totale P-aanvoer ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$), de P-afvoer ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) en het berekende P-bodemoverschot ($\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$) voor de grondteelten **chrysant** en **fresia**.

Bedrijfstype	Chrysant			Fresia		
	aanvoer	afvoer	bodemoverschot	aanvoer	afvoer	bodemoverschot
G1 (nieuw, ja, zand, diep)	298	110	188	219	177	42
G2 (oud, ja, zand, diep)	268	95	173	201	150	51
G3 (oud, nee, zand, diep)	241	80	161	177	127	50
G4 (nieuw, ja, zand, ondiep)	269	110	159	202	177	25
G5 (oud, ja, zand, ondiep)	243	95	148	180	150	30
G6 (oud, nee, zand, ondiep)	220	80	140	162	127	36
G7 (nieuw, ja, venig, ondiep)	188	110	78	160	177	-17
G8 (oud, ja, venig, ondiep)	169	95	74	147	150	-3
G9 (oud, nee, venig, ondiep)	153	80	73	135	127	8
G10 (nieuw, ja, klei, ondiep)	254	110	144	205	177	28
G11 (oud, ja, klei, ondiep)	229	95	134	177	150	26
G12 (oud, nee, klei, ondiep)	207	80	127	159	127	32

5.1.6 Milieubelasting

Stikstof

Een beschouwing over de milieubelasting levert in een kassituatie met grondteelten problemen op. In een kas is het niet relevant om dit te berekenen door, zoals dat bij ABC open teelten is gedaan, het N-bodemoverschot te delen door het beregeningsoverschot. Immers, bij open teelten is er een vaste hoeveelheid neerslag aangenomen voor het winterseizoen, waarbij alle aanwezige N-min in de bodem uitspoelt. In de kassituatie is dit sowieso niet gebonden aan het seizoen en zeker niet een vaste hoeveelheid. Verbinding aan een beregeningsoverschot levert bovendien het gevaar op dat de NO_3 -concentratie sterk verlaagd kan worden door het beregeningsoverschot toe te laten nemen.

Dit zou een averechts effect op de milieubelasting hebben, aangezien de totale vracht aan stikstof die hierdoor uitspoelt veel hoger is dan het geval is bij een gering beregeningsoverschot.

In deze studie is de 'vracht' van stikstof tot aan de drain op een eenvoudige wijze berekend met vele onzekerheden. Het beregeningsoverschot tot aan de drain is eveneens met vele onzekerheden berekend.

Als aangenomen wordt dat er geen andere waterbewegingen of stikstofstromen optreden dan kan met enige reserve en voorzichtigheid gekeken worden naar mogelijke concentraties in het drainwater of het water dat door de drain naar het grondwater zal wegstromen.

Wel geven deze resultaten aanleiding voor het idee dat de balans meer in evenwicht moet komen om de emissie (naar welke bron dan ook) te verminderen.

De berekeningen in dit rapport hebben allen betrekking op het betaalde oppervlak. Als een en ander gemiddeld wordt over het bedrijfsoppervlak zullen emissies per ha enigszins lager worden maar eventueel berekende concentraties bij lozing op oppervlaktewater of naar het grondwater zullen niet veranderen.

Fosfor

Het berekende P-bodemoverschot bij een normale P-toestand en een bijbemesting gedurende de gehele teelt is doorgaans positief (Tabel 31 en Tabel 32). Alleen bij tomaat en sla zijn enkele bedrijfstypen waar een evenwichtsbemesting berekend werd (P-bodemoverschot $<5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$) of een negatief P-bodemoverschot. Een positief P-bodemoverschot betekent dat er ophoping in de bodem optreedt; een negatief P-bodemoverschot betekent dat de bodem uitgeput wordt. De terugkoppeling van een hoger, respectievelijk lager P-niveau in de bodem en het stoppen, respectievelijk starten of verhogen van de P-bemesting, zoals het advies is, is in deze studie niet meegenomen. Dit overschot is daarom, in vergelijking met de gemiddelde praktijksituatie waarbij de Adviesbasis wordt gevolgd, een overschatting, respectievelijk onderschatting van het werkelijke P-bodemoverschot. Op grond van deze gegevens is bij het volgen van het tuinbouwkundig optimale bemestingsadvies en een normale P-toestand, voor de grondteelten met deze berekeningen geen deugdelijke uitspraak te doen over de risico's voor het milieu.

5.2 Substrateelten

5.2.1 Aanvoer van stikstof

De aanvoer van stikstof bij de substrateelten varieert van ruim $800 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ bij roos met een lage denitrificatie (S8) tot ruim $2000 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ bij tomaat met een hoge denitrificatie (S1, Tabel 33, Tabel 34 en Tabel 35). De afvoer van stikstof bij deze teelten varieert van $551 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ voor de onbelichte teelt van roos tot ruim $1500 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ voor tomaat (Tabel 25).

5.2.2 Denitrificatie

De denitrificatie bij substrateelten varieert van een kleine $100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ bij roos met een lage denitrificatie tot ruim $400 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ bij tomaat met een hoge denitrificatie (Tabel 33, Tabel 34 en Tabel 35).

5.2.3 Het N-overschot

Tomaat

Het N-overschot bij de teelt van tomaat varieert van 64 kg N ha^{-1} (spui- + lekverliezen) bij bedrijfstype S8 tot 107 kg N ha^{-1} bij bedrijfstype S1 (Tabel 33). De gemiddelde berekende concentratie van de spui- en lekverliezen ligt rond de $1385 \text{ mg nitraat l}^{-1}$ en de verschillen tussen de bedrijfstypen zijn gering.

Tabel 33. De spui- en lekverliezen (mm), de aanvoer (kg ha⁻¹ jr⁻¹) en denitrificatie (kg ha⁻¹ jr⁻¹) bij hoge (f_s hoog) en lage (f_s laag) denitrificatie, de spui- en lekverliezen (kg ha⁻¹ jr⁻¹), en nitraatconcentratie (mg l⁻¹) voor de substraatteelt van **tomaat** voor de verschillende bedrijfstypen bij het huidige bemestingsadvies. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Bedrijfstype	Aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)		Spui mm	Lek mm	Denitrificatie (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)		Spui kg ha ⁻¹ jr ⁻¹	Lek kg ha ⁻¹ jr ⁻¹	Concentratie mg l ⁻¹
	f _s hoog	f _s laag			f _s hoog	f _s laag			
S1 (nieuw, ja, kust)	2075	1887	10	27	415	226	34	85	1392
S2 (nieuw, ja, binnen)	2041	1855	2	27	408	223	6	85	1383
S3 (oud, ja, kust)	1607	1461	5	23	321	175	17	73	1388
S4 (oud, ja, binnen)	1402	1441	0	23	317	173	0	73	1380
S5 (nieuw, nee, kust)	1870	1700	10	24	374	204	31	76	1393
S6 (nieuw, nee, binnen)	1838	1671	2	24	368	201	6	76	1383
S7 (oud, nee, kust)	1424	1295	6	20	285	155	18	64	1389
S8 (oud, nee, binnen)	1402	1275	0	20	280	153	0	64	1380

Roos

Het N-overschot bij de teelt van roos varieert van 68 kg N ha⁻¹ (spui- + lekverliezen) bij bedrijfstype S8 tot 267 kg N ha⁻¹ bij bedrijfstype S5 (Tabel 34). De gemiddelde berekende concentratie van de spui- en lekverliezen ligt rond de 760 mg nitraat l⁻¹. Deze concentraties zijn iets meer dan de helft van die bij tomaat. De hoeveelheid stikstof die in de spui- en lekverliezen zijn weg zal vinden naar het milieu is echter hoger dan bij de substraatteelt van tomaat. De verschillen ontstaan doordat bij de teelt van roos door de geringere Na opnamecapaciteit en de lagere Na-grens, veel eerder spui volgt dan bij tomaat. De hoeveelheid spui is bij roos veel hoger dan bij tomaat en de concentratie van N is daardoor bij roos lager dan bij tomaat.

Tabel 34. De spui- en lekverliezen (mm), de aanvoer (kg ha⁻¹ jr⁻¹) en denitrificatie (kg ha⁻¹ jr⁻¹) bij hoge (f_s hoog) en lage (f_s laag) denitrificatie, de spui- en lekverliezen (kg ha⁻¹ jr⁻¹), en nitraatconcentratie (mg l⁻¹) voor de substraatteelt van **roos** voor de verschillende bedrijfstypen bij het huidige bemestingsadvies. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Bedrijfstype	Aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)		Spui mm	Lek mm	Denitrificatie (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)		Spui kg ha ⁻¹ jr ⁻¹	Lek kg ha ⁻¹ jr ⁻¹	Concentratie mg l ⁻¹
	f _s hoog	f _s laag			f _s hoog	f _s laag			
S1 (nieuw, ja, kust)	1522	1384	113	27	304	166	198	44	768
S2 (nieuw, ja, binnen)	1381	1256	49	27	276	151	86	44	761
S3 (oud, ja, kust)	1233	1121	86	23	247	134	151	38	772
S4 (oud, ja, binnen)	1088	989	20	23	218	119	35	38	754
S5 (nieuw, nee, kust)	1213	1103	130	24	243	132	228	39	770
S6 (nieuw, nee, binnen)	1036	942	49	24	207	113	86	39	762
S7 (oud, nee, kust)	932	847	78	20	186	102	136	33	767
S8 (oud, nee, binnen)	806	733	20	20	161	88	35	33	756

Lelie

Het N-overschot bij lelie varieert van 32 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ bij bedrijfstype S8 tot 303 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ bij bedrijfstype S1 (Tabel 35). De gemiddelde berekende concentratie van de spui- en lekverliezen ligt rond de 760 mg nitraat l⁻¹ en is

daarmee vergelijkbaar met de concentratie berekend bij roos. Opvallend is het relatief grote aandeel in de N afvoer via spui bij de 'kustbedrijven'. Dit is veroorzaakt door de geringe opname aan Na en de daarmee samenhangende lage zouttolerantie van lelie, waardoor al bij 3 mmol Na l⁻¹ wordt gespuid.

Tabel 35. De spui- en lekverliezen (mm), de aanvoer (kg ha⁻¹ jr⁻¹) en denitrificatie (kg ha⁻¹ jr⁻¹) bij hoge (f_s hoog) en lage (f_s laag) denitrificatie, de spui- en lekverliezen (kg ha⁻¹ jr⁻¹), en nitraatconcentratie (mg l⁻¹) voor de substraatteelt van **lelie** voor de verschillende bedrijfstypen bij het huidige bemestingsadvies. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Bedrijfstype	Aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹) ¹		Spui	Lek	Denitrificatie (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)		Spui	Lek	Concentratie
	f _s hoog	f _s laag	mm	mm	f _s hoog	f _s laag	kg ha ⁻¹ jr ⁻¹	kg ha ⁻¹ jr ⁻¹	mg l ⁻¹
S1 (nieuw, ja, kust)	1807	1670	152	21	311	174	269	34	779
S2 (nieuw, ja, binnen)	1556	1441	39	21	261	146	68	34	762
S3 (oud, ja, kust)	1574	1457	119	18	264	148	212	30	780
S4 (oud, ja, binnen)	1320	1226	5	18	214	120	9	30	745
S5 (nieuw, nee, kust)	1675	1550	132	18	285	159	234	30	777
S6 (nieuw, nee, binnen)	1455	1349	33	18	241	138	58	30	761
S7 (oud, nee, kust)	1466	1359	103	15	243	136	183	26	778
S8 (oud, nee, binnen)	1244	1157	4	15	199	111	6	26	743

¹ Inclusief aanvoer van 276 kg N ha⁻¹ en 138 kg P ha⁻¹ met potgrond en 504 kg N ha⁻¹ en 67 kg P ha⁻¹ met plantmateriaal.

5.2.4 Aanvoer van fosfor

De P-aanvoer bij de substraatteelt van tomaat, roos en lelie varieert respectievelijk van 295 tot 440, 100 tot 188 en 226 tot 293 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 36, Tabel 37 en Tabel 38).

Tabel 36. De aanvoer van P, de spui en lekverliezen en de P-concentratie voor de verschillende bedrijfstypen bij huidige het bemestingsadvies voor de substraatteelt van **tomaat**. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Bedrijfstype	Aanvoer	Spui	Lek	Spui	Lek	Concentratie
	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	(mm)	(mm)	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	(mg l ⁻¹)
S1 (nieuw, ja, kust)	440	10	27	3	13	42
S2 (nieuw, ja, binnen)	437	2	27	1	13	45
S3 (oud, ja, kust)	337	5	23	2	11	44
S4 (oud, ja, binnen)	336	0	23	0	11	47
S5 (nieuw, nee, kust)	395	10	24	3	11	42
S6 (nieuw, nee, binnen)	392	2	24	1	11	45
S7 (oud, nee, kust)	297	5	20	2	10	43
S8 (oud, nee, binnen)	295	0	20	0	10	47

Tabel 37. De aanvoer van P, de spui- en lekverliezen en de P-concentratie voor de verschillende bedrijfstypen bij huidige het bemestingsadvies voor de substraatteelt van **roos**. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Bedrijfstype	Aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	Spui (mm)	Lek (mm)	Spui (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	Lek (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	Concentratie (mg l ⁻¹)
S1 (nieuw, ja, kust)	188	113	27	32	9	29
S2 (nieuw, ja, binnen)	170	49	27	14	9	30
S3 (oud, ja, kust)	152	86	23	24	8	29
S4 (oud, ja, binnen)	134	20	23	6	8	31
S5 (nieuw, nee, kust)	151	130	24	36	8	29
S6 (nieuw, nee, binnen)	128	49	24	14	8	30
S7 (oud, nee, kust)	116	78	20	22	7	29
S8 (oud, nee, binnen)	100	20	20	6	7	31

Tabel 38. De aanvoer van P, de spui- en lekverliezen en de P-concentratie voor de verschillende bedrijfstypen bij huidige het bemestingsadvies voor de substraatteelt van **lelie**. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Bedrijfstype	Aanvoer (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹) ¹	Spui (mm)	Lek (mm)	Spui (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	Lek (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	Concentratie (mg l ⁻¹)
S1 (nieuw, ja, kust)	293	152	21	43	7	29
S2 (nieuw, ja, binnen)	261	39	21	11	7	30
S3 (oud, ja, kust)	267	119	18	34	6	29
S4 (oud, ja, binnen)	234	5	18	1	6	32
S5 (nieuw, nee, kust)	278	132	18	37	6	29
S6 (nieuw, nee, binnen)	250	33	18	9	6	30
S7 (oud, nee, kust)	254	103	15	29	5	29
S8 (oud, nee, binnen)	226	4	15	1	5	32

¹ Totale P-aanvoer: inclusief 138 kg ha⁻¹ met potgrond en 54 kg ha⁻¹ met het plantmateriaal.

5.2.5 Het P-overschot

Het P-overschot bij de substraatteelt van tomaat, roos en lelie varieert respectievelijk van 10 tot 16, 13 tot 44 en 6 tot 50 kg ha⁻¹ jr⁻¹ afhankelijk van het bedrijfstype (Tabel 36, Tabel 37 en Tabel 38). Vooral de ligging van het bedrijf heeft veel invloed op de hoeveelheid spui die nodig is tijdens de teelt en daarmee op het P-overschot.

5.2.6 Milieubelasting

Stikstof

Bij de milieubelasting moet worden gekeken naar het type belasting: puntbelasting door spui en verliezen met filters spoelen, of een diffuse belasting door verliezen met lekkages van het teeltsysteem (watergeefstelsel, goten, verbindingen). De diffuse verliezen voor N zijn berekend als een vast percentage (1%) en variëren van 13 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor lelie tot ruim 42 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor tomaat (dit is de helft van de lekverliezen uit (Tabel 33, Tabel 34 en Tabel 35). De puntlozing via spoelen is even groot maar wordt op het oppervlaktewater of in het riool geloosd. Bij tomaat treedt de milieubelasting in termen van 'vracht' (64 tot 120 kg ha⁻¹ jr⁻¹) vooral op via lekverliezen. Doordat deze hoeveelheid

met een beperkte hoeveelheid water wordt geloosd is de concentratie rond de 1380 mg nitraat l⁻¹. De concentraties bij roos en lelie liggen rond de 750 - 800 mg nitraat l⁻¹, terwijl de 'vracht' bij deze gewassen hoger is dan bij tomaat, 68 tot 241 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor roos en 32 tot 303 kg ha⁻¹ jr⁻¹ bij lelie.

