

Nitraatuitspoeling naar het grondwater op de innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw bij Valtherbos 1992-1998

M.J.D. Hack-ten Broeke (Alterra)

N.L. van der Moot (WMD)

W.J.M. de Groot (Alterra)



Alterra-rapport 074, ISSN 1566-7197

Nitraatuitspoeling naar het grondwater op de innovatiebedrijven geïntegreerde
akkerbouw bij Valtherbos 1992-1998

Nitraatuitspoeling naar het grondwater op de innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw bij Valtherbos 1992-1998

M.J.D. Hack-ten Broeke (Alterra)

N.L. van der Moot (WMD)

W.J.M. de Groot (Alterra)

Alterra-rapport 074

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

Hack-ten Broeke, M.J.D., N.L. van der Moot en W.J.M. de Groot, 2000. *Nitraatuitspoeling naar het grondwater op de innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw bij Valtberbos 1992-1998*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 074. 42 blz. 9 fig.; 10 tab.; 15 ref.

Op twee innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw zijn in 1992-1998 nitraatconcentraties in het grondwater gemeten. Door de WMD is een nadere analyse uitgewerkt om te schatten welke bijdrage is geleverd door de verschillende weerjaren aan de onderzochte monsters. Een vertaling naar N-uitspoeling per jaar wordt gegeven. De gemeten nitraatconcentraties te Valtberbos liggen vooralsnog boven de drinkwaternorm van 50 mg/l nitraat. In de meetjaren 1997-1998 waren de concentraties lager dan in de hydrologisch vergelijkbare periode 1992-1993. De voor de gehele periode berekende N-uitspoeling vertoont geen directe relatie met de bemesting in het voorafgaande groeiseizoen of met Nmin-gehalten. De bedrijven te Valtberbos vertonen in de laatste jaren van de meetperiode overeenkomsten met het geïntegreerde bedrijfssysteem van proefbedrijf Borgerswold.

Trefwoorden: Drenthe, grondwaterbemonstering, nitraatconcentraties, praktijkbedrijven

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 30,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 074. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Schatting van nitraatuitspoeling (door WMD)	13
2.1 Opzet van het onderzoek	13
2.2 Problemen bij verwerking resultaten	13
2.3 Gekozen strategie	14
2.4 Praktische uitwerking	15
2.4.1 Grondwaterstanden	15
2.4.2 bepaling penetratie waterschijf	20
2.5 Resultaten	22
3 Analyse van de gegevens voor de twee bedrijven	27
3.1 Gemeten nitraatconcentraties	27
3.2 Uitspoeling	29
3.3 Effect van bemesting en N-mineraal in de bodem	30
4 Vergelijking met de nitraatconcentraties van proefbedrijf Borgerswold	33
4.1 Gemeten nitraatconcentraties op proefbedrijf Borgerswold	33
4.2 Vergelijking van de metingen op de WMD-bedrijven met de metingen te Borgerswold	34
5 Modelresultaten voor de periode 1992-1994	35
5.1 Modelbeschrijving en benodigde gegevens	35
5.2 Modelresultaten	36
6 Conclusies en aanbevelingen	39
Literatuur	41

Woord vooraf

De studie in dit rapport is uitgevoerd in opdracht van de provincie Drenthe en de Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD). De gebruikte gegevens zijn verkregen van de provincie, van de WMD of van het Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt (PAV) te Lelystad. Een deel van het werk (hoofdstuk 2) is bovendien uitgevoerd door de WMD. In het rapport wordt melding gemaakt van eerder uitgevoerd modelonderzoek. Dit is indertijd gedaan door ir. J.P. Dijkstra, werkzaam bij DLO-Staring Centrum (SC-DLO), als onderdeel van het project 'Stikstofemissie naar grond- en oppervlaktewater van geïntegreerde bedrijfssystemen in de akkerbouw'.

Samenvatting

In 1990 startte het landelijke project 'innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw', om geïntegreerde akkerbouw op praktijkbedrijven in te voeren, te testen en te beproeven op haalbaarheid. Binnen dat kader werd op twee bedrijven in het Noordoostelijk zandgebied een project gestart, gericht op het ontwikkelen van geïntegreerde bedrijfssystemen voor grondwaterbeschermingsgebieden (samenwerkingsproject Waterleiding Maatschappij Drenthe (WMD), PAV, DLV en Provincie Drenthe). Gedurende de periode 1992-1998 zijn metingen verricht aan het grondwater. De gemeten nitraatconcentraties worden besproken in dit rapport.

Vanwege grote fluctuaties in de grondwaterniveaus gedurende de meetperiode en het feit dat er gebruik is gemaakt van vaste bemonsteringsbuizen met een filter van ca. 3 m is grondwater bemonsterd van verschillende diepten, afhankelijk van het grondwaterniveau ten tijde van de bemonstering. Dat bemonsterde grondwater kan daarmee afkomstig zijn van verschillende jaren. Door de WMD is daarom een nadere analyse uitgewerkt. Allereerst zijn daartoe voor alle meetlocaties grondwaterstandsreeksen gegenereerd met behulp van referentiebuizen. Vervolgens is de waterbeweging in de onverzadigde zone en het bovenste grondwater geschat op basis van neerslag en verdamping in de relevante jaren. Onder aanname van alleen verticale waterbeweging, kan geschat worden welk water is bemonsterd en welke bijdrage is geleverd door de verschillende jaren aan de onderzochte monsters. Een vertaling naar N-uitspoeling per jaar wordt gegeven.

Vervolgens is onderzocht of er een eenduidige relatie is tussen landbouwkundig handelen en de berekende uitspoeling. De WMD-bedrijven werden gezien als 'volgbedrijven' van het geïntegreerde proefbedrijf Borgerswold. Daarom is een vergelijking gemaakt tussen de resultaten van de twee bedrijven in Valtherbos en de resultaten van proefbedrijf Borgerswold, waarvoor gegevens beschikbaar zijn voor de periode 1990-1996. In een eerder stadium zijn modelberekeningen uitgevoerd voor de innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw, inclusief de twee bedrijven bij Valtherbos. Hier wordt kort aandacht aan besteed.

De gemeten nitraatconcentraties op twee praktijkbedrijven te Valtherbos liggen vooralsnog boven de drinkwaternorm van 50 mg/l nitraat (=11,3 mg/l nitraat-N). In de laatste meetjaren (1997-1998) waren de concentraties duidelijk lager dan in de hydrologisch vergelijkbare periode 1992-1993. Dit is conform de verwachtingen gebaseerd op de bedrijfsresultaten rond N-bemesting en N-verliezen.

De probleemstelling van de studie in dit rapport is of de vraag beantwoord kan worden of de bedrijfsvoering van twee praktijkbedrijven geïntegreerde akkerbouw bij Valtherbos resulteert in een nitraatuitspoeling naar het grondwater zodanig dat de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater lager is dan de norm voor drinkwater van 50 mg/l. Het antwoord op die vraag is dat dit vooralsnog niet is gelukt, maar dat de concentraties duidelijk gedaald zijn. Deze daling is in

overeenstemming met de bedrijfsresultaten en met name de verminderde stikstofoverschotten van de beide bedrijven.

De voor de gehele periode berekende N-uitspoeling vertoont geen directe relatie met de bemesting in het voorafgaande groeiseizoen. Ditzelfde geldt voor nitraat-uitspoeling en Nmin-gehalten. Dit kan worden veroorzaakt door de onzekerheden rondom de aannames bij de berekening van de uitspoeling of door onderschatting van het belang van andere processen zoals mineralisatie en denitrificatie.

De vergelijking met de metingen op proefbedrijf Borgerswold in dezelfde periode en op vergelijkbare bodemtypen en grondwatersituaties laat zien dat de bedrijven te Valtherbos in de laatste jaren van de meetperiode overeenkomsten vertonen met het geïntegreerde bedrijfssysteem van het proefbedrijf.

De met SWAP93 en ANIMO uitgevoerde simulaties voor de jaren 1992-1993 vertonen een redelijke overeenkomst met de metingen. De langere meetreeks, die intussen beschikbaar is, biedt de mogelijkheid tot een betere modelcalibratie en zelfs een modelvalidatie. Hiermee kan inzicht worden verkregen in de totale water- en stikstofhuishouding en daarmee in alle relevante processen en hoe deze zich verhouden tot bijvoorbeeld de N-aanvoer en de meetresultaten. Als er belangstelling voor bestaat om te onderzoeken hoe een bedrijfssysteem te Valtherbos zou kunnen voldoen aan de drinkwaternorm van 11,3 mg/l nitraat-N, verdient het aanbeveling om dergelijke modelstudies uit te voeren, gevolgd door scenarioberekeningen met aanpassingen in het bedrijfsmanagement.