Fosfor

Bij tomaat is de vracht van P rond de 4 tot 8 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 36). Bij de andere gewassen is de vracht hoger (Tabel 37 en Tabel 38). De milieubelasting treedt, evenals bij N, vooral op via spui. De concentratie die berekend is, ligt rond de 35 mg P l⁻¹.

5.3 Potplanten

5.3.1 Aanvoer van stikstof

De aanvoer van stikstof varieert van 790 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ bij een lage denitrificatie tot ruim 900 kg ha⁻¹ jr⁻¹ bij een hoge denitrificatie (Tabel 39).

5.3.2 Denitrificatie

De denitrificatie varieert van ruim 30 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ tot 151 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 39).

5.3.3 Het N-overschot

Het N-overschot voor Schefflera bedraagt 36 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 39).

Tabel 39. De aanvoer van N (kg ha⁻¹ jr⁻¹), de spui- en lekverliezen en de denitrificatie (kg ha⁻¹ jr⁻¹) bij hoge (f_s hoog) en lage (f_s laag) denitrificatie.

Groep	Aanvoer		Spui mm	Lek mm	Denitrificatie		Spui kg ha ⁻¹ jr ⁻¹	Lek kg ha ⁻¹ jr ⁻¹	Concentratie mg l ⁻¹
	f _s hoog	f _s laag			f _s hoog	f _s laag			
Schefflera	904	791	0	195	151	38	0	36	81

5.3.4 Aanvoer van fosfor

De P-aanvoer voor Schefflera is berekend op 148 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 40).

Tabel 40. De aanvoer van P (kg ha⁻¹ jr⁻¹), de spui- en lekverliezen en de P-concentratie (mg l⁻¹) voor Schefflera. Grote voorzichtigheid is geboden bij de beoordeling van de concentraties.

Groep	Aanvoer	Spui (mm)	Lek (mm)	Spui (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	Lek (kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)	Concentratie (mg l ⁻¹)
	(kg ha ⁻¹ jr ⁻¹)					
Schefflera	148	0	195	0	3	2

5.3.5 Het P-overschot

Het P-overschot voor Schefflera is $3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 40).

5.3.6 Milieubelasting

Stikstof

Bij de milieubelasting moet worden gekeken naar het type belasting: puntbelasting door spui en lekverliezen met spoelen, of een diffuse belasting door verliezen met lekkende kranen. De diffuse verliezen voor N zijn berekend als een vast percentage (1%) en is $18 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$, de helft van de lekverliezen (Tabel 39). De puntlozing is even groot en de concentratie van deze lozing op het oppervlaktewater of de riool is 81 mg l^{-1} . Er zijn geen verliezen door spui.

Fosfor

De vracht van P is voor Schefflera berekend op $3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 40). De milieubelasting treedt, evenals bij N, vooral op via de diffuse lozing lek en door de puntlozing met spoelverliezen. De berekend concentratie is 2 mg P l^{-1} .

6. Evaluatie met de GLAMI-rapporten

Glastuinbouwbedrijven moeten op grond van het Besluit glastuinbouw het gebruik van meststoffen/mineralen op het bedrijf registreren en het totale jaarverbruik, samen met het teeltplan, aan de 'Uitvoeringsorganisatie Integrale Milieutaakstelling' (UO) rapporteren. De UO legt de rapportagegegevens vast in de UO-database.

De UO stelt op sector- en gewasgroepniveau voortgangsrapporten op en levert verificatierapporten voor het toetsen van de gewasnormen. Hiermee wordt invulling gegeven aan de afspraken in het Convenant Glastuinbouw en Milieu (GlaMi).

6.1 De datasets

De zogenaamde 'GlaMi verificatierapporten' per gewasgroep met de resultaten uit 2004, zijn gebruikt om spreiding binnen een gewasgroep aan te geven en om te zien in welke mate het in dit rapport gekozen voorbeeldgewas representatief is voor de groep. Ook kunnen de N-aanvoercijfers (N-verbruik) en P-aanvoercijfers (P-verbruik) in dit rapport vergeleken worden met deze data.

Genoemde rapporten zijn gebaseerd op de rapportages van bedrijven met een 'zuiver teeltplan'. Dat betekent dat de bedrijven alleen het desbetreffende gewas hebben geteeld en geen andere gewassen.

In bijlage IV zijn per gewas de karakteristieken weergegeven van de N- en P-aanvoer, te weten het gemiddelde gebruik in kg N of P per ha, de standaardafwijking, de mediaan en het aantal bedrijven waar de getallen betrekking op hebben. Het betreft hier het aantal bedrijven na 'opschoning', waarbij onrealistische gegevens verwijderd zijn. Vervolgens zijn in *Tabel 41* de verschillende gewassen uit de GlaMi rapporten ingedeeld in de verschillende gewasgroepen zoals die in dit rapport gehanteerd worden.

In bijlage IV (en in de GlaMi rapporten) is onderscheid gemaakt tussen belicht en onbelicht. Dit gegeven wordt soms door de telers onbetrouwbaar gerapporteerd, daarom is in een gewogen gemiddelde berekend per gewas waarbij geen onderscheid gemaakt is tussen belicht en onbelicht. Hierbij is rekening gehouden met het aantal bedrijven per gewas, zodat bijvoorbeeld een klein aantal bedrijven met hoge of lage geregistreerde verbruikscijfers voor een bepaald gewas het gemiddelde van een gewasgroep niet onevenredig omhoog of naar beneden brengen.

In de GlaMi-rapportages wordt helaas geen onderscheid gemaakt tussen grond- en substraatteelten (aangezien dit geen verplichting is uit het Besluit glastuinbouw). Daardoor is het voor sommige teelten die bij beide categorieën voorkomen (roos, fresia) onmogelijk een goede vergelijking te maken. Vervolgens is een gewogen gemiddelde berekend per gewasgroep (*Tabel 42*). In *Tabel 42* is ook het gemiddelde + standaardafwijking ($\bar{X} + \sigma$) en het gemiddeld - standaardafwijking ($\bar{X} - \sigma$) weergegeven. Volgens de definitie van standaardafwijking zal 66% van de bedrijven binnen deze range vallen.

Tabel 41. *Indeling van de gewassen van de GLAMI rapporten naar teeltmethode grondteelt of substraatteelt)¹ en gewasgroepen, en de geregistreerde aanvoer per gewas voor N en P in kg ha⁻¹ met standaardafwijking (σ) en het aantal bedrijven (n) waar het gemiddelde op gebaseerd is.*

Teeltmethode	Groep	Gewas	N-aanvoer	σ	n	P-aanvoer	σ	N	
Grondteelten	Vruchtgroenten	²	-	-	-	-	-	-	
	Overige groenten	Radijs	590	160	19	100	76	19	
		Sla	773	438	19	135	112	19	
	Intensieve bloemen	Chrysant	1152	417	162	101	89	162	
	Extensieve bloemen	Alstroemeria	871	233	35	101	69	33	
		Eustomia	590	231	13	78	59	13	
		Snijgroen	208	216	10	31	46	10	
		Zomerbloemen	294	223	44	64	64	45	
	Substraatteelt	Vruchtgroenten	Aubergine	1786	462	23	406	100	23
			Courgette	1362	639	6	267	123	4
Komkommer			1870	510	102	368	92	103	
Paprika			1443	415	279	301	109	284	
Tomaat			1730	475	229	376	130	234	
Overige groenten ³		Aardbei	506	241	51	118	67	50	
Intensieve bloemen		²	-	-	-	-	-	-	
Extensieve bloemen		Anthurium	283	80	44	92	38	45	
		Boomteelt	298	256	55	71	68	56	
		Orchidee CYMBIDIUM	153	53	92	53	24	93	
		Lelie	284	108	4	60	39	4	
Grond-/ Substraatteelt ⁴		Intensieve bloemen	Gerbera	1097	361	69	366	128	68
			Roos	1153	476	209	280	131	210
	Extensieve bloemen	Bolbloemen	158	205	10	15	16	10	
		Fresia	381	246	60	39	59	62	
		Lelie/Iris	324	179	80	49	42	81	
		Sierteelt overig	294	198	31	66	49	32	
	Overige bloemen	Amaryllis	382	176	33	75	51	34	
	Potplanten	Kuipplanten	532	281	15	94	70	13	
		Perkplanten	301	190	23	63	50	20	
		Potplanten	593	328	434	143	89	431	
Potplanten uitgangsmaterialen		493	184	28	131	69	27		

¹ Van de gewassen gegroepeerd onder resp. grondteelt en substraatteelt wordt aangenomen dat het overgrote deel van dat gewas op die manier geteeld wordt.

² Van deze gewasgroep is op basis van de GLAMI-rapporten geen verificatie mogelijk.

³ Vanwege sterk afwijkend gewasstype is deze gewasgroep niet opgenomen in Tabel 3.

⁴ Van deze gewassen is geen uniforme dataset te maken omdat zowel in de grond als op substraat wordt geteeld.

Tabel 42. Gemiddelde geregistreeerde N- en P-aanvoer (kg ha^{-1}), de standaardafwijking (σ), het gemiddelde + standaardafwijking ($\bar{X} + \sigma$), het gemiddeld – standaardafwijking ($\bar{X} - \sigma$) en aantallen bedrijven (n).

Teelt- methode	Gewasgroep	N					P				
		aanvoer	σ	$\bar{X} - \sigma^1$	$\bar{X} + \sigma$	n	aanvoer	σ	$\bar{X} - \sigma$	$\bar{X} + \sigma$	n
Grond- teelten	overige groenten	681	299	382	980	38	117	94	24	211	38
	intensieve bloemen	1129	448	681	1576	162	97	87	10	184	162
	extensieve bloemen	502	233	268	735	102	66	61	6	127	101
Substraat- teelten	vruchtgroenten	1626	456	1170	2081	639	342	114	229	456	648
	overige groenten	506	241	266	747	51	118	67	52	185	50
	extensieve bloemen	400	210	191	610	201	99	60	39	160	201
Grond-/ substraat- teelten	intensieve bloemen	569	186	383	755	161	190	69	122	259	161
	extensieve bloemen	1089	457	633	1546	209	264	131	133	395	210
	onbekend	355	216	139	571	140	44	53	0	96	143
	overige bloemen	339	187	153	526	64	70	50	20	121	66
Potplanten		473	301	172	774	500	118	83	35	201	491

¹ Volgens de definitie van standaardafwijking zal 66% van de bedrijven binnen $\bar{X} + \sigma$ en $\bar{X} - \sigma$ vallen.

6.2 Vergelijking met de berekende N-aanvoer

Alle bedrijfstypen zijn gelijk gewogen bij het berekenen van de gemiddelde berekende aanvoer van N en P, alleen met kunstmest, zoals in Tabel 43 is weergegeven. In de praktijk zijn deze bedrijfstypen hoogstwaarschijnlijk niet evenredig aanwezig, en bestaan tevens nog een groot aantal andere bedrijfstypen. De gepresenteerde spreiding geeft inzicht in de bandbreedte van de gemiddelde berekende N- en P-aanvoer. Bij de bespreking van de berekende en geregistreeerde aanvoer dient rekening gehouden te worden dat de doorgerekende bedrijfstypen niet uitputtend zijn en de gemiddelde waarden altijd in samenhang met een spreiding bekeken moeten worden.

Tomaat

Tomaat is bij de grondteelten ingedeeld bij de vruchtgroenten en bij de substraatteelt bij groenten (Tabel 3). De berekende gemiddelde N-aanvoer van kunstmest voor tomaat in de grond is $1688 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Bij substraat is dit $1640 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. Deze N-aanvoer komt overeen met de gemiddelde geregistreeerde N-aanvoer van de UO dataset (Tabel 41). De spreiding in de geregistreeerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die $1730 + 475 = 2205 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ aanvoeren. Deze geregistreeerde hoeveelheid is hoger dan de hoogste berekende N-aanvoer ($2075 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$) in deze studie (Tabel 17). In de UO dataset is de gemiddelde geregistreeerde N-aanvoer is iets hoger dan de mediaan (1730 respectievelijk $1689 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$, bijlage IV). Dit betekent dat iets meer bedrijven minder N aanvoeren dan het gemiddelde.

Tomaat is, samen met aubergine en komkommer, het gewas met de hoogste geregistreeerde N-aanvoer (Tabel 41). Bij komkommer is de geregistreeerde N-aanvoer beduidend hoger dan de berekende benodigde N-aanvoer bij het tuinbouwkundig optimaal advies van tomaat, het voorbeeldgewas in deze studie voor de vruchtgroenten. De geregistreeerde N-aanvoer van de overige gewassen in de gewasgroep vruchtgroenten is lager dan de berekende N-aanvoer van tomaat.

Sla

Sla is bij de grondteelten ingedeeld bij de overige groenten (Tabel 3). De berekende gemiddelde N-aanvoer van kunstmest voor sla in de grond is $1252 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Deze aanvoer van N is beduidend hoger dan de geregistreeerde N-aanvoer uit de GLAM-rapporten van $773 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 41). De hoogste berekende N-aanvoer van kunstmest is $1641 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 12, zonder organische N) en dit is eveneens beduidend hoger dan de gemiddelde geregistreeerde N-aanvoer plus de standaardafwijking ($773 + 438 = 1211 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$). Allereerst moet

hier opgemerkt worden dat het om de registratie van slechts 19 bedrijven gaat. De grote variatie in teelten van sla en in bedrijfsvoering belemmeren een vergelijking van de berekende N-aanvoer en de geregistreerde N-aanvoer waar harde conclusies aan ontleend kunnen worden. Toch worden hier diverse oorzaken genoemd, die een bijdrage kunnen hebben geleverd aan het grote verschil tussen de berekende en geregistreerde N-aanvoer.

In de berekeningen is uitgegaan van bedrijven met 6,5 teelten zware sla per jaar. Vanuit de geregistreerde gegevens is niet altijd duidelijk of het om 'zuivere', d.w.z. bedrijven met alleen sla, gaat, en of deze bedrijven inderdaad 6,5 teelten zware sla per jaar produceren. De berekeningen zijn gemaakt voor de bedrijven met de hoogste N-aanvoer, hetgeen in de praktijk waarschijnlijk minder vaak voorkomt.

Een ander aspect in onze berekeningen is, dat alleen met kunstmestbemesting gerekend is. Deze kunstmest is vanaf het moment van toedienen aanwezig als nitraat en daardoor zeer gevoelig voor uitspoeling en denitrificatie. Omdat de residuele stikstofhoeveelheid in de bouwvoor bepaalt hoe groot de bemesting voor de volgteelt is, hebben denitrificatie en uitspoeling een grote invloed op de totale hoeveelheid N die volgens de berekeningen aangevoerd dient te worden voor een optimale productie. In de berekeningen is sprake van zeer gunstige omstandigheden voor denitrificatie en uitspoeling, zodat sprake is van een 'worst case' situatie. In de praktijk worden in toenemende mate andere, vaak organische, gedroogde N-meststoffen gebruikt, die gedurende de teelt beschikbaar komen. Daardoor neemt de kans op denitrificatie en uitspoeling af, wordt de residuele N in de bouwvoor hoger en de bemesting voor de volgteelt lager. De totale hoeveelheid benodigde N voor een optimale productie wordt door deze langzaam werkende N-meststoffen lager. Een andere vraag die niet volledig positief beantwoord kan worden is, of deze organische, gedroogde meststoffen in de registratie meegenomen zijn.

De rekensystematiek zoals die ontwikkeld is voor chrysant (Pronk *et al.*, 2005), houdt geen rekening met gewasresten. Bij de teelt van sla is bekend, dat een deel van de opgenomen stikstof op het veld achter blijft als gewasrest (Kater & Kool, 2004). Deze hoeveelheid wordt voor buitenteelten op ongeveer 30 tot 40 kg N ha⁻¹ per teelt geschat en zou met 6,5 teelten per jaar een niet te verwaarlozen bijdrage kunnen leveren. Echter, hier is in deze studie geen rekening mee gehouden.