1 Inleiding

In 1990 startte het landelijke project 'innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw', een samenwerking van praktijk, onderzoek en voorlichting om geïntegreerde akkerbouw op praktijkbedrijven in te voeren, te testen en te beproeven op haalbaarheid en niveau van resultaten. Binnen datzelfde kader werd specifiek voor het Noordoostelijk zandgebied een project gestart, gericht op het ontwikkelen van geïntegreerde bedrijfssystemen voor groundwaterbeschermingsgebieden (samenwerkingsproject Waterleiding Maatschappij Drenthe (WMD), PAV, DLV en Provincie Drenthe). De resultaten van dit samenwerkingsproject worden beschreven door Zwart-Roodzant et al. (2000). Twee bedrijven verklaarden zich bereid mee te werken en draaiden de eerste drie jaar (1991 t/m 1993) mee in het kader van het project 'innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw' en daarna nog vier jaar (1994 t/m 1997) onder een eigen stuurgroep. Gedurende die gehele periode zijn metingen verricht aan het grondwater. De gemeten nitraatconcentraties worden besproken in dit rapport.

In eerste instantie werd ervan uitgegaan dat elk jaar in het voorjaar het bovenste grondwater was bemonsterd. Vanwege grote fluctuaties in de grondwaterniveaus gedurende de meetperiode en het feit dat er gebruik is gemaakt van vaste bemonsteringsbuizen met een filter van ca. 3 m is water bemonsterd van verschillende diepten, afhankelijk van het grondwaterniveau ten tijde van de bemonstering. In het eerstvolgende hoofdstuk is daarom een nadere analyse uitgewerkt door de WMD. Onder aanname van alleen verticale waterbeweging in de bodem en het bovenste grondwater, kan geschat worden welk water is bemonsterd. Een vertaling naar N-uitspoeling per jaar wordt gegeven.

In hoofdstuk 3 worden de meetgegevens nog eens op een rijtje gezet en wordt met de berekende gegevens uit hoofdstuk 2 en gegevens van PAV onderzocht of er een eenduidige relatie is tussen landbouwkundig handelen en de berekende uitspoeling. De WMD-bedrijven werden gezien als 'volgbedrijven' van het geïntegreerde proefbedrijf Borgerswold. Daarom wordt, voor zover mogelijk, een vergelijking gemaakt in hoofdstuk 4 tussen de resultaten van de twee bedrijven in Valtherbos en de resultaten van proefbedrijf Borgerswold, waarvoor gegevens beschikbaar zijn voor de periode 1990-1996. In een eerder stadium zijn modelberekeningen uitgevoerd voor de innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw, inclusief de twee bedrijven bij Valtherbos. Hierover is nog niet eerder gerapporteerd. In hoofdstuk 5 wordt hier kort aandacht aan besteed.

De probleemstelling van de studie in dit rapport is of de vraag beantwoord kan worden of de bedrijfsvoering van twee praktijkbedrijven geïntegreerde akkerbouw bij Valtherbos resulteert in een nitraatuitspoeling naar het grondwater zodanig dat de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater lager is dan de norm voor drinkwater van 50 mg/l.

2 Schatting van nitraatuitspoeling (door WMD)

2.1 Opzet van het onderzoek

In de periode 1992 tot en met 1998 zijn zeven percelen in Zuidoost Drenthe betrokken geweest bij het project 'Geïntegreerde Landbouw Valtherbos'. Ieder van de percelen is in het voorjaar van 1992 voorzien van acht vaste bemonsteringsbuizen. De monsterbuizen bevatten 3 m filter en dat betekent voor een aantal lokaties dat de gehele monsterbuizen bestaan uit geperforeerd filtertraject. De bemonsteringen van de buizen vonden ieder jaar plaats in het voorjaar. De acht monsters per perceel zijn telkens individueel geanalyseerd. Per perceel is uit de acht analyse-waarden per parameter een gemiddelde concentratie berekend.

Bij drie percelen is tevens een referentiebuys geplaatst, waarin tweemaal per maand (rond de 14^e en de 28^e van de maand) de grondwaterstand is opgenomen. De opname van de grondwaterstand vond alleen plaats gedurende de periode juni 1992 tot en met mei 1995.

2.2 Problemen bij verwerking resultaten

Doordat het vaste buizen betreft met ca. 3 m filter is het getrokken grondwatermonster afkomstig van een waterschijf met een dikte die bepaald werd door de (vaste) onderkant van het filter en de (variabele) grondwaterstand. Het is dan ook waarschijnlijk dat het bemonsterde water in een aantal situaties van meerdere meteorologische jaren afkomstig was. Verder zijn alle waarnemingsbuizen per perceel niet allemaal even diep. Met name op bij de percelen 5, 7a en 7b zijn grote verschillen te vinden (zie tabel 1)

Tabel 1 Diepte van de onderkant van waarnemingsbuizen 1 t/m 8 per perceel (m - mv.)

Buis-nummer	Bedrijf A			Bedrijf B			
	Perceel 2	Perceel 8	Perceel 9	Perceel 3	Perceel 5	Perceel 7a	Perceel 7b
1	7,18	2,77	2,97	3,98	14,68	2,00	2,35
2	7,39	2,96	2,97	3,96	14,13	2,80	2,98
3	7,39	2,95	2,96	3,95	14,31	2,43	3,03
4	7,45	2,81	2,97	3,92	14,40	2,98	2,91
5	7,41	2,60	2,97	3,95	13,05	3,00	3,05
6	7,18	2,79	3,00	3,97	13,19	3,00	2,91
7	7,40	2,94	2,96	3,97	13,02	2,77	2,75
8	7,38	2,95	2,96	3,96	13,12	3,00	-
gemiddeld	7,35	2,85	2,97	3,96	13,74	2,75	2,85

De dikte van de bemonsterde waterschijf is, behalve van de onderkant van de filters, afhankelijk van de grondwaterstand. Deze is echter slechts gedurende een beperkte periode van drie jaar waargenomen in slechts drie bij de betrokken percelen geplaatste referentiebuizen. Eén referentiebuys bevond zich op de grens tussen twee

percelen. Hierdoor zijn de grondwaterstanden voor vier percelen bekend, gedurende de betreffende periode van drie jaar.

2.3 Gekozen strategie

Per perceel wordt uit de acht waarnemingsputten een gemiddelde concentratie berekend. Daarom wordt per perceel ook gewerkt met een gemiddelde diepte van de waarnemingsfilters. Als de diepte van de waarnemingsfilters per perceel forse afwijkingen vertoont, heeft dit uiteraard invloed op de berekende resultaten. Op basis van de grondwaterstand en de gemiddelde diepte van de waarnemingsfilters kan voor ieder jaar worden vastgesteld hoe dik de gemiddelde bemonsterde waterschijf is geweest. Op basis van het jaarlijkse neerslagoverschot kan worden bepaald hoeveel water in de periode tussen twee bemonsteringen het grondwater heeft gevoed (dus hoe dik de waterschijf is die het grondwater heeft gevoed).

Aan de hand van bovenstaande gegevens kan worden geschat hoe diep opeenvolgende waterschijven in de ondergrond zijn gepenetreerd. Hiermee kan worden geschat hoeveel water met de daarmee uitgespoelde stoffen uit een bepaald meteorologische jaar heeft bijgedragen aan de geanalyseerde parameterwaarden. Op deze wijze kan voor een bemonstering een vergelijking worden opgesteld, waarin de verhouding van de bijdrage van de verschillende jaren aan het grondwatermonster wordt beschreven.

Dus voor het monster uit jaar 'i' geldt:

$$Conc_i^{lab} = D_i \cdot conc_i + D_{i-1} \cdot conc_{i-1} + D_{i-2} \cdot conc_{i-2} + etc.$$

Hierin is:

- $Conc_i^{lab}$ = perceelsgemiddelde concentratie van de in jaar 'i' in het laboratorium bepaalde concentratie van de afzonderlijke 8 grondwatermonsters (mg/l)
- D_i = de dikte van de waterschijf die de periode tussen de bemonstering in jaar 'i' en de bemonstering in het jaar daarvoor aan het grondwatermonster heeft bijgedragen (m)
- $conc_i$ = de concentratie van de parameter in de waterschijf die de periode tussen de bemonstering in jaar 'i' en de bemonstering in het jaar daarvoor aan het grondwatermonster heeft bijgedragen (mg/l)

Voor ieder bij het onderzoek betrokken jaar kan een dergelijke vergelijking worden opgesteld. Hierdoor ontstaan een stelsel van vergelijkingen van de volgende vorm:

$$(1) \quad Conc_i^{lab} = D_i \cdot conc_i + D_{i-1} \cdot conc_{i-1} + D_{i-2} \cdot conc_{i-2} + etc.$$

$$(2) \quad Conc_{i+1}^{lab} = D_{i+1} \cdot conc_{i+1} + D_i \cdot conc_i + D_{i-1} \cdot conc_{i-1} + etc.$$

$$(3) \quad Conc_{i+2}^{lab} = D_{i+2} \cdot conc_{i+2} + D_{i+1} \cdot conc_{i+1} + D_i \cdot conc_i + etc.$$

(.)

(etc)

Indien het stelsel uit evenveel onafhankelijke vergelijkingen bestaat als onbekenden, kan dit stelsel eenduidig worden opgelost.

Als de uitgespoelde concentraties van de afzonderlijke jaren geschat zijn, kan hieruit de stikstofuitspoeling in kg per ha worden berekend aan de hand van de volgende formule:

$$M = \frac{conc \cdot N}{100 \cdot K}$$

met:

M = uitgespoelde hoeveelheid stikstof (kg/ha)

$conc$ = uitgespoelde hoeveelheid nitraat (mg/l)

N = neerslagoverschot (mm)

K = constante (=4,4268) die de verhouding in moleculair gewicht tussen nitraat en stikstof aangeeft

2.4 Praktische uitwerking

Om de gekozen strategie te kunnen uitwerken, moeten een aantal gesignaleerde problemen worden opgelost. In deze paragraaf zal worden aangegeven op welke wijze de problemen zo goed als praktisch mogelijk was, het hoofd is geboden.

2.4.1 Grondwaterstanden

De grondwaterstanden zijn bij slechts vier percelen geregistreerd gedurende een betrekkelijk korte periode van drie jaar. Om voor de jaren dat het grondwater is bemonsterd de dikte van de bemonsterde waterschijf te kunnen benaderen is voor ieder jaar een (benadering) van de grondwaterstand noodzakelijk. Daarvoor is in de wijde omgeving van Valtherbos/Emmen gezocht naar een peilbuis die in ieder geval vanaf circa 1989 continu waargenomen is en waarvan het verloop van de grondwaterstand in de tijd synchroon loopt met die in de referentiebuizen. Als dergelijke buizen te vinden zijn, kan via regressie-analyse rekenkundige relatie worden gelegd tussen de waarnemingen in de referentiebuis en de gevonden buis. Dit blijkt redelijk betrouwbare resultaten te hebben opgeleverd. De gevonden relaties staan in tabel 2. De resultaten worden grafisch weergegeven in de afbeeldingen 1a, 1b, en 1c.

Tabel 2 Relaties voor berekening van grondwaterstanden

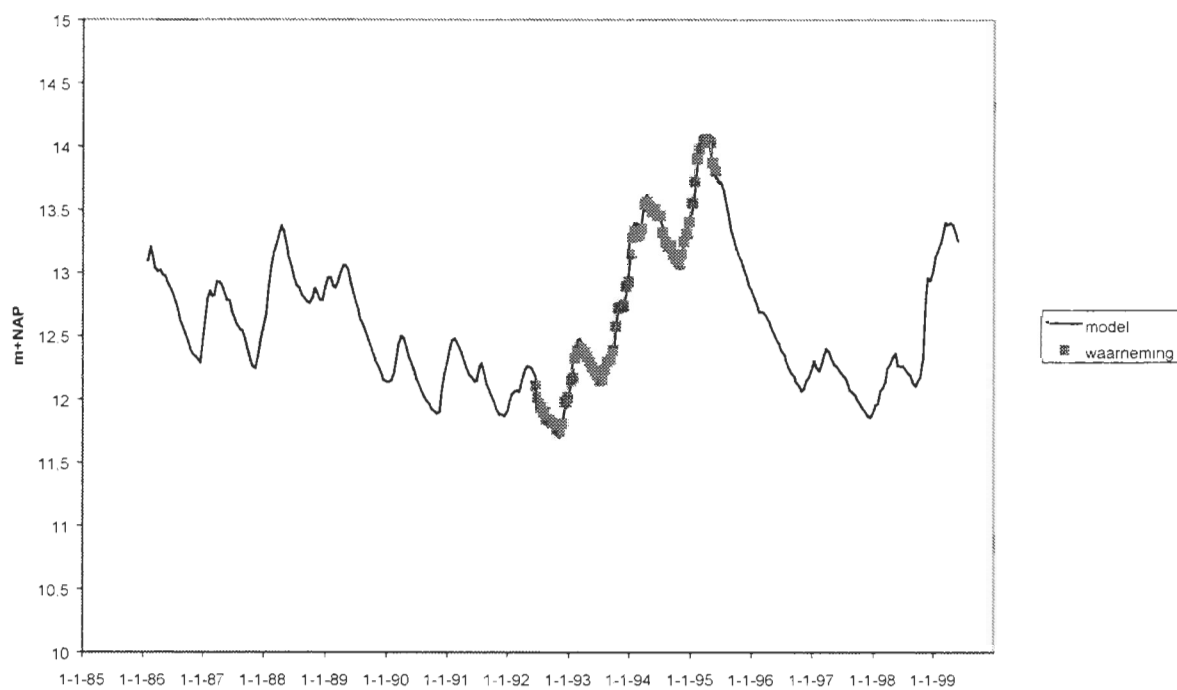
Referentiebuis (bij perceel # van:)	Regressiebuis	Wiskundige relatie
2 bedrijf A	VBWP 45	$REF_{i,model} = -3,330 + 0,830 \cdot P_i + 0,198 \cdot P_{i-14}$
8/9 bedrijf A	VBWP 56	$REF_{i,model} = 0,836 + 1,360 \cdot P_i - 0,415 \cdot P_{i-14}$
3 bedrijf B	EMWP O	$REF_{i,model} = 7,260 + 0,980 \cdot P_i$

Met:

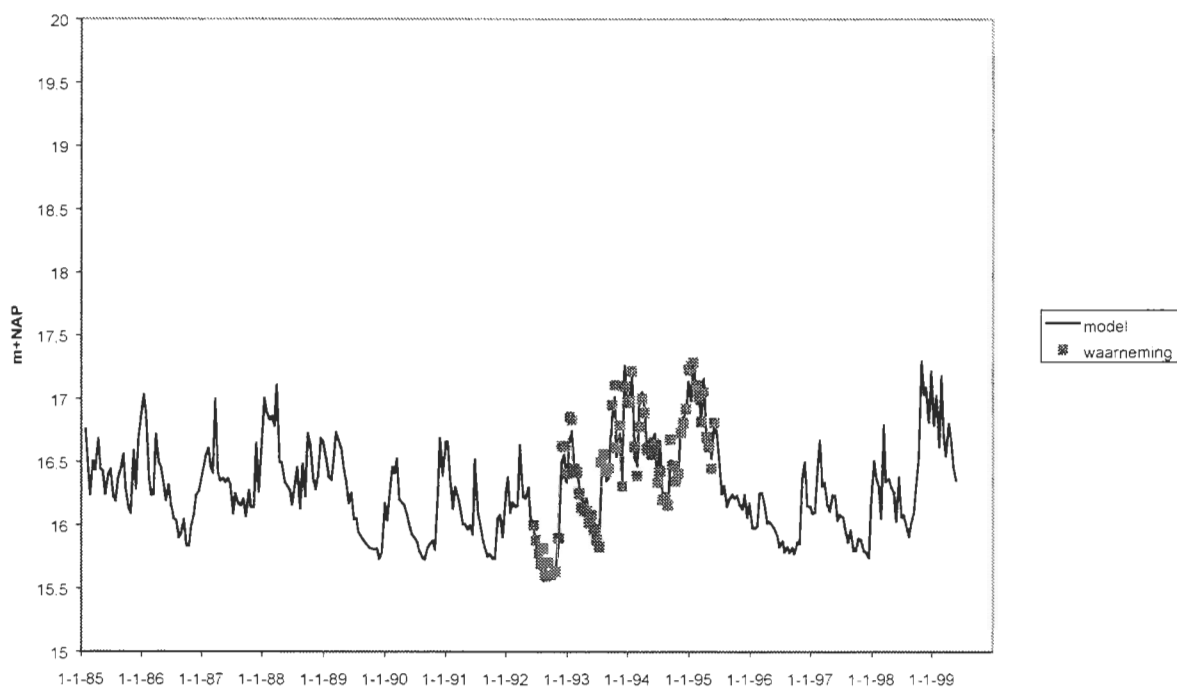
$REF_{i,model}$ benaderde grondwaterstand op datum 'i'