De berekende N-afvoer in deze studie voor 6,5 teelten zware sla varieert van 700 tot 800 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 22). Deze N-afvoer is gebaseerd op bedrijfsmetingen en derhalve een goede schatting van de N-afvoer voor het modern geleide bedrijf. Deze N-afvoer is reeds hoger dan de gemiddelde geregistreerde N-aanvoer. Vooralsnog is het aannemelijk dat alle afgevoerde N eerst aangevoerd is, zodat de N-aanvoer hoger moet zijn dan 800 kg N ha⁻¹ jr⁻¹. Hieruit wordt aannemelijk dat de bedrijven die de N-aanvoer geregistreerd hebben een andere, lagere teeltintensiteit realiseren dan waarmee in deze studie gerekend is, of bij hogere producties niet alle meststoffen in de registratie zijn opgenomen.

In de praktijk wordt bij de teelt van sla oppervlaktewater gebruikt voor de irrigatie van de gewassen. Met dit oppervlaktewater kan extra N op het bedrijf aangevoerd worden. Deze studie houdt geen rekening met N-aanvoer vanuit oppervlaktewater. De geschatte N-aanvoer in de praktijk kan oplopen tot 100 kg N ha⁻¹ jr⁻¹.

Hoewel de berekende N-aanvoer hoog is t.o.v. de geregistreerde N-aanvoer uit de GLAMI-rapporten, blijkt dat bedrijven uit de GAP registraties een vergelijkbare N-aanvoer hebben als in deze studie berekend. Deze korte vergelijking ondersteunt dat een modern bedrijf een N-aanvoer heeft zoals die in deze studie berekend is.

De geregistreerde N-aanvoer van sla is hoog ten opzichte van de geregistreerde N-aanvoer van aardbei en radijs in de gewasgroep overige groenten. Dit zorgt ervoor dat sla minder representatief is.

Chrysant

Chrysant is ingedeeld in de gewasgroep intensieve bloemen bij de grondteelten (Tabel 3). De berekende gemiddelde N-aanvoer van kunstmest voor chrysant in de grond is 1300 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 43). Deze N-aanvoer is hoger dan de gemiddelde N-aanvoer van de UO dataset van 1152 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die 1152 + 417 = 1569 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ aanvoeren. Deze hoeveelheid is lager dan de hoogste berekende N-aanvoer in deze studie (1609 kg N ha⁻¹ jr⁻¹, Tabel 13, zonder organisch materiaal).

De geregistreerde N-aanvoer van chrysant is representatief voor de gewasgroep intensieve bloemen.

Fresia

Fresia is ingedeeld in de gewasgroep extensieve bloemen bij de grondteelten (Tabel 3). De berekende gemiddelde N-aanvoer van kunstmest voor fresia is 882 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 43). Deze N-aanvoer is beduidend hoger dan de gemiddelde N-aanvoer van de UO dataset van 381 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die 381 + 246 = 627 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ aanvoeren. Deze hoeveelheid is eveneens

beduidend lager de gemiddelde berekende N-aanvoer in deze studie. Aan dit verschil kunnen diverse oorzaken bij gedragen hebben. Bij fresia wordt in de praktijk vaak een organische bemesting gedaan. Het zou kunnen dat dit in de registraties niet altijd consequent wordt meegenomen. In dit rapport is uitgegaan van afvoer van alle gewasresten van het bedrijf. Mogelijk dat op sommige bedrijven gewasresten terug de kas inkomen en daardoor voor een lagere N en P aanvoer zorgen.

In de berekeningen is aangenomen dat het gewas jaarrond geteelt wordt. Daarmee zijn er 2 teelten per jaar. Hoewel de UO dataset geselecteerd is op 'zuivere teeltplannen', bedrijven die alleen het desbetreffende gewas jaarrond telen, is daarmee niet uitsluitend vastgesteld dat er dan ook 2 teelten per jaar geteeld worden. Is er sprake van minder teelten per jaar dan neemt de benodigde N-aanvoer eveneens af. Het aanzienlijke verschil tussen geregistreerde N-aanvoer en berekende N-aanvoer kan zo gedeeltelijk worden verklaard. Het is overigens opmerkelijk dat de geregistreerde aanvoer van N ver beneden de in deze studie gehanteerde berekende N opname door het gewas blijft. Het valt buiten het kader van deze studie om verder onderzoek te doen naar de oorzaken van de verschillen en tot afdoende verklaringen te komen.

Roos

Roos is ingedeeld in de gewasgroep intensieve bloemen bij de substraatteelten (Tabel 3). De berekende gemiddelde N-aanvoer van kunstmest voor roos is $1099 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Deze N-aanvoer is iets lager dan de gemiddelde N-aanvoer van de UO dataset van $1153 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die $1153 + 476 = 1629 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ aanvoeren. Deze aanvoer is ongeveer 100 kg N hoger dan de hoogste berekende aanvoer voor roos in deze studie (Tabel 18).

De geregistreerde N-aanvoer voor roos is representatief voor de gewasgroep intensieve bloemen. Zoals bij chrysant reeds is aangegeven, is ook de berekende N-aanvoer in overeenstemming met de geregistreerde N-aanvoer.

Lelie

Lelie is ingedeeld in de gewasgroep extensieve bloemen bij de substraatteelten (Tabel 3). De berekende gemiddelde N-aanvoer van kunstmest voor lelie is $724 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Deze N-aanvoer is beduidend hoger dan de gemiddelde geregistreerde N-aanvoer uit de GLAMI-rapporten van $284 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. Ook als die vergeleken wordt met het gemiddelde van de gemengde groep substraat – en grondteelten van lelie: $324 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die $284 + 108 = 392 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ aanvoeren. Deze aanvoer is nog steeds bijna een factor 2 lager dan de gemiddelde berekende N-aanvoer voor lelie in deze studie (Tabel 19; let op aanvoer N met potgrond en plantmateriaal). Aan dit verschil kunnen diverse oorzaken hebben bijgedragen. In de eerste plaats is het aantal bedrijven waarvan geregistreerde gegevens beschikbaar zijn slechts 4. Uit navraag blijkt overigens dat een groot gedeelte van de bedrijven uit de groep lelie/iris bij grond- en substraatteelt (Tabel 43) wellicht toch substraatteelt is, omdat de teelt in kisten door veel telers aangemerkt wordt voor 'teelt in grond' (Pers. Meded. H. van Beek, MPS). Vergelijking met deze groep maakt dat het verschil al kleiner is. Ten tweede is de afvoer via spui aanzienlijk. Dit komt door de geringe Na tolerantie van lelie, zodat bij de gekozen uitgangspunten (Na depositie in kustgebieden en Na inbreng via leidingwater) snel accumulatie van Na optreedt en spui nodig is. In de praktijk kan dit veel minder het geval zijn doordat bedrijven misschien wel over voldoende gietwater beschikken. In de derde plaats is in de berekeningen uitgegaan van een modern bedrijf met maximale teeltcyclus en hoge productieproductie. Hierbij is uitgegaan van vier teelten en een hoge plantdichtheid en takgewichten. In de praktijk worden vaak minder teelten uitgevoerd. Mogelijk zijn ook de behaalde plantdichtheden en takgewichten lager. In de vierde plaats is in de berekeningsmethodiek de aan- en afvoer van N in potgrond en het verschil tussen aan- en afvoer aan N uit de bol meegenomen. In de praktijk wordt potgrond soms wel soms niet hergebruikt, waardoor de aanvoer sterk afneemt. Evenals bij fresia is het ook bij lelie opmerkelijk dat de geregistreerde N aanvoer veel lager is dan de berekende N-opname bij zelfs de laagste variant (géén belichting, oude kas). Deze berekende opname is gebaseerd op aannames voor het productieniveau en nutriëntenconcentratie in het gewas. Het productieniveau is afgeleid uit proefgegevens, aangevuld met waarnemingen uit de praktijk. En de nutriëntenconcentratie van het gewas is in proeven gemeten (Van den Bos, 1997). Op basis hiervan zou verwacht mogen worden dat de geregistreerde aanvoercijfers op zijn minst hoger zijn dan de berekende aanvoer.

Potplanten

Potplanten zijn niet verder onderverdeeld (Tabel 3). Tevens is slechts 1 bedrijfstype doorgerekend. De berekende gemiddelde N-aanvoer voor kunstmest bedroeg $848 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Deze N-aanvoer is hoger dan de geregis-

treerde N-aanvoer uit de GLAMI-rapporten van 301 tot 593 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die 301+190 = 491 tot 593 + 328 = 921 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ aanvoeren. De grote variatie in potplantenbedrijven en teelten potplanten, maakt het moeilijk om de geregistreerde gegevens te vergelijken met slechts 1 doorgerekend bedrijfstype met 1, weliswaar N-behoefte, teelt. Het ontbreekt echter aan gegevens om meer berekeningen te maken.

6.3 Vergelijking met de berekende P-aanvoer

Tomaat

Tomaat is bij de grondteelten ingedeeld bij de vruchtgroenten en bij de substraatteelt bij groenten (Tabel 3). De berekende gemiddelde P-aanvoer van kunstmest voor tomaat in de grond is 210 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 43). Bij substraat is dit 366 kg N ha⁻¹ jr⁻¹. Deze P-aanvoer komt overeen met de gemiddelde P-aanvoer van de UO dataset (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die 376 + 130 = 506 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ aanvoeren. Deze hoeveelheid is hoger dan de hoogste berekende P-aanvoer (440 kg P ha⁻¹ jr⁻¹, Tabel 17) in deze studie. Tomaat is samen met aubergine en komkommer, het gewas met de hoogste geregistreerde P-aanvoer (Tabel 41). Bij aubergine is de geregistreerde P-aanvoer beduidend hoger dan de berekende P-aanvoer bij het tuinbouwkundig optimaal advies van tomaat, het voorbeeldgewas in deze studie voor de vruchtgroenten. De P-aanvoer van de overige gewassen in de gewasgroep vruchtgroenten is lager dan de berekende P-aanvoer van tomaat.

Tabel 43. *Overzicht van de berekende N- en P-aanvoer met kunstmest volgens de tuinbouwkundige optimale bemesting, standaardafwijking (σ) en het aantal getallen¹ waarop het gemiddelde gebaseerd is (n).*

Teeltmethode	Gewasgroep		N			P		
			aanvoer	σ	n	aanvoer	σ	n
Grondteelten	Vruchtgroente	Tomaat	1688	182	8	210	32	8
	Overige groente	Sla	1252	285	16	138	18	8
	Intensieve bloemen	Chrysant	1300	190	12	211	34	12
	Extensieve bloemen	Fresia	882	162	12	161	26	12
Substraatteelten	Groenten	Tomaat	1640	263	24	366	58	12
	Intensieve bloemen	Roos	1099	223	24	142	29	12
	Extensieve bloemen	Lelie	724	153	24	59	19	12
Potplanten			848	80	2	148	²	1

¹ n is het aantal bedrijfstypen waarvoor een N-aanvoer berekend is. Bij hoge en lage denitrificatie zijn dit voor een aantal bedrijfstypen twee getallen, zodat n groter is dan het aantal bedrijfstypen uit Tabel 3.

² Gebaseerd op 1 bedrijfstype, waardoor geen standaardafwijking berekend kan worden.

Sla

Sla is bij de grondteelten ingedeeld bij de overige groenten (Tabel 3). De berekende gemiddelde P-aanvoer van kunstmest voor sla in de grond is 138 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 43). Deze berekende P-aanvoer is in overeenstemming met de geregistreerde P-aanvoer uit de GLAMI-rapporten van 135 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die 135 + 112 = 247 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ aanvoeren. Deze hoeveelheid is hoger dan de hoogste berekende P-aanvoer in deze studie (162 kg P ha⁻¹ jr⁻¹, Tabel 12 zonder organische materiaal). Sla is het gewas met de hoogste geregistreerde P-aanvoer (Tabel 41) hoewel de verschillen kleiner zijn dan bij stikstof.

Chrysan

Chrysan is ingedeeld in de gewasgroep intensieve bloemen bij de grondteelten (Tabel 3). De berekende gemiddelde P-aanvoer van kunstmest voor chrysan in de grond is $211 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Deze P-aanvoer is hoger dan de gemiddelde P-aanvoer van de UO dataset van $101 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die $101 + 89 = 190 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ aanvoeren. Deze hoeveelheid is lager dan de hoogste berekende N-aanvoer in deze studie ($273 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$, Tabel 13 zonder organisch materiaal). De geregistreerde P-aanvoer van chrysan is laag ten opzichte van de P-aanvoer bij de andere gewassen in de gewasgroep intensive bloemen (Tabel 41). De berekende P-aanvoer voor chrysan is daardoor niet representatief voor deze gewasgroep.

Fresia

Fresia is ingedeeld in de gewasgroep extensieve bloemen bij de grondteelten (Tabel 3). De berekende gemiddelde P-aanvoer van kunstmest voor fresia is $161 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Deze P-aanvoer is beduidend hoger dan de gemiddelde P-aanvoer van de UO dataset van $39 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die $39 + 59 = 98 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ aanvoeren. Deze hoeveelheid is eveneens beduidend lager de gemiddelde berekende P-aanvoer in deze studie. Evenals bij N, kunnen ook aan dit verschil diverse oorzaken ten grondslag liggen. In de berekeningen is aangenomen dat het gewas jaarrond geteelt wordt. Daarmee zijn er 2 teelten per jaar. Hoewel de UO dataset geselecteerd is op 'zuivere teeltplannen', bedrijven die alleen het desbetreffende gewas jaarrond telen, is daarmee niet uitsluitend vastgesteld dat er dan ook 2 teelten per jaar geteeld worden. Is er sprake van minder teelten per jaar dan neemt de benodigde P-aanvoer af waardoor dit aanzienlijke verschil tussen geregistreerde P-aanvoer en berekende P-aanvoer kan worden verklaard.

Roos

Roos is ingedeeld in de gewasgroep intensieve bloemen bij de substraatteelten (Tabel 3). De berekende gemiddelde P-aanvoer van kunstmest voor roos is $142 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Deze P-aanvoer is beduidend lager dan de gemiddelde P-aanvoer van de UO dataset van $280 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die $280 + 131 = 411 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ aanvoeren. Deze aanvoer is ruim 200 kg P ha^{-1} hoger dan de hoogste berekende aanvoer voor roos in deze studie (Tabel 37). Zoals eerder is aangegeven, is, door het ontbreken van het feedback mechanisme bij de bemesting van P in de berekeningen van deze studie, de berekende P-aanvoer een indicatie.

Lelie

Lelie is ingedeeld in de gewasgroep extensieve bloemen bij de substraatteelten (Tabel 3). De berekende gemiddelde P-aanvoer van kunstmest voor lelie is $59 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Deze berekende P-aanvoer is vrijwel gelijk aan gemiddelde geregistreerde P-aanvoer uit de GLAMI-rapporten van $60 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ en komt ook goed overeen met de P-aanvoer uit de gemengde groep (substraat- en grondteelt) van $49 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die $60 + 39 = 99 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ aanvoeren. Deze aanvoer is iets hoger dan de maximale berekende P-aanvoer voor lelie in deze studie.

Potplanten

Potplanten zijn niet verder onderverdeeld (Tabel 3). Tevens is slechts 1 bedrijfstype doorgerekend. De berekende gemiddelde P-aanvoer voor kunstmest bedroeg $148 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 43). Deze P-aanvoer is in overeenstemming met de geregistreerde P-aanvoer uit de GLAMI-rapporten van $143 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (Tabel 41). De spreiding in de geregistreerde gegevens geeft aan dat er ook bedrijven zijn die $143 + 89 = 232 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ aanvoeren. Op grond van 1 berekende P-aanvoer is niet te beoordelen of dit een te hoge aanvoer van P is. Bij potplanten wordt iets meer P aangevoerd dan bij de overige gewassen uit de groep potplanten (Tabel 41).