P_i waargenomen grondwater op datum 'i' in de regressiebuis

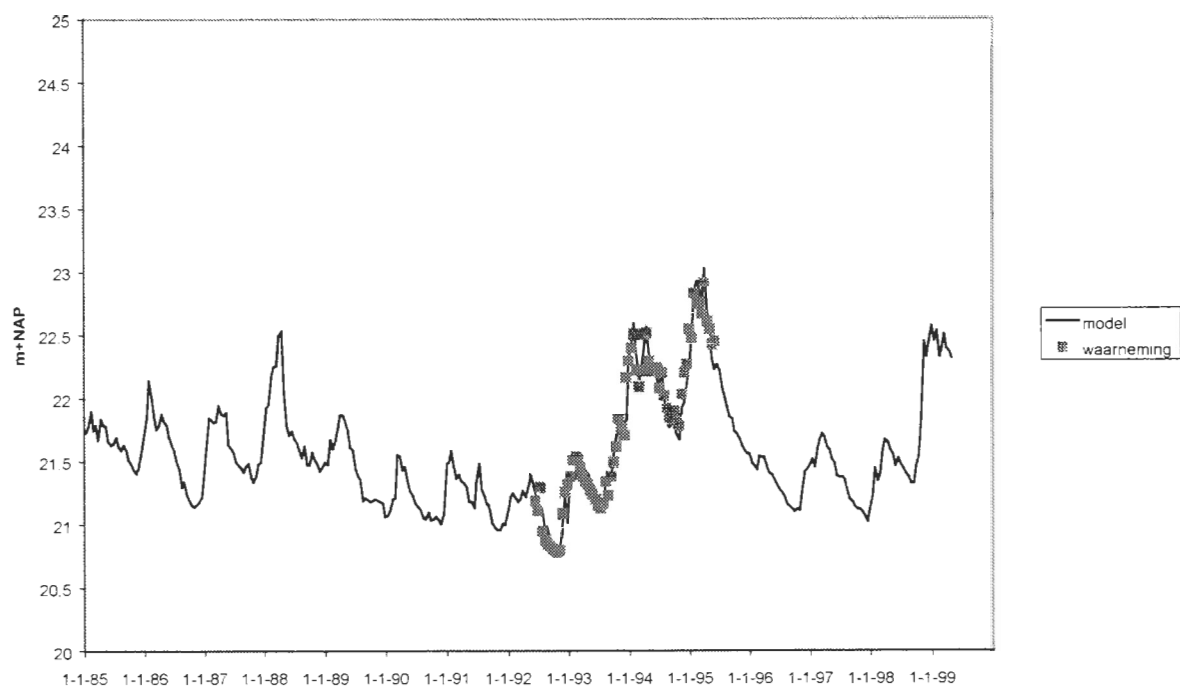
P_{i-14} waargenomen grondwater op datum 'i minus 14 dagen' in de regressiebuis



Figuur 1a referentiebuys bij pier 2 (bedrijf A)



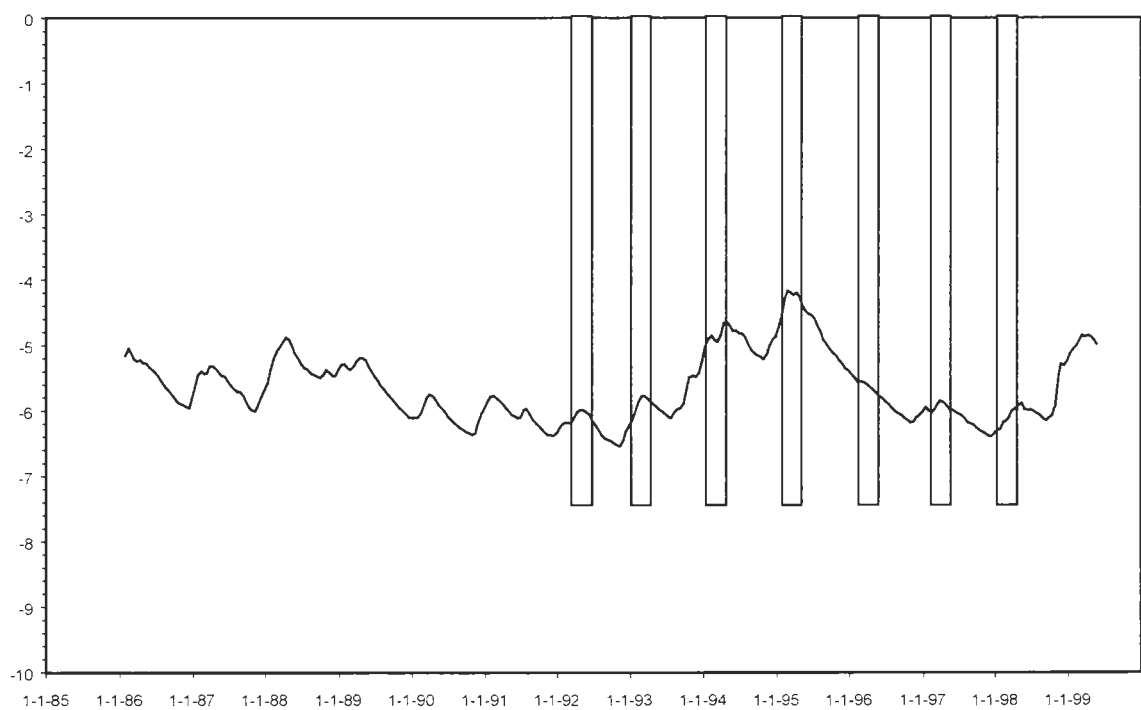
Figuur 1b referentiebuys bij pier 8 en 9 (bedrijf A)



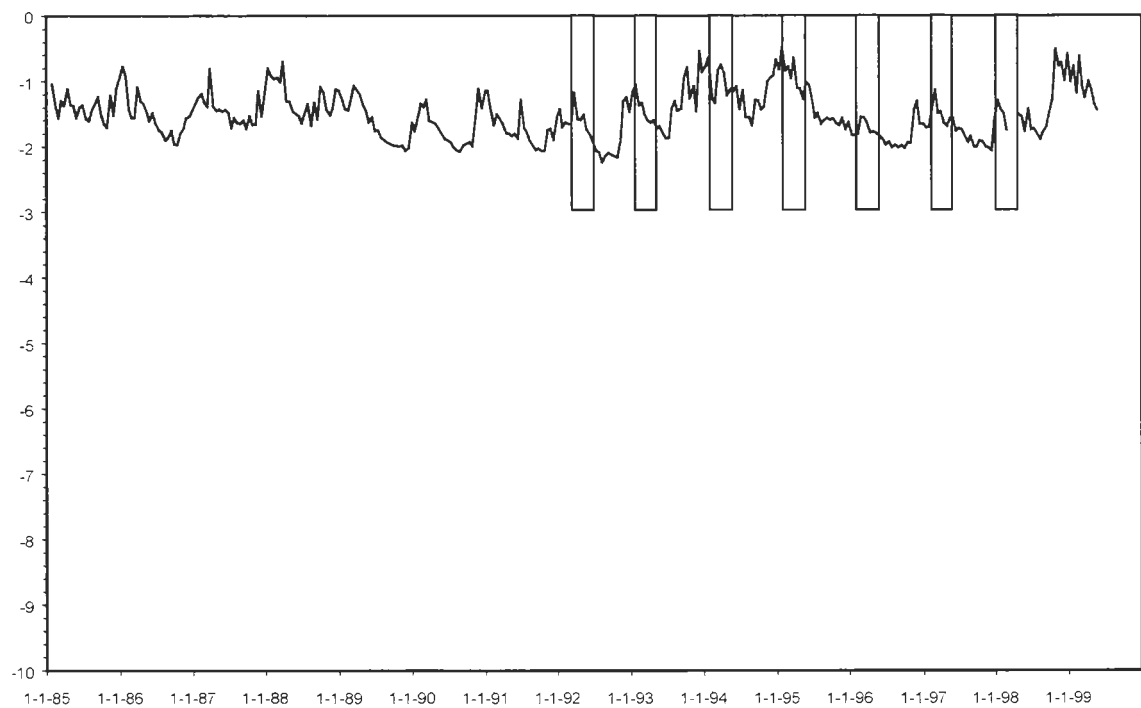
Figuur 1: referentiebuiz bij perceel 3 (bedrijf B)

Op basis van de regressie-analyse zijn de grondwaterstanden ten opzichte van NAP goed te reconstrueren. Wat evenwel nodig is, zijn de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld. Tijdens de eerste monsterneming is de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld opgenomen. Op basis van deze waarneming is een schatting gemaakt van het gemiddeld maaiveldniveau per perceel. Op basis hiervan zijn bovenstaande grondwaterstandsreeksen omgezet naar grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld. Deze resultaten staan weergegeven in de figuren 2a, 2b en 2c.

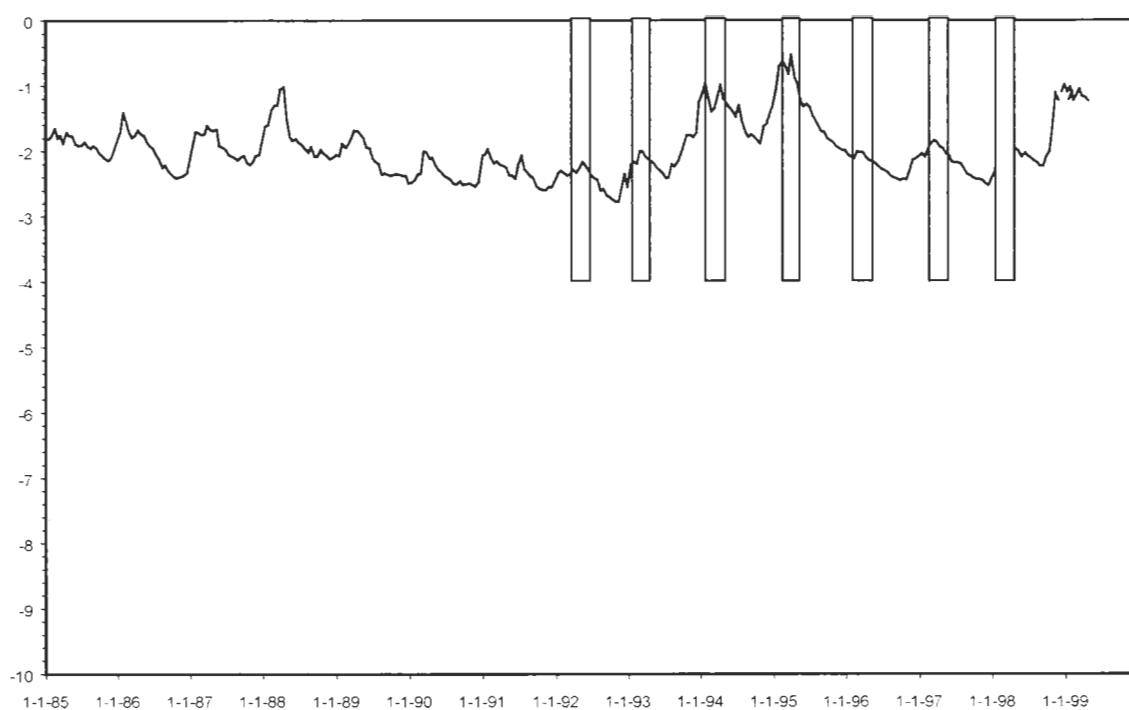
Bij de percelen 5, 7a en 7b van bedrijf B zijn geen referentiebuizen waargenomen. Voor deze percelen is het grondwaterstandsverloop over de betreffende periode geschat op basis van de waargenomen grondwaterstanden in nabij gelegen peilputten. Voor perceel 5 betreft het de waarnemingsput EMWP-C van de WMD. Voor de percelen 7a en 7b is het gemiddelde grondwaterstandsverloop van de provinciale peilbuizen 18CL0002 en 18CL0029 genomen. De reeks grondwaterstanden is telkens zover naar boven of beneden verschoven, totdat de grondwaterstand in mei 1992 ongeveer samenvalt met de gemiddelde grondwaterstand op het betreffende perceel tijdens de eerste bemonsteringsronde. De betreffende grondwaterstandsreeksen staan weergegeven in de afbeeldingen 2d en 2e.



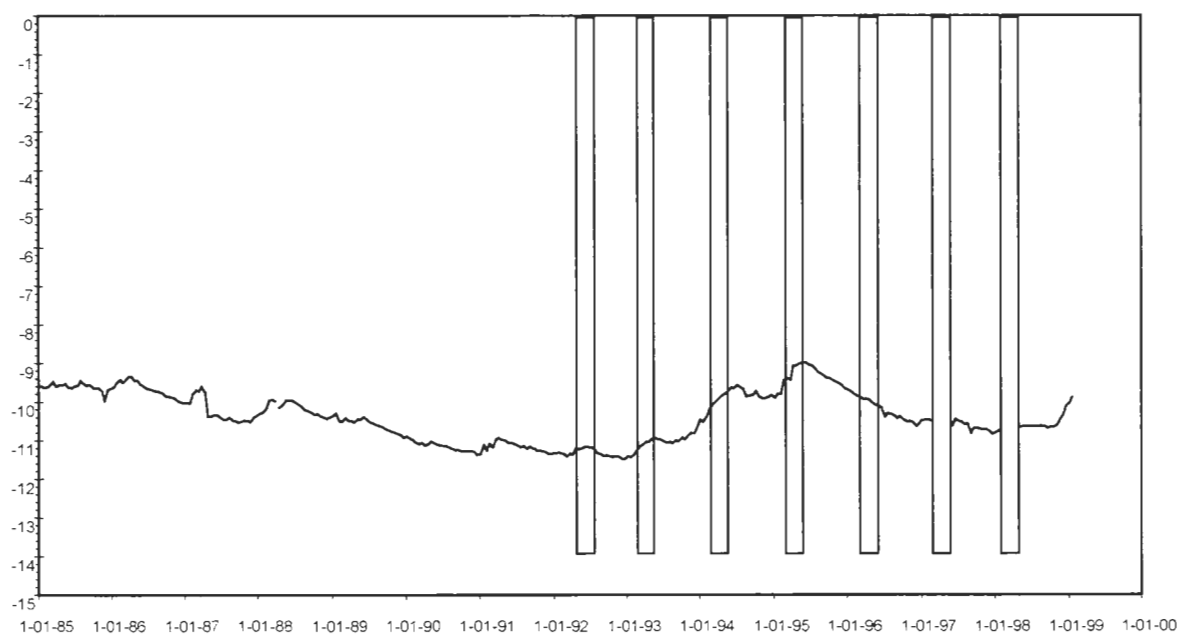
Figuur 2a referentiebus bij perceel 2 t.o.v. maaiveld (bedrijf A)



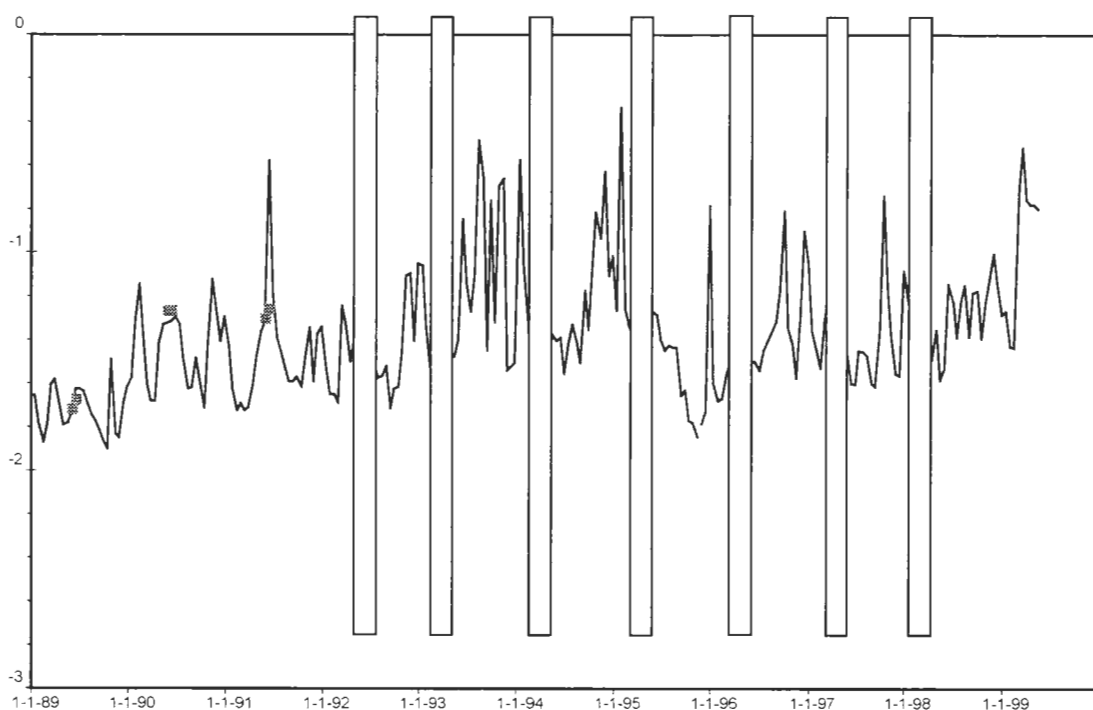
Figuur 2b referentiebus bij perceel 8 en 9 t.o.v. maaiveld (bedrijf A)



Figuur 2c referentiebuïs bij perceel 3 t.o.v. maaiveld (bedrijf B)



Figuur 2d grondwaterstandsverloop bij perceel 5 t.o.v. maaiveld (bedrijf B), gebaseerd op put EMWP-C



Figuur 2e grondwaterstandsverloop bij de percelen 7a en 7b t.o.v. maaierveld (bedrijf B), gebaseerd op putten 18CL0002 en 18CL0029

In de figuren is met de gemiddelde lengte van de bemonsteringsfilters voor de betreffende percelen aangegeven op welke momenten de buizen zijn bemonsterd. Hieruit is direct te zien dat de dikte van de bemonsterde waterschijf per jaar aanzienlijk kan verschillen.