7. Resultaatbespreking

7.1 Keuze gewassen en bedrijfstypen

De opdracht van deze studie was om voor de gehele glastuinbouw bouwstenen op te stellen waarmee het beleid gebruiksnormen kan opstellen. De grote diversiteit van de sector in gewassen, teeltsystemen, teeltwijzen enz., heeft ons genoodzaakt het gehele spectrum van de Nederlandse glastuinbouw in te delen in overzichtelijke en ook door GlaMi in het besluit glastuinbouw gehanteerde gewasgroepen en vervolgens voor elke groep een specifiek gewas als voorbeeld voor die groep te hanteren. Er is getracht deze indeling zodanig uit te voeren dat recht gedaan wordt aan alle betrokken ondernemers. De indeling in groepen is zodanig gedaan dat er zoveel mogelijk overeenkomsten (voorkomende bedrijfstypen, productiewijze, organisatie van de afzet etc.) tussen de verschillende gewassen van één groep zijn, maar er is ook gekozen om een niet al te groot aantal groepen te laten ontstaan. Toch is deze indeling in een aantal opzichten arbitrair: de variatie die er binnen één gewasgroep bestaat is gedeeltelijk ondervangen door de berekeningen uit te voeren voor een aantal bedrijfstypen (grondsoort, kastype etc.), waarvan op voorhand duidelijk is dat deze varianten effect hebben op het N en P verbruik en emissie. Teeltkundig gezien kunnen de verschillen tussen gewassen binnen een gewasgroep echter zeer groot zijn. Illustratief is wat dit betreft de groep bloemen intensief, zowel bij grond- als substraatteelt, of in nog sterkere mate bij de groep bloemen extensief. In beide categorieën is sprake van een bonte verzameling gewassen, met soms korte teelten en een hoge omloopsnelheid van plantmateriaal en geoogst product (bijv. matricaria 10 weken teelt) tot zeer langdurige met een geringe hoeveelheid geoogste massa (Anthurium, Strelizita). Bovendien is de water en nutriëntenopname binnen genoemde groepen ook zeer variabel (Voogt & Houter, 2003; Voogt & Van den Bos, 2003). Kortom het toepassen van de uitkomsten van een type gewas in deze studie op een willekeurig gewas binnen de overeenkomstige gewasgroep zal in veel gevallen tot een over- of onderschatting van de N- of P aanvoer leiden.

In mindere mate geldt dit ook voor de indeling in bedrijfstypen, zoals in Tabel 2 en 3 weergegeven. Het onderscheid tussen grondsoorten is bijvoorbeeld beperkt tot de 3 meest uiteenlopende typen. In werkelijkheid is de variatie veel groter, waardoor de realiteit op een specifiek bedrijf sterk kan afwijken van de berekening.

7.2 Representativiteit

In het licht van het voorgaande kan de vraag worden gesteld hoe representatief de gekozen gewassen uit Tabel 3 zijn voor de betreffende gewasgroepen uit Tabel 42. Deze vraag is enigszins lastig, omdat in de GLAMI-rapporten geen onderscheid bestaat tussen grondteelten en substraatteelten. Een 1 op 1 vertaling van de gewasgroepen uit Tabel 3 en de indeling volgens Tabel 42 is daardoor niet mogelijk voor ieder gewas. Bij de gemaakte keuzes dient tevens in het achterhoofd gehouden te worden, dat er van het voorbeeldgewas voldoende gegevens voor de berekeningen beschikbaar zijn.

Voor de grondteelt van chrysant en tomaat is aannemelijk dat beiden goed als voorbeeld kunnen dienen voor de groepen van resp. vruchtgroenten en bloemen intensief in grond. Immers de chrysant is in absolute zin veruit het grootste areaal van een teelt in de grond en wordt zeer intensief geteeld. Hoewel vruchtgroenten nauwelijks meer in grond geteeld worden is dit dan toch meestal tomaat. Voor sla is de vraag moeilijker te beantwoorden. De groep overige groentengewassen grond omvat namelijk een breed scala aan gewassen. Het grootste areaal daarbinnen zijn bladgewassen en radijs, daarnaast is er een groot aantal kleinere teelten van diverse aard. Voor bladgewassen kan verdedigd worden dat sla hiervoor model staat, voor radijs is dit minder, omdat in tegenstelling tot bladgewassen, bij radijs vooral wordt gefertigeerd en bovendien een zaaigewas is in tegenstelling tot sla en andere bladgewassen die meestal geplant worden.

Voor de grondteelt extensieve bloemen geldt iets soortgelijks. Weliswaar is fresia een redelijk belangrijk gewas binnen de groep, maar de diversiteit is enorm, zoals reeds opgemerkt. Bovendien is fresia een knolgewas met een typische teeltdynamiek (lange vegetatieve periode, gevolgd door productiefase en daarna afsterf-fase) en relatief laag waterverbruik. Het is zeer wel denkbaar en aantoonbaar uit de literatuur dat andere gewassen in deze categorie een sterk afwijkende nutriënten- en waterdynamiek kennen.

Voor de substraatteelt groenten beslaan tomaat met paprika het grootste areaal. Qua teeltwijze zijn er geen wezenlijke afwijkingen tussen deze twee gewassen en de overige vruchtgroenten. Wel moet bedacht worden dat tomaat een relatief hoge Na consumptie tolereert, waardoor spui bij minder tolerante gewassen eerder zal plaatsvinden. Voor de substraatteelt bloemen intensief geldt dat roos verreweg het grootste areaal beslaat, maar dat, anders dan bij de vruchtgroenten, de variabiliteit in gewaseigenschappen en teeltsystemen veel groter is. Voor de substraatteelt bloemen extensief geldt eveneens als bij grondteelt bloemen extensief dat de variatie enorm is. Bovendien geldt dat de lelieteelt qua teeltmethode in een aantal opzichten afwijkend is van de rest (teelt in broeibakken met veen, celperiode).

Bij de potplanten is de variabiliteit groter dan bij alle ander categorieën. Schefflera staat weliswaar model voor een groep binnen de potplanten: de groene en bonte planten, die zonder uitzondering geteeld worden in eb-vloed systemen. Dit doet echter geen recht aan de veelheid van overige teelten die hieronder vallen: palmen, hydroplanten, bloeiende planten, perkplanten, kuipplanten. In deze studie bleek het onmogelijk over voldoende gegevens te beschikken om voor deze categorieën case-studies uit te voeren.

Opkweek

De categorie opkweekbedrijven vormt een afwijkende categorie, vanwege de hoge omloopsnelheid aan teelten, de geringe biomassa-productie ten opzichte van het substraatvolume en de enorme variatie tussen de geteelde gewassen. Belangrijker nog is dat van deze categorie vrijwel geen gegevens voorhanden waren waarmee het mogelijk zou zijn een goed onderbouwde methode te maken om N en P aanvoer en afvoer te berekenen. Het is niet aan te geven in welke categorie dit bedrijfstype moet worden ondergebracht. Het verdient aanbeveling hieraan een aparte studie te wijden.

7.3 Het bemestingsadvies

Voor het ontwikkelen van een methodiek om het tuinbouwkundig optimaal advies te kunnen berekenen is aansluiting gezocht bij de huidige Bemestingsadviesbases (Straver *et al.*, 1999; Van den Bos *et al.*, 1999). De geadviseerde hoeveelheden uit het bemestingsadvies hebben echter geen directe relatie met de watergift. Bij het opstellen is men destijds uitgegaan van een ruime watergift, zonder dit specifiek te kwantificeren. Bovendien dateren deze advieswaarden voor het grootste gedeelte uit een tijdperk dat er geen sprake was van restricties aangaande bemestingshoeveelheden of uitspoeling. Voor deze studie is noodzakelijkerwijs wel een watergeefstrategie aangehouden die rekening houdt met variabele bedrijfs- en teeltomstandigheden en een daarbij behorende goede tuinbouwpraktijk. Een belangrijk uitgangspunt van de Bemestings Adviesbasis is de terugkoppeling van een gemeten nutriëntenconcentratie van N en P in de grond of het substraat, op de uit te voeren bemesting. Deze terugkoppeling kan en is echter niet meegenomen. Wel is gebruik gemaakt van onderzoeksgegevens van bemesting op praktijkbedrijven, zodat er naast variatie in watergift ook een effect van de bedrijfssituatie (grondsoort, hydrologie en ouderdom kas) op de doseerconcentratie en de hoeveelheid mest, is meegenomen in de berekeningen.

Als aangenomen wordt dat een andere watergeefstrategie dan waar de huidige adviesbasis vanuit gaat, samen gaat met een andere streefwaarde in het wortelmilieu, dan resulteert dat in andere berekende N- en P-bodemoverschotten. Het is echter zeer aannemelijk dat er géén andere streefgetallen voor het wortelmilieu nodig zijn. De streefwaarden voor EC en nutriënten in de bemestingsadviesbasis zijn herleid uit de optimale waarden in het wortelmilieu ten aanzien van de parameters groei en productkwaliteit uit experimenteel onderzoek en staan daarmee dus los van de berekening. Bovendien wordt de gemiddelde vochttoestand in het profiel vrijwel volledig bepaald door de drukhoogte (hydrostatische evenwicht tussen zuigkracht van de bodemdeeltjes en capillaire krachten enerzijds en afstand tot het grondwater anderzijds). Uit onderzoek bleek dat 'zuinige' telers, minder irrigatie ten opzichte van collega's, dit vooral doen door een geringere intensiteit bij eenzelfde frequentie (Voogt *et al.*, 2000b). Afgezien van een zeer korte fase tijdens het beregenen zal daarom het beregeningsniveau niet van invloed zijn op het gemiddelde vochtgehalte. Het effect van de berekening op de uitspoeling is iets anders. Het is evident dat een hogere beregeningsintensiteit zal leiden tot meer neerwaartse verplaatsing van stikstof, zodat om het niveau in het wortelmilieu te handhaven er een hogere gift noodzakelijk is.

Voor P kan daar nog aan worden toegevoegd dat de huidige P-advieswaarden betrekking hebben op de combinatie van de P-voorraad (het PAL-getal), voornamelijk aanwezig als calciumfosfaten in de bodem, en de concentratie in de

bodemoplossing (1:2 volume extract). De streefwaarden voor dit element worden daarom vooral bepaald door het chemisch evenwicht tussen de bodemoplossing en de vaste P-fractie en zal niet afhangen van de watergift. Het voorgaande neemt niet weg dat er mogelijk ruimte is in het huidige bemestingsadvies voor een specifieke verlaging voor stikstof. Immers, voor een aantal gewassen zijn de streefwaarden gebaseerd op het realiseren en handhaven van een totale EC-waarde, terwijl een gewas een hoeveelheid aan N of P opneemt. De EC is een belangrijke parameter voor productkwaliteit. Deze EC waarde komt nu tot stand door de optelling van alle nutriënten. Uit onderzoek is gebleken dat dezelfde resultaten kunnen worden bereikt met specifieke verlaging van N, tegelijkertijd verhoging van Cl en/of SO_4 zodat de EC waarde gelijk blijft (Voogt *et al.*, 2006; Voogt & Sonneveld, 2004). Mogelijke ruimte in het verminderen van de N –bemesting kan gevonden worden door naast een te handhaven concentratie in het wortelmilieu ook de vraag van het gewas in het advies op te nemen. Het handhaven van een streefhoeveelheid in het wortelmilieu, uitgedrukt in een concentratie die hoger is dan de gemiddelde opnameconcentratie verhoogt het risico op ongewenste verliezen. Bij lagere voorraden in het profiel en een aanbod meer in overeenstemming met het opnameverloop van het gewas wordt het risico op uitspoeling verminderd.

7.4 Gewaskeuze, gevolgen voor milieubelasting en de productie

In paragraaf 6.2 en 6.3 is de representativiteit van de berekende N- en P-aanvoer van het voorbeeldgewas voor de gewasgroep van de geregistreerde N- en P-aanvoer bediscussieerd. In paragraaf 7.2 is de representativiteit van het voorbeeldgewas voor de overige aspecten van de gewasgroepen besproken, zoals bv. het areaal. Er zijn diverse aspecten waar rekening mee gehouden dient te worden bij het baseren van een gebruiksnorm op het voorbeeldgewas.

1. Indien het gekozen voorbeeldgewas een hogere berekende aanvoer heeft dan in de geregistreerde gegevens en tevens het grootste areaal van deze gewasgroep, dan zal bij het vaststellen van een gebruiksnorm waar het voorbeeldgewas goed mee kan werken de milieubelasting in de orde van grootte zijn zoals in dit rapport berekend. Heeft het voorbeeldgewas echter een relatief klein oppervlak, dan zal, als aangenomen wordt dat de andere gewassen uit deze gewasgroep de maximale gebruiksnorm gaan aanvoeren, de milieubelasting hoger zijn dan in dit rapport berekend. Van mogelijke productiedaling zal geen of incidenteel, beperkt sprake zijn.
2. Indien het gekozen voorbeeldgewas een lagere berekende aanvoer heeft dan in de geregistreerde gegevens als basis voor de gebruiksnorm gaat dienen, dan daalt de productie van de andere gewassen door de beperkende aanvoer. Een beperkende, suboptimale, aanvoer zal niet altijd tot een lagere milieubelasting leiden in termen van concentraties. Ook de vracht gaat niet per definitie naar beneden, omdat de efficiency van het nutriëntengebruik kan verminderen. Bij luxeconsumptie van nutriënten zal door een beperkende aanvoer wel milieuwinst behaald worden.

7.5 Variatie van jaar tot jaar

In deze studie is gerekend met gemiddelde neerslag, stralingsom en temperatuur per dag van een groot aantal jaren van de locatie 'Naaldwijk'. De werkelijke straling en temperatuur kunnen uiteraard sterk afwijken, met grote gevolgen voor de gerealiseerde evapotranspiratie. Ook de actuele neerslag vertoont een grote variatie en kan leiden tot geheel andere hoeveelheden beschikbaar 'schoon' regenwater. In een jaar met lange, droge perioden en in perioden met een hoge watervraag door het gewas kunnen tekorten aan regenwater ontstaan, zodat bij substraat- en grondteelten meer leidingwater wordt gebruikt. De verhouding tussen het gebruik van regenwater en leidingwater neemt af en daarmee nemen de hoeveelheid spui, de verliezen via spui en het benodigde nutriëntenverbruik toe.

7.6 Samenstelling irrigatiewater

Het irrigatiewater wordt allereerst uit het waterbassin gehaald. In dit waterbassin bevindt zich gedurende de winterperiode en daarna over het algemeen zoutarm regenwater, ook in de kuststrook. Gebruik van leiding water in de zomerperiode, (0,2 t.o.v. 1,8 mmol Na l⁻¹, zie ook Tabel 7) zorgt voor een snellere ophoping van zouten en daarmee

tot de noodzaak van spui. In West-Nederland wordt meestal leidingwater gebruikt, maar in andere delen van het land is dit meestal bronwater of ook oppervlaktewater met een lagere Na concentratie. Bij lagere Na-concentraties in het aanvullend water is de noodzaak tot spui en daarmee zowel het verbruik als het verlies aan N en P lager. Ook een grotere hemelwateropslag zal tot een lagere spui leiden vanwege een grotere benutting van regenwater.

7.7 Effect van beregeningsoverschot

Grondteelten

In de grondteelten van de glastuinbouw gaat het geven van water en het geven van mest samen. Telers geven een concentratie stikstof aan het beregeningswater mee om het gewas van water en stikstof te voorzien. Het verminderen van het beregeningsoverschot zou daardoor ook de aanvoer van stikstof kunnen verminderen, bij gelijkblijvende concentratie. Echter, in de praktijk wordt bij minder beregenen de concentratie verhoogd, om aan de gewasvraag te voldoen. Evenzo geldt dat bij een hoger beregeningsoverschot de concentratie van het beregeningswater verlaagd zou moeten worden. Dit gebeurt in de praktijk echter zelden. Voor het ontwikkelen van teeltsystemen die aan milieuranvoorwaarden voldoen is het noodzakelijk zowel naar de 'vracht' van stikstof te kijken als naar het 'beregeningsoverschot'. Deze twee aspecten zouden apart op hun bijdrage aan het behalen van de doelstelling (nitraatrichtlijn) onderzocht moeten worden, maar niet los van elkaar. Het terugdringen van het N-bodemoverschot zal daarom onvermijdelijk samen moeten hangen met het formuleren van een beregeningsadvies, of een waterverbruiksnorm om een acceptabel beregeningsoverschot niet te overschrijden.