2.4.2 bepaling penetratie waterschijf

De diepte beneden de grondwaterspiegel tot waar een waterschijf in een bepaalde periode kan penetreren, kan worden bepaald aan de hand van de volgende formule (afgeleid van een formule van Stuyfzand (1993)):

$$D_t = \frac{(\sum N - h \cdot V)}{por} - c$$

Met:

- D_t = penetratie-diepte beneden de grondwaterspiegel na T jaren (m)
- $\sum N$ = sommatie van de neerslagoverschotten gedurende T jaren (m)
- h = dikte van de onverzadigde zone (=grondwaterstand minus de dikte van de capillaire zone) op het moment dat de penetratiediepte wordt bepaald (m)
- V = gemiddelde vochtgehalte in de onverzadigde zone (-)
- por = porositeit (-)
- c = dikte van de capillaire zone (m)

Hierbij zijn in eerste instantie de volgende constante parameterwaarden aangehouden:

$p_{or} = 0,20$; $V = 0,1$; $c = 0,2$ m

De dikte van de onverzadigde zone varieert ieder jaar, als gevolg van de variatie in de grondwaterstand. Per jaar wordt deze bepaald door de grondwaterstand in m – mv. te verminderen met de dikte van de capillaire zone. Het neerslagoverschot wordt ieder jaar bepaald volgens:

$N = P - f \cdot E$

Met:

- N = neerslagoverschot (m)
- P = neerslag (m)
- E = verdamping (referentie-gewasverdamping volgens Makkink) (m)
- f = gewasfactor (behorende bij de referentie-gewasverdamping volgens Makkink) (-)

Om het neerslagoverschot te bepalen moeten de drie parameters waarvan de waarden jaarlijks variëren, bekend zijn. Zowel de neerslag- als de verdampingcijfers zijn afkomstig van het KNMI (meteo-station Eelde). De maandelijkse gewasfactoren (Werkgroep, 1988) worden jaarlijks gerelateerd aan de geteelde gewassen volgens opgave van de betreffende landbouwers (zie tabel 3).

Tabel 3 Geteelde gewassen op de onderzoeksperven van de twee bedrijven in de periode 1989-1998

	Percelen bedrijf A			Percelen bedrijf B			
	perceelnummer:			Perceelnummer:			
	2	8	9	3	5	7a	7b
1989	Aardappel	Aardappel	Suikerbiet	Erwt	Aardappel	Haver	Suikerbiet
1990	Suikerbiet	Suikerbiet	Aardappel	Aardappel	Aardappel	Suikerbiet	Aardappel
1991	Winterrogge	Aardappel	Suikerbiet	Suikerbiet	Wintertarwe	Suikerbiet	Suikerbiet
1992	Aardappel	Suikerbiet	Grasbraak	Zomertarwe	Suikerbiet	Aardappel	Aardappel
1993	Grasbraak	Haver	Aardappel	Suikerbiet	Zomertarwe	Zomertarwe	Zomertarwe
1994	Suikerbiet	Aardappel	Zomergerst	Wintertarwe	Aardappel	Suikerbiet	Suikerbiet
1995	Grasbraak	Zomertarwe	Suikerbiet	Aardappel	Graszaad	Wintertarwe	Wintertarwe
1996	Aardappel	Suikerbiet	Aardappel	Zomergerst	Suikerbiet	Aardappel	Aardappel
1997	Zomergerst	Aardappel	Zomergerst	Suikerbiet	Graszaad	Zomertarwe	Zomertarwe

Gedurende de zomermaanden overtreft de verdamping de hoeveelheid neerslag. Bij ondiepe grondwaterstanden kan door capillaire nalevering het gewas vanuit het grondwater van water worden voorzien. Hierdoor kan een negatief neerslagoverschot ontstaan. Bij diepe grondwaterstanden reikt de capillaire zone niet tot in de wortelzone. Het gewas kan dan niet via capillaire nalevering van water worden voorzien. Bij diepe grondwaterstanden is dan ook aangenomen dat een negatief neerslagoverschot niet optreedt. Indien op basis van de neerslag en gewasverdamping

in een maand een negatief neerslagoverschot wordt berekend, is het neerslagoverschot die maand op 0 gesteld. Gedurende deze perioden zal het perceel berekend worden om het neerslag tekort aan te vullen. Aangenomen is dat deze berekening niet zo intensief is dat er gedurende deze maanden het grondwater weer gevoed wordt door de berekening.

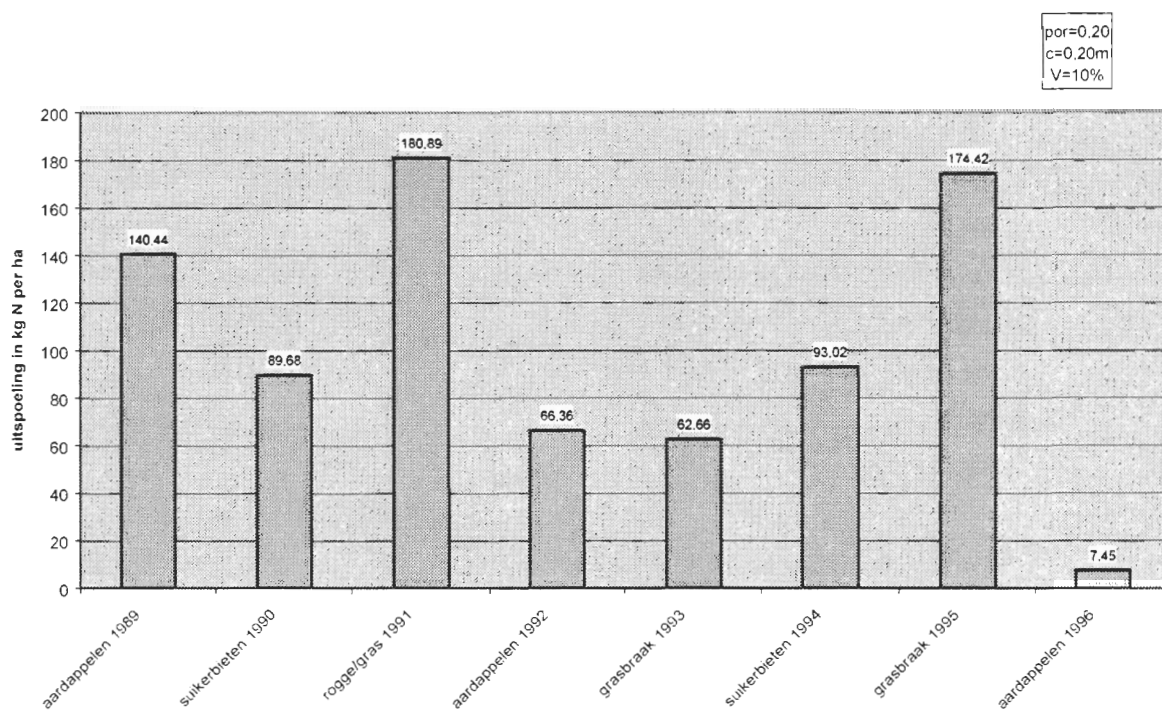
Gedurende de wintermaanden liggen de akkerbouwpercelen braak (behalve als er wintergraan wordt verbouwd). Voor zwarte braakgronden wordt gedurende de wintermaanden een gewasfactor van 0,8 (volgens Makkink) aangehouden. Volgens Koopmans (1999) moet de gewasfactor van braak liggende grond in de buurt van 1,0 liggen. Het referentiegewas gras groeit dan niet; er treedt alleen interceptieverdamping op. Het referentiegewas wordt echter kort gehouden, waardoor de interceptie zeer laag is. De referentiegewasverdamping moet dus in de buurt liggen van die van braak liggende grond.

2.5 Resultaten

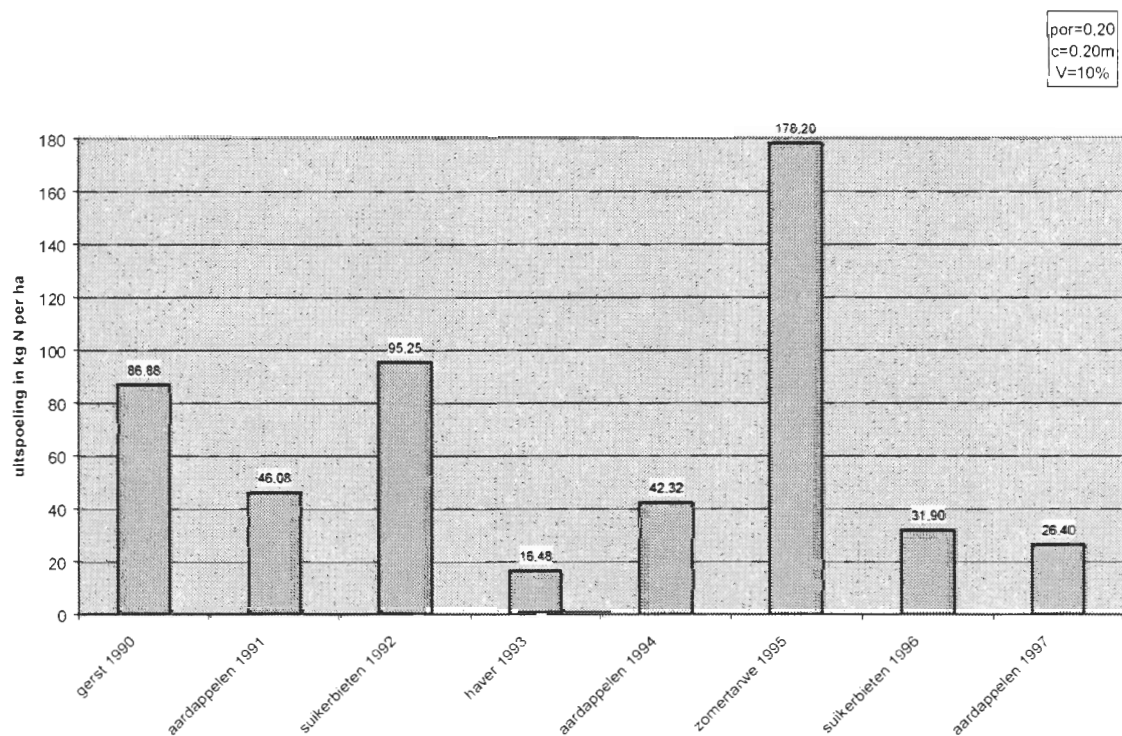
Indien op de hierboven beschreven wijze de nitraatuitspoeling in kg wordt bepaald, komen nog twee problemen om de hoek kijken. Het eerste probleem is dat, behalve bij perceel 3 van bedrijf B, het aantal onbekenden het aantal vergelijkingen met 1 overtreft. Hierdoor is het noodzakelijk om de uitspoeling gedurende 1 jaar te schatten en als vast te veronderstellen. Hierbij is gepoogd de uitspoeling in dit gekozen jaar af te stemmen op de berekende gemiddelde stikstofverliezen voor dat jaar en bedrijf (lit.[2]). Dit is alleen gelukt bij perceel 2 van bedrijf A. Verder moest bij de percelen 8 en 9 van bedrijf A, gedurende 2 jaren de uitspoeling vast verondersteld worden; in het geval van perceel 8 ontstonden 2 gescheiden stelsels met ieder 1 onbekende teveel, terwijl in het geval van perceel 9 twee stelsels ontstonden waarvan er één kon worden opgelost, maar de ander 2 onbekenden teveel bezat.

Het tweede probleem is dat de berekende oplossing afhankelijk is van de gekozen parameterwaarden voor het vochtgehalte in de onverzadigde zone (V), de dikte van de capillaire zone (c) en de porositeit (por). Na het analyseren van de gevoeligheid op de uitkomsten van deze parameterwaarden is besloten om deze op de initiële waarden te handhaven. Bij variatie van de parameterwaarden kunnen leiden tot negatieve concentraties, als oplossing van het stelsel vergelijkingen. Het is niet gelukt per perceel een combinatie te vinden waarbij het patroon in de uitspoeling per jaar beter aansluit bij de praktijk.

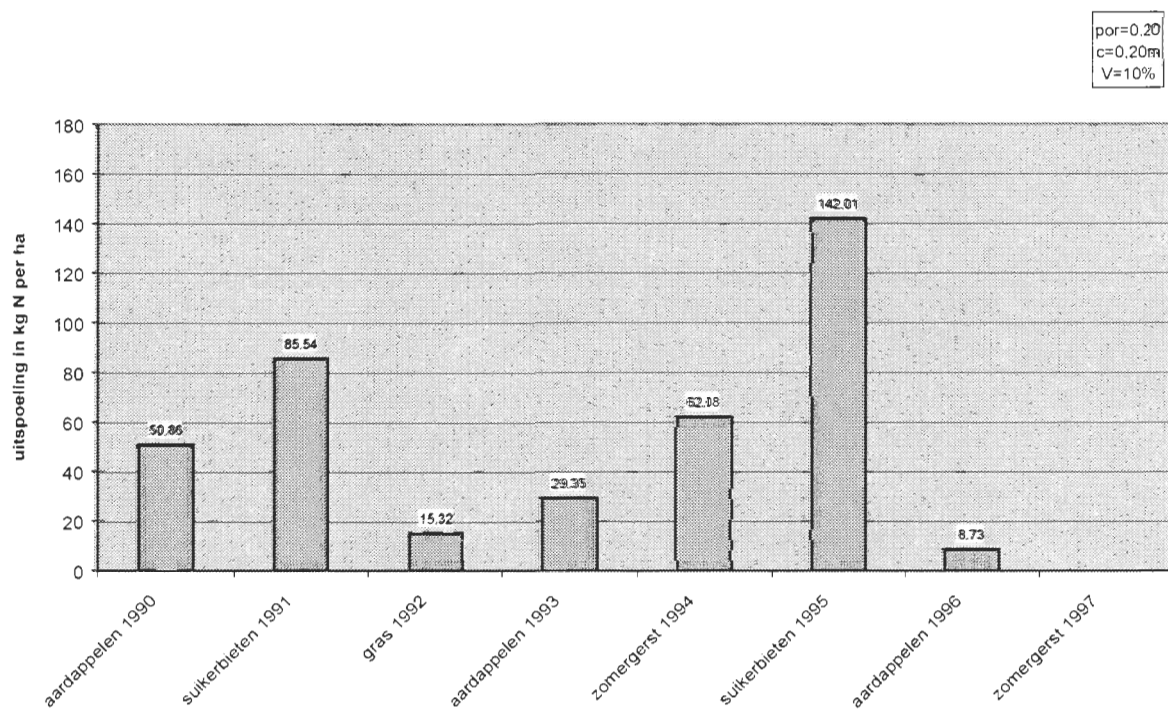
De resultaten worden gepresenteerd in de figuren 3a-g.



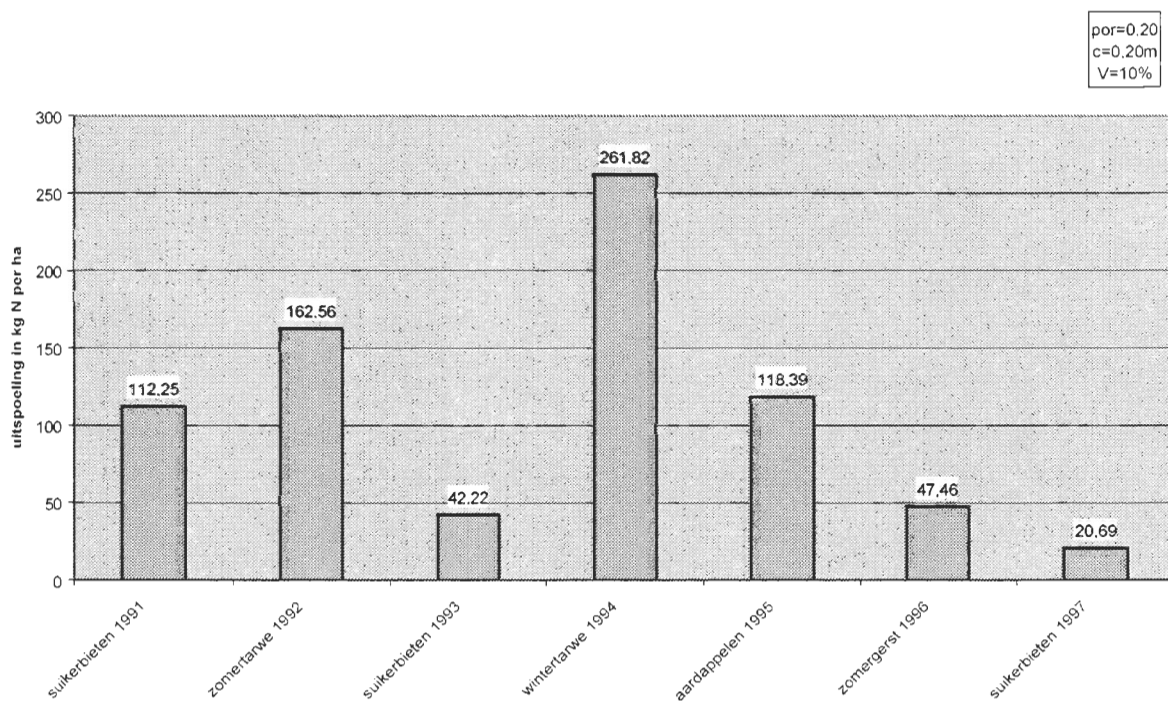
Figuur 3a stikstofuitspoeling perceel 2 (bedrijf A)