Een punt dat de aandacht vraagt en dat nader gekwantificeerd zal moeten worden is de vraag in hoeverre een bepaald irrigatieoverschot nodig is om variaties in waterafgifte van het gietsysteem, van evapotranspiratie, randeffecten en andere oorzaken van ongelijkheid te vereffenen, zodat op lange termijn geen pleksgewijze verzouting in het wortelmilieu een verminderde groei geeft. In Voogt *et al.* (2002) bleek uit een modelberekening dat het minimale irrigatieoverschot in een gegeven praktijksituatie, 8 % moest zijn om verdroging te voorkomen. Voor een benadering van de zoutbelasting zijn aanvullende (model)studies nodig. Uit onderzoek met het fertigatiemodel blijkt dat het afstemmen van de beregening op de verdamping realiseerbaar is (Voogt *et al.*, 2002; Voogt *et al.*, 2003; Voogt *et al.*, 2000a; Voogt *et al.*, 2000b; Voogt & Van Winkel, 2004). Vooralsnog bleek uit dit onderzoek niet dat genoemde werkwijze aanleiding gaf tot verdroging of verzouting. Ook uit een inventarisatie van praktijkbedrijven, bleek dat bedrijven met een waterverbruik lager dan de berekende verdamping over vier jaren bekeken, geen zoutophoping lieten zien (Voogt *et al.*, 2000a; Voogt *et al.*, 2000b; Voogt *et al.*, 2000c). Mocht zoutophoping een rol spelen, dan zal bij doorspoelen op dat moment het profiel weinig stikstof moeten bevatten. Het zal duidelijk zijn dat dan een andere bemestingsstrategie dan de huidige nodig is.

De situatie bij veengronden is sterk afwijkend van die bij klei en zand omdat er een negatief beregeningsoverschot wordt berekend. Dit heeft te maken met het feit dat deze grondsoort alleen voorkomt in gebieden met een hoge grondwaterstand en bovendien een groot watervasthoudend vermogen bezitten. Om teelttechnische redenen (voorkomen ziektes en kwaliteit) wordt daarom voorzichtig water gegeven en in de periode september tot maart zelfs zeer weinig tot geen.

Substraatteelten en potplanten

Het beregeningsoverschot is bij substraatteelten en potplanten niet relevant vanwege de situatie van hergebruik van drainwater. De opslagcapaciteit van het waterbassin is des te meer relevant. Zoals boven al min of meer is aangegeven, heeft de beschikking over schoon irrigatiewater vanuit een grotere wateropslag of vanuit zoutarmer leidingwater, veel invloed op de noodzaak tot spui. Toch blijft ook bij een groter waterbassin de noodzaak tot spui bestaan. Bij de substraatteelt van tomaten varieert de behoefte aan irrigatiewater per week van 50 m³ ha⁻¹ aan het begin van de teelt tot ruim 300 m³ ha⁻¹ in de maanden mei, juni en juli. In die periode is de gemiddelde neerslag, eveneens per week, tussen de 100 en 150 m³ ha⁻¹. Een simpele berekening maakt gelijk duidelijk dat het bassin al vrij snel leeg is: bij een voorraad van 500 m³ ha⁻¹ en een neerslag van 150 m³ ha⁻¹ kan ongeveer 3 tot 4 weken de beregening aangevuld worden vanuit het bassin (netto behoefte 150, 500/150 = 3,3 weken). Het opvangen van condenswater verlengt deze periode iets, maar in de maanden juni en juli neemt deze hoeveelheid sterk af door weinig condensvorming. In deze berekeningen wordt bij de substraatteelt van tomaat gedurende ongeveer 22 weken leidingwater gebruikt. Een vergroting van het bassin tot 1000 m³ ha⁻¹ vertraagt het moment van leidingwatergebruik enkele weken, maar de noodzaak tot enige spui blijft aanwezig.

7.8 Effect van denitrificatie

De berekende denitrificatie loopt voor alle bedrijfstypen sterk uiteen, afhankelijk van de opgelegde condities. De resultaten van de berekeningen zijn eveneens niet altijd eenvoudig te verklaren. Telkens zijn de resultaten het gevolg van de volgende instellingen. Bij grondteelten richt het zicht op de volgende instellingen:

- Aangenomen vochtverzadiging in de bodemlagen (bijlage IA, Tabel 1 en 2).
- De spreiding in de parameters waarmee f_s (f_s hoog of laag) berekend wordt (Bijlage IA) en die het effect van de gehanteerde verzadigingsgraad bepalen.
- De gecombineerde water- en stikstofoverschotten.

Het verschil in denitrificatie tussen de zandgronden met onderbemaling en diep grondwater lijkt een logische verklaring te hebben. De laatste zijn droger en daardoor beter voorzien van zuurstof, waardoor de kans op denitrificatie kleiner wordt.

In klei is dat de kans op denitrificatie groter dan in zand. In de berekeningen is de denitrificatie in kleigrond het hoogste van alle gronden. De bandbreedte in de berekeningen is eveneens de ruimste van alle gronden. Dit wordt volledig veroorzaakt door het verschil in de reductiefunctie voor vocht en het berekende vochtgehalte tijdens de teelt. Op klei is het berekende vochtgehalte 'nat' hetgeen denitrificatie in de hand werkt. Dat het vochtgehalte 'nat' is, kan ontstaan door minder adequate berekening-*evapotranspiratie* invoergegevens maar ook door de gekozen bodemprofielen. Het vermoeden bestaat dat de gekozen bodemprofielen uit de Staringreeks minder representatief zijn voor kasgronden dan wenselijk is.

Bij veen doet zich de eigenaardige situatie van een negatief berekeningsoverschot voor. Daardoor is er in de berekeningen dus geen transport van water en stikstof naar dieper gelegen lagen en vindt alle eventueel optredende denitrificatie in de bovenste laag plaats.

Bij substraatteelten is aangenomen dat denitrificatie een vaste fractie was van de totale N-input van het systeem. Benadrukt moet worden dat het om een schatting gaat omdat voor substraatteelten erg weinig vanuit de literatuur beschikbaar was om mee te rekenen. Dit geldt zo mogelijk in nog sterkere mate voor de teelt van potplanten. De grote spreiding in de berekeningen moet ook duidelijk maken dat het gaat om schattingen van uitersten, omgeven met een grote onzekerheid.

7.9 Terugkoppeling

In afwijking met de in deze studie toegepaste berekeningssystematiek vindt er in de praktijk voortdurend een terugkoppeling plaats tussen het gehalte in het wortelmilieu (grond- substraatanalyses) en de mestgift. Hiermee wordt een belangrijke corrigerende factor gemist op de N aanvoer. Dit kan zowel een onder- als een overschatting van de aanvoer tot gevolg hebben. Met name bij grondteelten met P zal dit het geval zijn, omdat volgens de Bemestings Advies Basis de P aanvoer vrijwel uitsluitend is gebaseerd op een analyse vooraf (PAL getal). In dit verband is van belang op te merken dat de meeste glastuinbouwgronden hoge P-niveaus hebben, gekoppeld aan de leeftijd van de kas. Op nieuwe percelen kan de P-toestand afwijken en zal eventueel de P-aanvoer aanzienlijk hoger moeten zijn om de P-fixatie in nieuwe bodems te vereffenen. In de eventueel nieuw te ontwikkelen systematiek zal hiervoor ruimte moeten zijn.

7.10 Milieubelasting

In deze studie is gerekend met frontale neerwaartse beweging van bodemvocht bij neerslagoverschot tot aan drainage niveau. Gerealiseerd moet worden dat in werkelijkheid de waterbeweging in een bodem vele malen gecompliceerder is. Ook processen als grondwaterstroming en toetreding tot het drainsysteem zijn complexe hydraulische processen, waarbij ook de variabiliteit in de ondergrond en processen als kwel en wegzijging sterk kunnen overheersen. De gehanteerde methode is dus een sterke versimpeling van de werkelijkheid en is hooguit een benadering van de situatie.

7.11 Organische producten

Bij de grondteelten wordt compost gebruikt voor het behoud van de bodemvruchtbaarheid. In de praktijk worden, afhankelijk van het gewas, periodiek grote hoeveelheden opgebracht. Meestal betreft het materialen die toegepast worden voor bodemverbetering en slechts langzaam mineraliseren (grove compost, (half-) gecomposteerde boomschors), zodat de hoeveelheid beschikbare N in het jaar van toediening verwaarloosbaar zal zijn. In deze studie wordt er vanuit gegaan dat de jaarlijkse netto beschikbaarheid van N uit organische stof, via mineralisatie volledig gecompenseerd wordt door de terugkoppeling van het N-min gehalte op het bemestingsadvies.

7.12 De aannames

De aannames in deze studie zijn veelvuldig. Dit was nodig om in de beperkte tijd inzicht te krijgen in de mogelijkheden en onmogelijkheden. Alle aannames, en in het bijzonder die betrekking hebben op de waterhuishouding van grondteelten, verdienen nog een nadere toetsing. Tevens is het niet duidelijk of bij een verminderde aanvoer van water en/of stikstof de gewasproductie en daarmee de afvoer van de gewassen verandert.

Dan zijn er nog een aantal processen waar in deze studie geen rekening mee gehouden is zoals stomen, recirculatie van het drainwater en het al dan niet optreden van kwel en weg- en inzijing bij grondteelten.

7.13 Gebruiksnormen en de toekomst

In deze studie is uitgegaan van de huidige situatie voor gewasproductie, bemesting en berekening. De laatste decenia is de productie van chrysant stabiel gestegen met enkele procenten per jaar (R. Corsten, DLV, pers. meded. Voogt *et al.*, 2005). Daarmee wordt het systeem nog steeds intensiever en vooralsnog is er geen zicht op stabilisatie van de productie. De stikstofafvoer met het geoogste product stijgt mee met de drogestofproductie. Het formuleren van gebruiksnormen voor stikstof anno 2005 zou rekening moeten houden met deze stijgende producties. Op dit moment is niet aan te geven hoeveel deze stijging voor de komende jaren zou moeten zijn en hoeveel flexibiliteit er in de gebruiksnormen moet worden opgenomen door deze te verwachten toename in stikstofafvoer met geoogst product.

7.14 Alternatief voor gebruiksnormen

Het bepalen van een vooraf gedefinieerde N-gebruiksnorm zal in de glastuinbouw niet automatisch tot de gewenste waterkwaliteit leiden, noch in het bovenste grondwater, noch in het drainagewater. Er zijn vele knelpunten geformuleerd waarom dit afwijkend is van een teelt in de open grond. De grootste knelpunten hebben betrekking op de voorspelling van de benodigde watergift. Deze is sterk afhankelijk van het actuele klimaat en het bedrijfstype. Complicaties zijn er ook door de hydrologische situatie bij de bedrijven met onderbemaling.

Een alternatief voor gebruiksnormen zou zijn de individuele bedrijven een norm op te leggen voor hun bedrijfseigen emissie. Hiermee kunnen de ondernemers hun eigen maatregelen nemen om de emissie te beperken. Bovendien wordt hiermee voorkomen dat gebruiksnormen voor meststoffen en of water voor sommige bedrijfsituaties te beperkend zijn, terwijl ze voor anderen zeer ruim zijn en dan aanleiding zijn voor een ongewenste belasting van het milieu. Technische mogelijkheden zijn aanwezig om de bedrijfseigen emissie te controleren en te berekenen.

8. Conclusies

8.1 Algemeen

- In de studie zijn noodzakelijkerwijs nogal wat aannames gedaan. Het is essentieel hiermee rekening te houden bij de beoordeling en de verdere interpretatie van de resultaten.
- Door de aggregatie van gewassen tot een beperkt aantal gewasgroepen en de keuze van bepaalde gewassen als type voor de betreffende gewasgroepen dreigt de grote variabiliteit die er bestaat in water- en nutriënten management tussen gewassen buiten beeld te geraken.

8.2 Grondteelt

- De aanvoer van stikstof varieert sterk en loopt uiteen van 700 tot ruim 2000 kg N ha⁻¹ jr⁻¹, bij een afvoer via het gewas (gewasopname) van 600 – ruim 1000 kg ha⁻¹ jr⁻¹.
- Denitrificatieverliezen zijn zeer variabel en worden sterk beïnvloed door de bodemsituatie en de waterhuishouding. Ze kunnen zeer fors zijn en lopen op tot meer dan 600 kg N ha⁻¹ jr⁻¹. Door de hoge N-min niveaus en de voorraadbemesting bij sla is de denitrificatie juist bij dit gewas relatief zeer hoog.
- Het bodemoverschot is bij de meeste gewassen zeer variabel en loopt uiteen van 0 kg ha⁻¹ jr⁻¹ bij een slateelt in venige klei tot meer dan 1000 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ bij tomaat in een nieuwe kas, op zandgrond met diep grondwater.
- De variatie in de concentratie aan NO₃ in het percolerende water tot aan de drain is zeer groot en loopt uiteen van 0 bij bedrijven met venige klei tot meer dan 2500 mg NO₃ l⁻¹ voor sla (oude kas, kleigrond, ondiep grondwater).
- De aanvoer en afvoer van stikstof zijn sterk verschillend tussen 'nieuwe' en 'oude' kassen. De hoeveelheden stikstof zijn veel groter bij de nieuwe teeltsystemen terwijl de nitraatconcentratie in het percolaat weinig verschilt tussen 'oude' en 'nieuwe' teeltsystemen.
- Bij alle grondteelten is de stikstofhuishouding sterk verschillend tussen verschillende bedrijfstypen (grondsoort, grondwaterniveau, kastype, wel of geen belichting) en hangt sterk samen met het watermanagement.
- De P-aanvoer varieert eveneens sterk en loopt uiteen van ca 100 – 300 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ bij een variatie in afvoer via het gewas van gemiddeld dezelfde orde van grootte.
- Het bodemoverschot aan P varieert van een < 0 (sla, fresia en tomaat klei en venige klei) tot bijna ca 180 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ (chrysant, zandgrond met diep grondwater).
- De P-balans is sterk vereenvoudigd doordat een aantal chemische bodemprocessen niet in beschouwing genomen zijn. De balans geeft een goed inzicht in de aanvoer en afvoer van P bij het landbouwkundig advies. Door het ontbreken van een adequate terugkoppeling in deze studie tussen gift en grondanalyse is het systeem echter niet in evenwicht.
- In alle gevallen is er een sterke samenhang tussen het beregeningsoverschot en de NO₃ concentratie. Soms leidt dit tot extreme situaties, zoals bij sla in kleigrond, waar de NO₃ concentratie meer dan 2300 mg l⁻¹ bedraagt, bij een beregeningsoverschot van ca 170 mm jr⁻¹. Deze studie roept vragen op wat het milieu het zwaarst belast: (1) een klein N-bodemoverschot met een klein beregeningsoverschot, resulterend in een geringe hoeveelheid percolaat met een hoge nitraatconcentratie op 0,85 m diepte of (2) een groter N-bodemoverschot met een groot beregeningsoverschot en als gevolg daarvan een grotere hoeveelheid percolaat met een lagere nitraatconcentratie.

- Teeltmaatregelen gericht op het verminderen van het beregeningsoverschot zullen het grootste effect hebben op het verminderen van het N-overschot.
- Door hergebruik van drainagewater zal de aanvoer van stikstof afnemen, het bodemoverschot eveneens, maar de nitraatconcentratie in het percolaat verandert niet. De milieubelasting zal hierdoor wel aanzienlijk afnemen.
- Voor het behalen van een gewenste nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder een glastuinbouwbedrijf zal naast een aanvoernorm voor stikstof een beregeningsvoorschrift voor een gewenst neerslagoverschot geformuleerd moeten worden. De NO_3 concentratie in het percolaat en daarmee in het bovenste grondwater, kan door het verminderen van het bodemoverschot zowel toenemen als afnemen.

8.3 Substraatteelt

- Ook bij substraatteelt is er een grote variatie in N-aanvoer en loopt uiteen van ca $900 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (roos) tot ruim $2000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (tomaat, belicht).
- Denitrificatie is ook bij substraatteelt aanzienlijk en loopt uiteen van ruim 88 kg (roos) tot ruim $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (tomaat). Deze variatie hangt sterk samen met het gemiddelde N-niveau in het wortelmilieu.
- Het N-overschot loopt uiteen van ca. $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (lelie) tot ca. $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (lelie). De NO_3 concentratie in het geloosde water loopt uiteen van ruim 700 mg l^{-1} (roos en lelie) tot bijna 1400 mg l^{-1} bij tomaten. Dit is rechtstreeks gekoppeld met de NO_3 niveaus in het wortelmilieu.
- De P-aanvoer varieert van ca. 100 tot ca. $440 \text{ ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$.
- Het P-overschot loopt uiteen van enkele $\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ tot $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ (lelie).
- Het overschot aan N en P wordt voornamelijk veroorzaakt door gerichte spui als gevolg van overschrijding van de Na norm in het wortelmilieu en hangt daardoor sterk samen met de kwaliteit van het gietwater in de uitgangssituatie.
- Het grootste deel van de N en P verliezen verloopt via puntlozingen. Diffuse lozing via lekkages bedragen voor N naar schatting $13 - 40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$ en voor P bedraagt dit niet meer dan enkele $\text{kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$.

8.4 Potplanten

- Voor potplanten is het moeilijk conclusies te trekken, door de grote variabiliteit aan gewassen en teeltsystemen en het ontbreken van gegevens. Bij Schefflera, de teelt die wel kon worden doorgerekend blijkt de N aanvoer te variëren van ca $800 - 900 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$.
- Denitrificatie is loopt uiteen van 38 - tot ruim $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. De variatie hangt sterk samen met het N-niveau en de pH in het wortelmilieu.
- De P-aanvoer bedraagt ca. $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$.
- Het N- en P-overschot bedragen resp. ca 40 kg en $3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$, en worden uitsluitend veroorzaakt door lekkageverliezen en betreffen dus voor ongeveer de helft diffuse lozingen en de helft puntlozingen. De concentraties in het weglekkende en geloosde water bedragen ca 80 en 2 mg l^{-1} voor resp. NO_3 en P.

8.5 Vergelijking met de GLAMI rapporten

- Vergelijking van de berekeningen met de van GLaMi rapporten is gecompliceerd doordat in deze rapporten geen onderscheid gemaakt wordt tussen grond- of substraatteelt en geen onderscheid is tussen bedrijfstype (ouderdom kas belichting etc.). Onder aanname dat in de praktijk en dientengevolge ook in de UO dataset, alle tomaten en rozen in substraat, en alle sla, chrysanten en fresia in grond worden geteeld is voor die gewassen een vergelijking mogelijk. De registraties van lelie is afkomstig van zowel grond- als substraatteelt en vergelijking is dus niet rechtstreeks mogelijk. Een selectie in de dataset kon worden gemaakt van zuivere substraatteelt. Echter het aantal bedrijven is zeer beperkt zodat een vergelijking uiteindelijk moeilijk uitvoerbaar bleek. De tomaatenteelt in grond is relatief gering van omvang en zal in de dataset nauwelijks voorkomen. Voor dit gewas is daarom geen vergelijking mogelijk is. Bij de potplanten is geen nadere onderverdeling gemaakt zodat voor het gewas *Schefflera* geen vergelijking mogelijk is.
- Het blijkt dat voor de N-aanvoer, de berekeningsuitkomsten bij tomaat (substraat), chrysant en roos goed in overeenstemming zijn met de geregistreerde data uit de GLAMI rapportages. Bij sla, lelie en fresia, blijkt uit de rapportages een aanzienlijk lagere N-aanvoer dan de berekeningen opleverden.
- Voor de P-aanvoer geldt dat de berekeningsuitkomsten voor tomaat (substraat), sla en lelie overeenkomen met de verificatierapporten. Bij chrysant, fresia en is de berekende P-aanvoer aanzienlijk hoger dan die van de verificatierapporten, terwijl bij roos de situatie omgekeerd is.

Bij verdere aggregatie blijkt dat de gemiddelde berekende N- en P-aanvoer bij de gewasgroepen vruchtgroenten en intensieve bloemen in dezelfde orde van grootte liggen als de geregistreerde aanvoeren uit de GLAMI rapporten. Voor potplanten is de berekende N- en P-aanvoer 20 – 30 % hoger. Voor overige groenten en bloemen extensief is de berekende N- en P-aanvoer echter aanzienlijk hoger en bedraagt het drievoudige van de geregistreerde gegevens.

Referenties

- Agner, H., 2003.
Denitrification in cultures of potted ornamental plants. Ph.D. Thesis, University of Hannover, Hannover, Germany. 133 pp.
- Agner, H. & M.K. Schenk, 2005.
Assay system for measurement of denitrification-N loss from ornamental plants potted in peat substrate. *Biology and Fertility of Soils* 41, 199-204.
- Agner, H. & M.K. Schenk, 2006.
Plant effects on variability of denitrification N emissions in cultures of potted ornamental plants. *European Journal of Horticultural Science* 71, 15-20.
- Anonymus, 2003.
Adviesrapport verifiëren gewasnormen (GlaMi), Delfland, 27 pp.
- Anonymous, 1991.
Directive of the Council of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution causes by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). European Commission, Brussels.
- Anonymus, 2000.
Handboek milieumaatregelen glastuinbouw editie 2000,
<http://www.glami.nl/upload/downloads/pdf/Handboekdef.pdf>. 80 p.
- Anonymous, 1981.
Chemical composition of precipitation over the Netherlands. Survey 1978 – 1981. Joint KNMI/RIV, De Bilt. 20 p.
- Cabrera Raul, I., 2003.
Nitrogen balance for two container-grown woody ornamental plants. *Scientia Horticulturae* 97, 297-308.
- Daum, D. & M.K. Schenk, 1998.
Evaluation of the acetylene inhibition method for measuring denitrification in soilless plant culture systems. *Biology and Fertility of Soils* 24, 111-117.
- Daum, D. & M.K. Schenk, 1996.
Gaseous nitrogen losses from a soilless culture system in the greenhouse. *Plant and Soil* 183, 69-78.
- Daum, D. & M.K. Schenk, 1998.
Influence of nutrient solution pH on N₂O and N₂ emissions from a soilless culture system. *Plant and Soil* 203, 279-287.
- De Graaf, R., 1988.
Automation of the water supply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and measuring the amount of drainage water. *Acta Horticulturae* 229, 219-231.
- De Kreij, C., 1999.
Bemestingsadviesbasis buitenbloemen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente Vestiging Naaldwijk, Naaldwijk. 21 p.
- De Kreij, C., 2003.
Stikstof en fosfor bij primula en viool, *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving sector glastuinbouw*, Naaldwijk.
- De Kreij, C. & J.A.M. Kromwijk, 2001.
Stikstof en fosfor bij éénjarige zomerbloeiërs, *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving sector glastuinbouw*, Naaldwijk.
- Granli, T. & C. Bockman Oluf, 1994.
Nitrous oxide from agriculture. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences Supplement* 0, 1-128.
- Heinen, M., 2006a.
Application of a widely used denitrification model to Dutch data sets. *Geoderma* 133, 464-473.
- Heinen, M., 2003.
Simple denitrification model? Literature review, sensitivity analysis, and application. no 690, Alterra, Green World Research, Wageningen, 131 pp.

- Heinen, M., 2006b.
Simplified denitrification models: overview and properties. *Geoderma* 133, 444-463.
- Heinen, M. & P. de Willigen, 2001.
Fussim2 version 5: new features and updated user's guide. Alterra-rapport 363, Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 164 pp.
- Heinen, M., K.B. Zwart & E.W.J. Hummelink, 2005.
Calibratie van de reductiefuncties in een eenvoudig denitrificatiemodel. 1566-7197, Alterra, Wageningen, 33 pp.
- Hénault, C. & J.C. Germon, 2000.
NEMIS, a predictive model of denitrification on the field scale. *European Journal of Soil Science* 51, 257-270.
- IKC-L, 2000.
Mest meester in de glastuinbouw, Ede.
- Kater, L.J.M. & S.A.M. Kool, 2004.
Management van oogstresten van vollegrondsgroentegewassen. PPO 330775, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Bloembollen, Lisse, 62 pp.
- Kipp, J.A. & A.L. van den Bos, 2000.
Mineralenverbruik en -opname in de glastuinbouw. rapport 273, Proefstation voor bloemisterij en glasgroente, Aalsmeer, 36 pp.
- Korsten, P., 1998.
Mineralenbalansen grondteelten. Chrysantenbedrijven, PPO-Glastuinbouw, intern rapport, Naaldwijk.
- Otten, W., 1994.
Dynamics of water and nutrients for potted plants induced by flooded bench fertigation: experiments and simulation. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Haren, The Netherlands. 115 pp.
- Pasterkamp, H.P., S. Marinova & N.S. van Wees, 2003.
Bemesting van oriental lelie in de broeierij. PPO-330627, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving sector bloembollen, boomkwekerij en fruit, Lisse, 30 pp.
- Postma, R., 1996.
Stikstofverliezen door denitrificatie op praktijkbedrijven met jaarrond chrysant, Nutrienten Management Instituut, intern verslag, Wageningen, 44 pp.
- Pronk, A.A., W. Voogt, A.L. Smit, K. Zwart, C.L. van Beek, M. Heinen, G.G. van der Lugt & L.F.M. Marcelis, 2005.
Verkenning gebruiksnormen voor nutriënten bij grondteelten onder glas: methodiekontwikkeling en voorbeeldstudie voor chrysanten. 1566-7790, Plant Research International, Wageningen, 44 pp.
- Richardson, R.E., C.A. Jamers, V.K. Bhupathiraju & L. Alvarez-Cohen, 2002.
Microbial activity in soils following stream treatment. *Biodegradation* 13, 285-295.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. Van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004.
Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. *Plant Research International*, Wageningen. 60 p.
- Sonneveld, C., 1969.
De invloed van het stomen op de stikstofhuishouding van de grond. *Tuinbouwmededelingen* 32, 197-203.
- Sonneveld, C., J. Beusekom, Verduijn de Boer & R. Majolée, 1976.
De chemische samenstelling van regenwater in het Westland. verslag nr. 12, Proefstation Naaldwijk, Naaldwijk, 8 pp.
- Stewart, J.A., L.J. Lund & R.L. Branson, 1981.
Nitrogen balances for container grown privet *ligustrum-japonicum*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106, 565-569.
- Straver, N., C. de Kreijl & H. Verberkt, 1999.
Bemestingsadviesbasis potplanten. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente Vestiging Naaldwijk, Naaldwijk. 55 p.
- Van Dam, A.M., L.J.M. Kater & N.S. Van Wees, 2004.
Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. PPO-rapport 708, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Bloembollen, Lisse, 50 pp.

- Van den Bos, A.L., 1996.
EC in relatie tot het type substraat bij de teelt van freesia in een gesloten systeem. Rapport 45, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Naaldwijk, 34 pp.
- Van den Bos, A.L., 1997.
EC in relatie tot het type substraat bij de teelt van lelie in een gesloten systeem. 1385-3015, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente Vestiging Naaldwijk, Naaldwijk, 34 pp.
- Van den Bos, A.L., 1987.
Lelies op een meerjarige stikstof- en kaliproefveld onder glas. Intern verslag 36, Proefstation voor de glastuinbouw, Naaldwijk.
- Van den Bos, A.L., C. de Kreij & W. Voogt, 1999.
Bemestings Adviesbasis Grond. Praktijkonderzoek Bloemisterij en Glasgroente, Naaldwijk. 54 p.
- Van der Burg, A., 1997.
Waterverbruik berekenen met formule: PBG is bezig met ontwikkelen van watergeefmodel voor freesia. De Bloemisterij, 46-48.
- Van der Burg, A.M.M. & C. de Kreij, 2002.
Stikstof en fosfor bij groene en bonte planten: onderzoek op bedrijven met Dracaena, Dieffenbachia, Hedera, Palmen, Schefflera en varens. PPO-rapport 563, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw, Naaldwijk, 32 pp.
- Van der Burg, A.M.M. & C. de Kreij, 2003.
Stikstof en fosfor bij groene en bonte planten: onderzoek op bedrijven met Dracaena, Dieffenbachia, Hedera, Palmen, Schefflera en varens. Deel 2. PPO-rapport 563, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw, Naaldwijk, 22 pp.
- Van Dijk, W., 2003.
Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. 66 p.
- Van Gemert, J., 1994.
Milieuaspecten van potplantenteelt onder glas. LEI-DLO, Den Haag. Publicatie 4. 136 p.
- Voogt, W., 1993.
Bemesting bij plantenteelt zonder aarde. // Plantenvoeding in de glastuinbouw Informatiereeks nr. 3: 87, derde druk, Ed J. Mostert. pp. 232. Proefstation voor tuinbouw onder glas, Naaldwijk.
- Voogt, W., 2003.
Meststofverbruik: realisatie en normverbruik, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw, intern rapport, Naaldwijk, 20 pp.
- Voogt, W., F. Assinck, J. Balendonck, G. Blom-Zandstra, M. Heinen & F.H. de Zwart, 2002.
Minimalisering van de uitspoeling bij teelten in kasgrond. 543, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw, Naaldwijk, 63 pp.
- Voogt, W., A. Corsten & R. van Winkel, 2003.
Chrysantenteelt met minimale emissie, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw, intern rapport, Naaldwijk.
- Voogt, W., R. de Graaf, A.A.M. van der Burg & R. van Oosten, 2000a.
Water-, stikstof- en natriumbalans bij teelten in kasgrond, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw, intern rapport, Naaldwijk, 31 pp.
- Voogt, W., R. Garcia, N. Straver & A.A.M. van der Burg, 2006.
Verlaging N niveau bij roos, Wageningen UR Glastuinbouw, Intern Rapport, Naaldwijk, 38 pp.
- Voogt W. & B. Houter, 2003.
Wateropname bij teelten in kasgrond, PPO-Glastuinbouw, intern rapport, Naaldwijk, 28 pp.
- Voogt, W., A. Huys & R.H.M. Maaswinkel, 2000b.
Toetsing fertigatiemodel. Toetsing van het fertigatiemodel op vier praktijkbedrijven met chrysant gedurende twee jaar (1997 - 1999), Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw, intern rapport, Naaldwijk, 88 pp.
- Voogt, W., J.A. Kipp, R. de Graaf & L. Spaans, 2000c.
A fertigation model for glasshouse crops grown in soil. Acta Horticulturae 537, 495-502.

- Voogt, W. & P. Korsten, 1996.
Mineral balances for radish crops grown under glass. *Acta Horticulturae* 428, 53-64.
- Voogt, W., P. Korsten & E. Klein-Buitendijk, 1999.
Mineralenbalansen grondteelten; bedrijven zonder drainagesysteem, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw, intern rapport, Naaldwijk.
- Voogt, W. & C. Sonneveld, 2004.
Interactions between nitrate and chloride in nutrient solutions for substrate grown tomato. *Acta Horticulturae* 644, 359-368.
- Voogt, W. & A.L. van den Bos, 2003.
Schatting mineralenopname en verbruik bij slateelt. PPO rapport project 425191, PPO-Glastuinbouw, Naaldwijk, 28 pp.
- Voogt, W. & A. van Winkel, 2004.
Ontwikkeling en toetsing van het PC fertigatiemodel, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Glastuinbouw Naaldwijk, Intern rapport, 28 pp.
- Voogt, W., A. van Winkel & A.J. Kosten, 2005.
Reductie uitspoeling bij Chrysant. Intern rapport, Naaldwijk, 36 pp.
- Woesten, J.H.M., G.J. Veerman, D.G.W.J. M. & J. Stolte, 2001.
Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. 0928-0944, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 86 pp.
- Zerche, S. & R. Kuchenbuch, 1995.
Nitrogen and potassium balances in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* hybrids) grown in a plant plane hydroponic cultivation system. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 158, 393-398.

Bijlage IA.

Bepaling van denitrificatieverliezen m.b.v. reductiefuncties

De methode van Hénault & Germon (2000) gaat uit van een maximale denitrificatie onder optimale omstandigheden (de potentiële denitrificatie) voor een bepaalde grondsoort. De actuele denitrificatie wordt daaruit afgeleid met behulp van een aantal reducerende factoren op basis van de actuele nitraatconcentraties, vochtgehalten en temperatuur. Het vochtgehalte is in feite een maat voor het zuurstofgehalte, de werkelijk sturende parameter. Aangezien in de meeste gronden de aanvoer van zuurstof wordt bepaald door het vochtgehalte, wordt in plaats van het zuurstofgehalte, het vochtgehalte gebruikt als reducerende factor.

De methode van Hénault & Germon (2000) is aangepast voor de Nederlandse situaties door Heinen (2003; Heinen, 2006a; b) en Heinen *et al.* (2005), die de actuele denitrificatie afleidde uit de potentiële denitrificatie volgens:

$$D_a = D_p f_N f_S f_T \quad (6)$$

waarin

D_a	actuele denitrificatie	kg N ha ⁻¹ d ⁻¹
D_p	potentiële denitrificatie	kg N ha ⁻¹ d ⁻¹
f_N	reductiefunctie voor nitraatgehalte	dimensieloos
f_S	reductiefunctie voor water verzadigingsgraad	dimensieloos
f_T	reductiefunctie voor temperatuur	dimensieloos

De potentiële denitrificatie D_p is de denitrificatie die wordt gemeten indien de omstandigheden in de bodem ideaal zijn voor denitrificatie. Dat is wanneer er een overmaat aan nitraat-N is, wanneer het systeem anaëroob is wat overeenkomt met volledige waterverzadiging ($S = 1$), en bij een referentietemperatuur T_{ref} . In die situatie zijn alle drie de reductiefuncties gelijk aan 1. In alle andere gevallen zijn de reductiefuncties kleiner dan 1¹.

De reductiefunctie voor nitraat kan worden beschreven met een Michaelis-Menten (of Monod) functie:

$$f_N = \frac{N}{K + N} \quad (7)$$

waarin

N	nitraatgehalte	mg N kg ⁻¹
K	nitraatgehalte waarbij $f_N = 0.5$	mg N kg ⁻¹

De reductiefunctie voor de waterverzadiging werd het beste beschreven met een machtsfunctie:

$$f_S = \begin{cases} 0 & S < S_t \\ \left(\frac{S - S_t}{1 - S_t} \right)^w & S_t \leq S \leq S_m \\ 1 & S_m < S \end{cases} \quad (3)$$

waarin

S	verzadigingsgraad of watergevoerd poriënvolume (volumetrisch watergehalte gedeeld door porositeit)	dimensieloos
S_t	de ondergrens voor S waarboven denitrificatie voorkomt	dimensieloos
w	vormparameter	dimensieloos

¹ Behalve f_T welke ook groter dan 1 kan worden indien $T > T_{ref}$

De temperatuurreductie functie was een Q_{10} relatie:

$$f_T = Q_{10}^{(T-T_{ref})/10} \quad (8)$$

waarin

T	bodemtemperatuur	°C
T_{ref}	referentietemperatuur, namelijk T waarbij D_p is vastgesteld (=20 °C)	°C
Q_{10}	toenamefactor per 10 graden T verandering	dimensieloos

Om vanuit de potentiële denitrificatie de actuele denitrificatie te berekenen zijn dagelijks de reductiefuncties berekend op basis van de temperatuur, de verzadigingsgraad en het nitraatgehalte in de bodem. De reductiefuncties kunnen slechts met een grote mate van onzekerheid geschat worden. Dit geldt met name voor de f_s reductiefunctie. De hiervoor benodigde parameters vertoonden bij metingen een grote spreiding.

Daarom zijn de berekeningen uitgevoerd voor een tweetal situaties waarbij de uiterste waarden van de parameters genomen zijn:

$f_{S\text{ hoog}}$, hierbij zijn uiterste waarden van de parameters gebruikt die leiden tot een hoge denitrificatie
 $f_{S\text{ laag}}$, idem, maar nu resulterend in een lage denitrificatie.

De parameter die nodig was voor de temperatuurreductiefunctie vertoonde minder variatie, terwijl de parameter voor de schatting van f_N weliswaar grote spreiding vertoonde maar relatief weinig van invloed was op de denitrificatie (Heinen, 2006a; b; Heinen *et al.*, 2005). Het College van Deskundigen ging bij het bepalen van de GlaMi-normen uit van verschillende temperatuurregimes voor bloemisterijgewassen 10-14, 14-16 en 18-20°C (etmaal). In dit rapport wordt aangenomen dat de temperatuur gereguleerd wordt op 18°C. 's Zomers kan de temperatuur in de kas oplopen tot waarden van 28°C. De bodemtemperatuur fluctueert veel minder dan de luchttemperatuur en wordt constant verondersteld op 20°C (ongepubliceerde gegevens W. Voogt, PPO, 2005).

Tevens dient opgemerkt te worden dat bij de parameterschattingen de gegevens voor een veengrond gebruikt zijn en dat er geen gegevens voorhanden zijn voor een venige kleigrond. De gepresenteerde denitrificatie voor bedrijfstype G7 t/m G9 (venige kleigrond) zal hierdoor waarschijnlijk overschat worden.

In overeenstemming van de systeemafbakening (Figuur 1) zijn de volgende bodemlagen onderscheiden:

- I 0-0,25 m
- II 0,25-0,60 m
- III 0,60-grondwaterstand (meestal 0,90 m).

De potentiële denitrificatie D_p

De potentiële denitrificatie D_p neemt over het algemeen af met de diepte doordat het organische stof gehalte afneemt (Tab). De hoge D_p 's voor veengronden worden veroorzaakt door de hoge fractie gemakkelijk afbreekbare organische stof in veengronden en is een algemeen voorkomend verschijnsel.

Tabel 1A.1. Invoergegevens voor de berekeningen van de actuele denitrificatie (Heinen, 2006a; Heinen et al., 2005) met formule 1.

Grondsoort	Laag	K	S _t		w		D _p
	(m)		(mg ⁻¹ kg ⁻¹)	f _s hoog	f _s laag	f _s hoog	
Zand	0,0-0,25	22,84	0,0	0,33	3,69	8,77	5,72
Zand	0,25-0,6	22,84	0,0	0,33	3,69	8,77	1,49
Zand	0,6-0,9	22,84	0,0	0,33	3,69	8,77	0,09
Venige klei	0,0-0,25	135,0	0,5	0,00	2,0	10,0	40,0
Venige klei	0,25-0,6	135,0	0,5	0,00	2,0	10,0	5,71
Venige klei	0,6-0,9	135,0	0,5	0,00	2,0	10,0	0,33
Klei	0,0-0,25	75,0	0,8	0,83	2,0	5,98	10,4
Klei	0,25-0,6	75,0	0,8	0,83	2,0	5,98	0,37
Klei	0,6-0,9	75,0	0,8	0,83	2,0	5,98	0,30

Wijze van berekenen

Voor de berekening van de denitrificatie is voor een vereenvoudigde benadering gekozen. De temperatuur wordt overal op 20°C verondersteld, waardoor de reductiefactor voor temperatuur 1 bedraagt.

De vochtverzadiging is een belangrijke factor bij de berekening van de denitrificatie. Voor het berekenen van de vochtverzadiging zijn de verschillende bodemprofielen van de Staringreeks gebruikt met bijbehorende ondergronden (Tabel 2, Woesten *et al.*, 2001). De huidige Staringreeks is een 'klasse vertaalfunctie' die voor iedere textuurklasse de gemiddelde bodemfysische karakterisering vermeld. In aanvulling hierop zijn continue vertaalfuncties ontwikkeld waarmee aan de hand van textuur, organische stof, dichtheid en het kenmerk boven- of ondergrond voorspellingen kunnen worden gemaakt over de vormparameters in de analytische vergelijking, de van Genuchtenparameters.

Deze continue vertaalfuncties zijn geprogrammeerd in het programma Staringreeks versie 1.2

(www.alterra.wur.nl/nl/producten/digitale+gegevensbestanden). Met dit programma zijn de van Genuchtenparameters voor venige klei geschat waarbij gebruik gemaakt is van de meetgegevens van een bedrijf uit Nootdorp. Met deze bodemprofielen zijn waterbalansen doorgerekend met het bodem-water en stikstof model Fussim (Heinen & De Willigen, 2001). In de berekeningen zijn de gewasspecifieke berekening, evapotranspiratie, N-opname en N-bemesting zoals vermeld in Tabel 11, Tabel 12 en Tabel 13, opgelegd. De berekening en daarmee ook de bemesting, is per 3 dagen gegeven. Voor ieder bedrijfstype is onder deze gestandaardiseerde omstandigheden de denitrificatie uitgerekend volgens formule 1 met de parameterset voor een hoge respectievelijk lage denitrificatie uit Tabel 1A.1.

Tabel 1A.2. Bodemtype en bijbehorende 'van Genuchtenparameters'.

Grondsoort	Aanduiding	Bodemlaag	θ _r (cm ³ cm ⁻³)	θ _s (cm ³ cm ⁻³)	Ks (cm d ⁻¹)	α (cm ⁻¹)	l (-)	n (-)
Zandgrond	B1	0,0-0,3	0,02	0,43	23,41	0,0234	0,000	1,801
	O3	0,30-0,9	0,01	0,34	10,87	0,0170	0,000	1,525
Venige klei	Nootdorp	0,0-0,3	0,01	0,576	1131	0,0256	-0,424	1,352
	Nootdorp	0,30-0,9	0,01	0,562	700	0,01824	-0,604	1,328
Kleigrond	B10	0,0-0,3	0,01	0,43	80,7	0,0064	-3,884	1,210
	O11	0,30-0,9	0,00	0,42	13,79	0,0191	-1,384	1,152

Bijlage IB.

Denitrificatie in recirculerende grondloze systemen op basis van voedingsoplossing

Bekend is dat aanzienlijke hoeveelheden stikstof in gasvormige toestand kunnen ontwijken door de activiteit van denitrificerende bacteriën in het wortelmilieu. De omstandigheden in het wortelmilieu kunnen optimaal zijn voor denitrificatie door de aanwezigheid van gemakkelijk afbreekbare C-verbindingen (wortelexudaten) en een gebrek aan O_2 door hoge wortelrespiratie. Dit zijn dan optimale omstandigheden voor de denitrificerende bacteriën. De stikstof ontwijkt in de vorm van N_2 en N_2O , de verhouding tussen deze twee verbindingen is niet constant maar wordt sterk door andere factoren bepaald. Onderstaand een literatuuroverzicht omtrent deze problematiek.

Daum en Schenk (1997; 1998) vermelden dat in een eerder onderzoek (Daum & Schenk, 1996), afhankelijk van het seizoen, verliezen van $0,4-0,8 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ in de vorm van $N_2 + N_2O$ gemeten zijn in een glaswolsysteem. In hun onderzoek werd gemeten in een glaswolblok van $25 \times 20 \times 7,5 \text{ cm}$ bij het gewas komkommer. Gasvormige fluxen werden gemeten met de acetyleen inhibitietechniek. De invloed van N-concentratie, pH en temperatuur van het substraat op de emissies werd onderzocht.

De pH bleek een sterke invloed te hebben op het denitrificatieproces. Hierbij werd de emissie van N_2 sterker beïnvloed dan emissie van N_2O . Bij pH 6 en 7 kwam resp. 1 en $2,3 \text{ kg N}_2 - \text{N ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ vrij, terwijl bij lagere pH slechts $0,15 \text{ kg N}_2 - \text{N}$ vrijkwam.

Bij lagere pH daalt de substraatrespiratie (respiratie van wortels en bacteriën), waardoor wellicht minder zuurstofgebrek optreedt maar er lijkt ook een directe remmende invloed op de denitrificerende bacteriën te zijn omdat het aandeel van de respiratie wat door denitrificatie veroorzaakt wordt afneemt bij lagere pH: 1,6, 2,5, 10,4 en 14,9% bij resp. een pH van 4, 5, 6 en 7.

Pieken kwamen voor tijdens de ontwikkeling van de vruchten, waarschijnlijk omdat dan wortelsterfte optreedt (C-bron). Ook een dagelijkse piek werd opgemerkt. Deze komt ongeveer overeen met de piek in temperatuur in het substraat (ca. 16.00u).

Totale N verliezen op de balans waren bij een pH van 4, 5, 6 en 7 resp. 20, 18, 19 en 28% (als percentage van de N-input) bij K-verliezen die kleiner dan 6% waren. De totale N-verliezen worden dus duidelijk minder door de pH beïnvloed dan de denitrificatieverliezen, die bij deze pH resp. 2, 4, 12 en 20% waren. Dit houdt in dat de niet-denitrificatieverliezen ook door pH beïnvloed worden.

Het effect van pH op denitrificatie is bij substraatteelten duidelijk groter dan in grondculturen gevonden wordt.

Tussen pH 5 en 8 werd door (Granli & Bockman Oluf, 1994) een lineaire toename gevonden, waarbij bij pH 8 slechts een 3x zo hoge denitrificatie gevonden werd ten opzichte van de denitrificatie bij pH 5.

Daum en Schenk (Daum & Schenk, 1998) concluderen dat bij een lage pH de waargenomen verliezen dus voor het grootste gedeelte door andere processen dan door denitrificatie beïnvloed worden. De suggestie van de auteurs dat dit via andere gasvormige verliezen gaat dan N_2 en N_2O wordt niet verder uitgewerkt of verduidelijkt. De grote totale verliezen bij lage pH kunnen ook niet geheel door lekverliezen verklaard worden.

Zerche en Kuchenbuch (1995) hebben onderzoek gedaan naar de K en N verliezen bij een teelt van chrysant op 'polyester Vliesmatte' (Norafin 80 g m^{-2}). Deze auteurs gingen op zoek naar balansverschillen waarbij de eventuele K-verliezen als maat voor de lekverliezen gezien werden. Onderzocht werd verder of het verloop van de EC-waarde (constant of langzaam stijgend) van invloed was op de verliezen. Er werden geen K-verliezen geconstateerd. Voor stikstof echter werden verliezen gemeten tussen de 22 en 31% van de N-input, resp. winter- en zomerteelt. In dit artikel is niet specifiek de denitrificatie gemeten, in de discussie worden lekverliezen uitgesloten. De auteurs noemen ook ammoniak en organische N-verbindingen als mogelijke componenten in gasvormige N-verliezen.

Tabel IB.1. Denitrificatie als percentage van de input bij verschillende zuurgraden.

pH	Denitrificatie als % N-input
4	2%
5	4%
6	12%
7	20%

Bijlage IC.

Denitrificatie bij containerteelt

Er zijn weinig gegevens beschikbaar omtrent denitrificatie in de containerteelt. De onderstaande beknopte literatuurstudie geeft een indruk van denitrificatie in containerteelt.

Cabrera Raul (2003) deed onderzoek met *Ilex* en *Lagerstroemia* spp. in 3.5 liter containers gevuld met veenmos, vermiculite en zand in de verhouding 2: 1: 1 (v/v) gedurende 9 maanden. Ze werden bemest met volledige voedingsoplossing waarvan de N concentratie varieerde van 15 tot 300 mg N per liter. De invloed van de bemesting was zichtbaar tot 60 mg per liter, hogere concentraties gaven een negatief effect.

De irrigatie werd gebaseerd op de evapotranspiratie, waarbij een 'target leaching fraction' van 25% werd aangehouden. De planten werden gemiddeld 2-4 keer per week geïrrigeerd gedurende het groeiseizoen. Uitgespoeld water werd geanalyseerd op EC, N etc.

N-uitspoeling was gemiddeld 17% bij 15 mg N per liter en 52% bij 210-300 mg/L. N-opname als fractie van gegeven daalde van 47% bij 15 tot 7% bij 300 mg N/l. De fractie van de gegeven N die in het medium achterbleef aan het einde van het experiment bleek niet door concentratie beïnvloed te worden (ca. 4-6% van de gegeven N).

De **niet verklaarde verliezen** aan N, werden toegeschreven aan gasvormige emissies via denitrificatie en niet aan ammoniakvervluchtiging. Ze bleken onafhankelijk van de N concentratie in de voedingsoplossing en bedroegen gemiddeld 31% (variatie tussen 23 en 41%) van de N-input.

Een verklaring voor deze hoge verliezen wordt gegeven: a) zone van constante verzadiging op de bodem van de containers die een anaerobe toestand bevordert, b) het hoge organische stofgehalte van het gebruikte medium. Stewart *et al.* (1981) hebben een balansstudie gedaan met *Ligustrum japonicum*. Onderzocht is het effect van irrigatie (dagelijks vs. elke 2 dagen, container type (plastic vs. aarden) en substraatmengsels ('redwood-zand; pine-zand; pine-soil; or sphagnum peat-perlite-sand') op het lot van de gegeven stikstof. Bij plastic containers die dagelijks geïrrigeerd werden bleken grotere verliezen in uitspoeling op te treden dan in de andere behandelingen.

Onverklaarde verliezen op de balans (ook hier door de auteurs gelijkgesteld aan denitrificatie) bleken groter te zijn in plastic containers dan in aarden (16 vs. 11%) en bij 'pine' mengsels dan 'redwood' of veenmengsels (resp. 18-19%, 9% en 8%).

Er zijn weinig gegevens te vinden waar daadwerkelijk de denitrificatie in containerteelt gemeten is. Alleen in Duitsland (Universiteit Hannover) lijkt hieraan te zijn gewerkt.

Agner (2003) beschrijven een systeem om denitrificatie te meten (*Pelargonium*, *Euphorbia* in potten op veensubstraat). Flow-through kamers die alleen de pot omhulden bleken het meest geschikt om denitrificatie te meten. Vervolgens is de acetyleen inhibitie methode gebruikt om de totale gasvormige N-verliezen ($N_2 + N_2O$) te meten. Planten bleken geen N_2O te emitteren via de bovengrondse delen.

In haar proefschrift concludeert Agner (2003) echter dat bij sierplanten in potten met veen substraat de totale verliezen op jaarbasis door denitrificatie minder ca. 7 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ bedragen (ca. 1% van de input aan N). Het gaat hier dan om een teelt met 24 planten per m² en 3 watergiften per week. Indien deze relatief geringe verliezen opgeschaald zouden naar een bouwvoor van 30 cm met hetzelfde substraat dan zou 191 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ denitrificeren. Per m³ substraat bedraagt de denitrificatie dan 64 g N per m³ substraat.

Er is wel sprake van variatie voornamelijk veroorzaakt door zuurstof beschikbaarheid die nauw gerelateerd is aan het watergehalte. Het is dan ook het watergeefregime dat sterk de emissie bepaalt. Ook compactie van het substraat, het zeven van substraat en grotere potten verhoogden de denitrificatie per beregeningsgift. Naarmate de duur van de beregening langer is denitrificeert er meer. Koolstof bleek ook hier een beperking voor de denitrificatie (toevoegen van glucose verhoogde namelijk de denitrificatie).

In enkele artikelen (gebaseerd op het proefschrift, Agner (2005; 2006) wordt nader ingegaan op deze variatie in denitrificatie: substraatcompositie, toevoegingen (rijstkaf), compactie en zeven (artikel op basis van proefschrift). Een en ander lijkt voornamelijk terug te voeren op het watergehalte van het substraat.

Bijlage II.

De transpiratiemodule voor bedekte teelten van PPO

Voor alle gewassen is de transpiratie berekend met de gestandaardiseerde methode van PPO (De Graaf, 1988). Hierin is de transpiratie (Tr , mm per tijdseenheid):

$$Tr = (At \cdot R + Bt \cdot GM) \cdot p$$

waarin:

- R = globale straling in $J \cdot cm^{-2} \cdot unit\ of\ time^{-1}$,
- GM = graad minuten (delta T van buis- en kaslucht temperatuur gedurende 1 unit of time), in $^{\circ}C$
- At = stralingsfactor, c.q. gewasfactor in $mm \cdot cm^2 \cdot J^{-1}$ (voor chrysant is $At\ 1.8 \cdot 10^{-3}\ mm \cdot cm^2 \cdot J^{-1}$)
- Bt = verwarmingsfactor in $mm \cdot unit\ of\ time^{-1}$, in $^{\circ}C^{-1}$
(bij $6 \cdot 51\ mm$ buizen per kap is deze factor $22 \cdot 10^{-6}\ mm \cdot unit\ of\ time^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$)
- P = plantgroottefactor in m (actuele plantlengte/lengte volgroeide plant)
(voor chrysant tussen 0,30 m en 0,60 m)

Als de buitentemperatuur lager is dan $22\ ^{\circ}C$ en de RV buiten lager is dan 50% wordt de volgende correctie op de transpiratie (Tr) toegepast:

$$Tr = ((At \cdot R + Bt \cdot GM) \cdot p) \cdot ((175 - 1.5\ RV)/100)$$

waarin:

- RV = relatieve luchtvochtigheid buiten in %.

In deze studie was de factor At afhankelijk van het gewastype. Er werd een standaard straling (buiten gemeten) gebruikt. De factor At wordt aangepast voor een kas met een hoge transmissie en een kas met een lage transmissie (nieuwe en oude kas). Het verschil in buis- en luchttemperatuur is afhankelijk van het stookregime. Zo wordt voor sla een koud regime en voor tomaat een hoge temperatuur aangehouden. De factor Bt is voor alle gewassen hetzelfde gehouden. Deze factor is afhankelijk van het aantal buizen in de kas en de uitwerking van de verwarmingsbuizen op de transpiratie.

Bijlage III.

Volledige balansen ter berekening van het N-bodemoverschot van de grondteelten

Tomaat.

Bedrijfs- type	Kastype	Assi- milatie- belichting	Grond- soort	Type ontwatering	Evapo- transpiratie	Berekening	Beregenings- overschot	Org. mest kg N/ha	Kunst- mest	Denitrificatie bij		Bodemoverschot bij		NO ₃ mg/l bij		
										fS hoog	fS laag	fS hoog	fS laag	fS hoog	fS laag	fS hoog
G1	nieuw	ja	zand- grond	diep grondwater	902	1341	440	100	1972	260	0	1019	792	1052	798	1060
G2	oud	ja	zand- grond	diep grondwater	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G3	oud	nee	zand- grond	diep grondwater	764	1137	373	100	1671	228	0	823	720	948	856	1126
G4	nieuw	ja	zand- grond	grondwater onderbemaling, 0,85 m	902	1166	265	100	1715	263	0	1019	533	795	891	1330
G5	oud	ja	zand- grond	onderbemaling, 0,85 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G6	oud	nee	zand- grond	onderbemaling, 0,85 m	764	988	224	100	1453	243	0	823	487	730	961	1440
G7	nieuw	ja	venige klei	grond onderbemaling, 0,85 m	902	829	-72	0	1742	391	89	1019	331	633	0	0
G8	oud	ja	venige klei	grond onderbemaling, 0,85 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G9	oud	nee	venige klei	grond onderbemaling, 0,85 m	764	703	-61	0	1476	362	84	823	291	569	0	0
G10	nieuw	ja	klei- grond	grond onderbemaling, 0,85 m	902	1120	218	75	1881	651	16	1019	286	921	580	1869
G11	oud	ja	klei- grond	grond onderbemaling, 0,85 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G12	oud	nee	klei- grond	grond onderbemaling, 0,85 m	764	949	185	75	1594	601	13	823	245	833	587	1994

¹ Bedrijfstype niet meegenomen in de berekeningen.

Slu.

Bedrijfs- type	Kas type	Assimilatie- belichting	Grond- soort	Type ontwatering	Evapo transpiratie	Berege- ning	Beregenings- overschot	Org. mest		Gewas- afvoer	Denitrificatie bij		Bodemoverschot bij		NO ₃ mg/l bij		
								kg N/ha	fS hoog		fS laag	fS hoog	fS laag	fS hoog	fS laag	fS hoog	fS laag
G1	nieuw	nee	zand	grondw	790	1168	377	100	1633	1451	182	0	801	749	931	879	1092
G2	oud	ja	zand	grondw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G3	oud	nee	zand	grondw	677	1025	348	100	1476	1298	178	0	693	705	883	897	1124
G4	nieuw	nee	zand	drain	790	1015	225	100	1408	1160	249	0	801	458	707	901	1390
G5	oud	ja	zand	grondw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G6	oud	nee	zand	drain	677	891	214	100	1295	1043	252	0	693	451	703	931	1451
G7	nieuw	nee	veen	drain	790	857	67	0	1259	774	458	92	801	0	365	-	-
G8	oud	ja	zand	grondw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G9	oud	nee	veen	drain	677	737	60	0	1175	751	482	97	693	0	386	-	-
G10	nieuw	nee	klei	drain	790	966	176	75	1666	1067	608	9	801	331	930	835	2346
G11	oud	ja	zand	grondw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G12	oud	nee	klei	drain	677	847	171	75	1611	967	652	8	693	341	985	885	2553

Chryasant.

Bedrijfs- type	Kas- type	Assimilatie- belichting	Grond- soort	Ontwatering	Evapo- transpiratie	Berege- ning	Beregenings- overschot	Org. mest kg N/ha	Kunst- mest	Denitrificatie bij		Bodemoverschot bij		NO ₃ mg/l bij	
										fS'hoog	fS'laag	fS'hoog	fS'laag	fS'hoog	fS'laag
G1	nieuw	ja	zand	grondw	966	1437	471	100	1609	214	0	496	709	466	667
G2	oud	ja	zand	grondw	836	1244	408	100	1393	181	0	412	593	448	644
G3	oud	nee	zand	grondw	721	1073	352	100	1201	165	0	387	551	487	694
G4	nieuw	ja	zand	drain	966	1249	284	100	1399	200	0	299	499	467	779
G5	oud	ja	zand	drain	836	1082	246	100	1211	176	0	235	411	424	742
G6	oud	nee	zand	drain	721	933	212	100	1045	168	0	226	395	473	825
G7	nieuw	ja	veen	drain	966	889	-77	0	1368	218	53	150	315	0	0
G8	oud	ja	veen	drain	836	769	-67	0	1184	176	44	108	241	0	0
G9	oud	nee	veen	drain	721	663	-58	0	1022	173	44	98	228	0	0
G10	nieuw	ja	klei	drain	966	1199	234	75	1595	509	23	161	647	305	1226
G11	oud	ja	klei	drain	836	1038	202	75	1381	444	0	112	556	246	1217
G12	oud	nee	klei	drain	721	895	174	75	1191	415	15	101	500	256	1270

Fresia.

Bedrijfs- type	Kas- type	Assimilatie- belichting	Grond- soort	Ontwatering	Evapo- transpiratie	Berege- ning	Beregenings- overschot	Org. mest kg N/ha	Kunst- mest	Denitrificatie bij		Gewas- afvoer		Bodemoverschot bij		NO ₃ mg/l bij	
										fS'hoog	fS'laag	fS'hoog	fS'laag	fS'hoog	fS'laag	fS'hoog	fS'laag
G1	nieuw	ja	zand	grondw	642	956	313	63	1070	109	0	843	181	290	256	410	
G2	oud	ja	zand	grondw	553	845	291	63	946	105	0	714	190	295	289	449	
G3	oud	nee	zand	grondw	467	694	228	63	777	83	0	600	157	240	306	468	
G4	nieuw	ja	zand	drain	642	850	207	63	951	95	0	843	77	171	164	366	
G5	oud	ja	zand	drain	553	716	163	63	802	84	0	714	66	151	181	411	
G6	oud	nee	zand	drain	467	604	137	63	676	79	0	600	60	139	195	449	
G7	nieuw	ja	veen	drain	642	591	-51	63	910	95	25	843	35	105	-	-	
G8	oud	ja	veen	drain	553	509	-44	63	784	90	24	714	43	109	-	-	
G9	oud	nee	veen	drain	468	431	-37	63	663	91	24	600	35	102	-	-	
G10	nieuw	ja	klei	drain	642	872	229	63	1220	369	361	843	71	80	138	154	
G11	oud	ja	klei	drain	558	693	135	63	970	266	243	714	53	77	174	251	
G12	oud	nee	klei	drain	468	581	113	63	814	233	191	600	44	86	171	336	

Bijlage IV.

**Verbruik voor N en P in kg ha⁻¹ met
standaardafwijking, mediaan en het
aantal bedrijven waar het gemiddelde
op gebaseerd is**

Teeltmethode	Groep	Gewas	Belichting	N-aanvoer	Nsdev	N_mediaan	Aantal bedrijven	P-aanvoer	P_sdev	P_mediaan	Aantal bedrijven
Grondteelten	overige groenten	RADIJS (86, 312 en 327)	Onbelicht	590	160	653	19	100	76	86	19
		SLA milieucuster SLA of aggr.culuster	Onbelicht	773	438	613	19	135	112	111	19
		BLADGEWASSEN (303, 304, 319, 323, 325, 328, 331, 333)									
intensieve bloemen	CHRYSANT Milieucuster		Belicht	1185	374	1136	24	107	92	104	23
			Onbelicht	1119	460	1067	138	95	86	71	139
extensieve bloemen	ALSTROEMERIA Milieucuster		Belicht	951	203	885	7	133	79	88	6
			Onbelicht	791	263	748	28	69	60	52	27
			Belicht	649	224	687	4	106	70	118	4
			Onbelicht	531	237	438	9	49	47	34	9
			Onbelicht	208	216	143	10	31	46	16	10
			Onbelicht	294	223	222	44	64	64	38	45
Substraatteelt	vruchtgroenten	AUBERGINE Milieucuster	Onbelicht	1786	462	1695	23	406	100	379	23
		COURGETTE Milieucuster	Onbelicht	1362	639	1417	6	267	123	271	4
		KOMKOMMER Milieucuster	Onbelicht	1870	510	1837	102	368	92	369	103
		PAPRIKA Milieucuster	Onbelicht	1443	415	1401	279	301	109	291	284
		TOMAAT Milieucuster	Onbelicht	1730	475	1689	229	376	130	376	234
overige groenten	AARDBEI Milieucuster	Onbelicht	506	241	480	51	118	67	105	50	
extensieve bloemen	ANTHURIUM Milieucuster		Onbelicht	283	80	279	44	92	38	80	45
		BOOMTEELT (30 t.m. 33)	Onbelicht	298	256	242	55	71	68	52	56
		ORCHIDEE CYMBIDIUM Milieucuster	Onbelicht	153	53	146	92	53	24	48	93

Teeltmethode	Groep	Gewas	Belichting	N-aanvoer	Nsdev	N_mediaan	Aantal bedrijven	P-aanvoer	P_sdev	P_mediaan	Aantal bedrijven	
Grond/ substraatteelt	intensieve bloemen	GERBERA Milieucluster	Belicht	1061	358	1061	9	348	125	358	9	
			Onbelicht	1132	363	1086	60	383	131	383	59	
		ROOS Milieucluster	Belicht	1290	518	1119	56	314	131	293	56	
			Onbelicht	1016	435	1043	153	245	131	245	154	
	extensieve bloemen	BOLBLOEMEN niet op pot OVERIG Milieucluster	Onbelicht	158	205	99	10	15	16	11	10	
			Onbelicht	381	246	356	60	39	59	14	62	
		FREESIA Milieucluster	Belicht	308	159	265	11	52	35	53	11	
			Onbelicht	341	199	331	69	47	50	28	70	
		onbekend	SIERTEELT OVERIG Milieucluster	Onbelicht	294	198	283	31	66	49	68	32
		overige bloemen	AMARYLLIS Milieucluster	Onbelicht	382	176	381	33	75	51	72	34
Potplanten	potplanten	KUIJPLANTEN (140 t.m. 145) PERKPLANTEN Milieucluster	Onbelicht	532	281	491	15	94	70	82	13	
			Onbelicht	301	190	265	23	63	50	52	20	
		POTPLANTEN (61 t.m.71)	Belicht	710	342	681	17	165	93	149	9	
	Potplanten uitgangsmaterialen	Potplanten uitgangsmaterialen	Onbelicht	477	313	412	417	121	86	108	422	
			Belicht	667	164	588	5	172	68	134	4	
		Onbelicht	318	204	295	23	89	70	81	23		