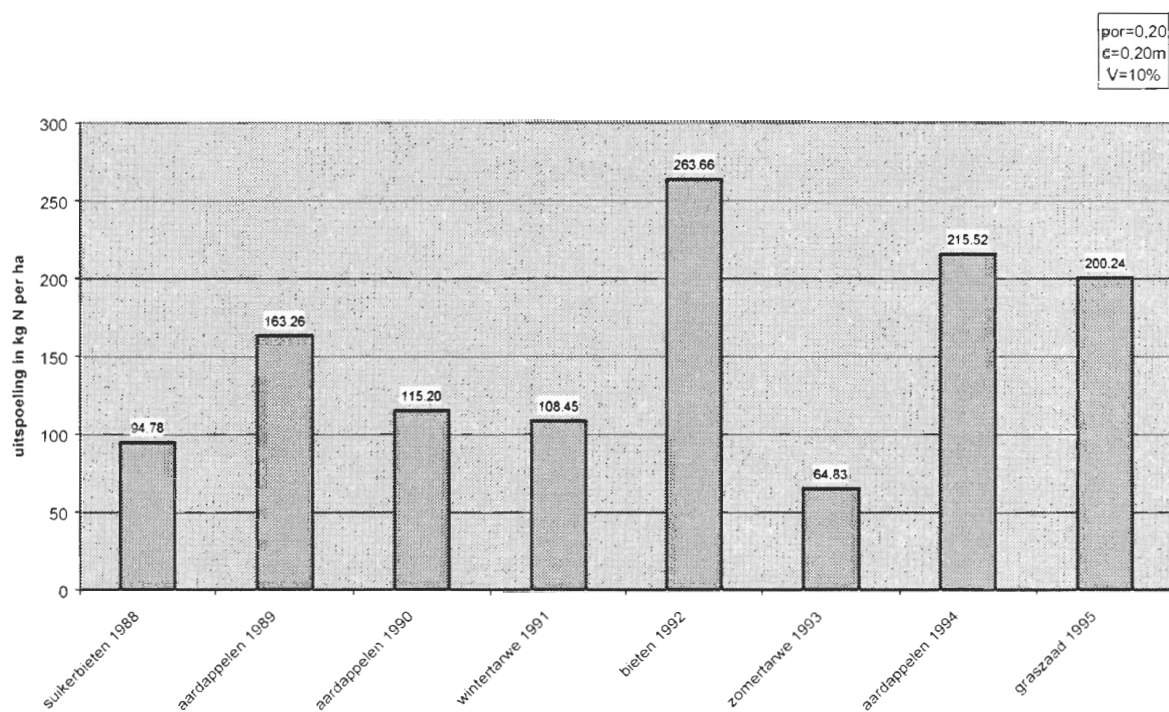
Figuur 3b stikstofuitspoeling perceel 8 (bedrijf A)



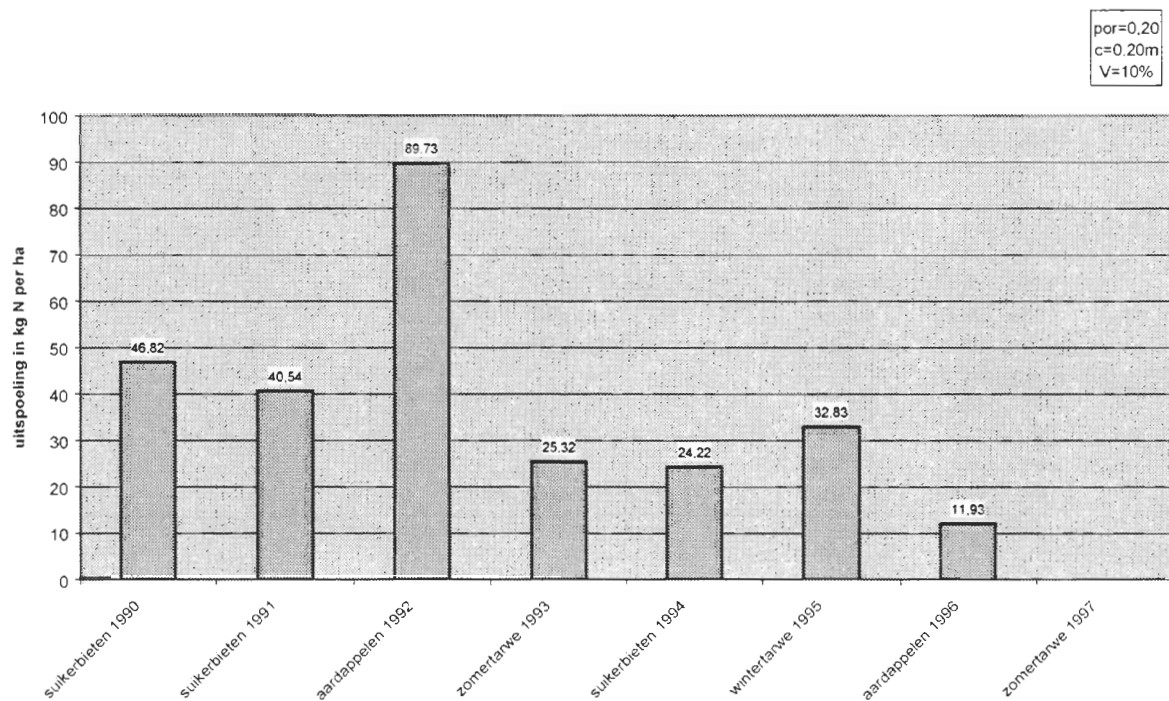
Figuur 3c stikstofuitspoeling perceel 9 (bedrijf A)



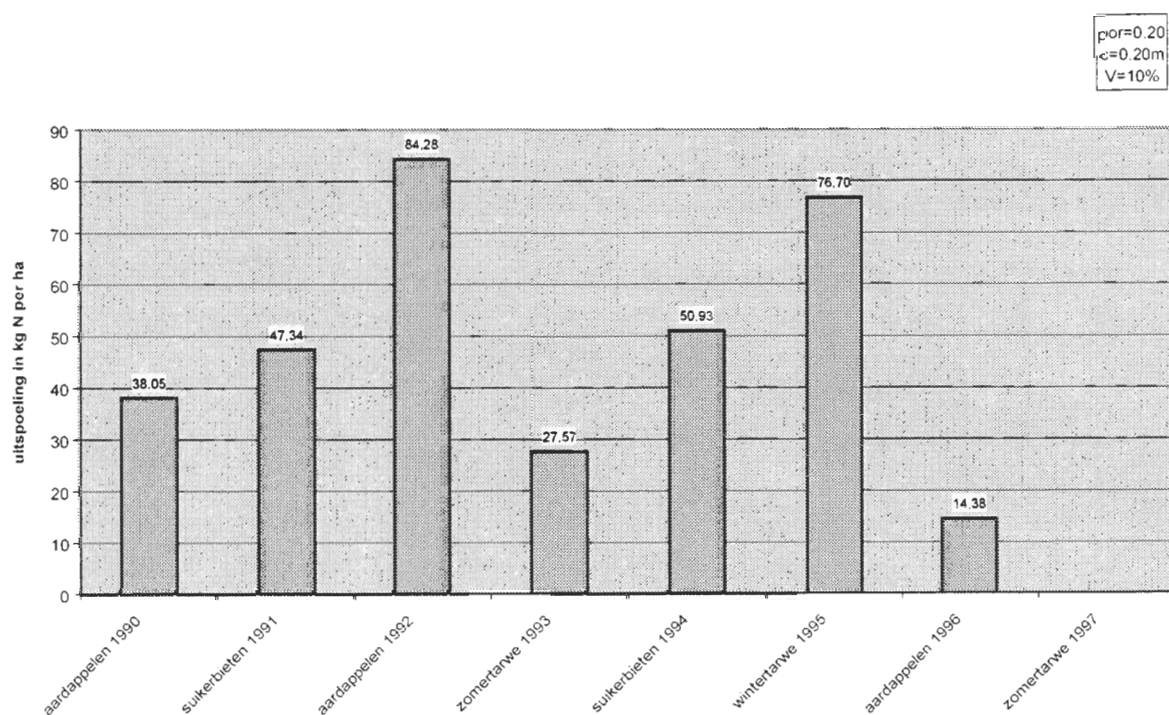
Figuur 3d stikstofuitspoeling perceel 3 (bedrijf B)



Figuur 3e stikstofuitspoeling perceel 5 (bedrijf B)



Figuur 3f stikstofuitspoeling perceel 7a (bedrijf B)



Figuur 3g stikstofuitspoeling per vel 7b (bedrijf B)

Voor de beide bedrijven zijn de gemiddelde stikstofverliezen per gewas berekend (Zwart-Roodzant et al., 2000) voor de perioden 1987-1989 (vóór het project), de periode 1990-1993 (tijdens het innovatieproject) en de periode 1994-1997 (laatste jaren van het project). Deze resultaten staan weergegeven in tabel 4.

Tabel 4 gemiddelde stikstof verliezen in kg/ha

Periode	Aardappel	Suikerbiet	Graan
Bedrijf A:			
1987-1989	169	306	11
1990-1993	138	256	47
1994-1995	109	196	62
1996-1997	127	220	33
Bedrijf B:			
1987-1989	143	211	55
1990-1993	167	224	55
1994-1995	134	190	57
1996-1997	88	69	47

3 Analyse van de gegevens voor de twee bedrijven

In dit hoofdstuk worden de nitraatconcentraties in het grondwater van de twee praktijkbedrijven geïntegreerde akkerbouw te Odoorn (A) en te Emmen (B) voor de periode 1992-1998 gepresenteerd. De berekende N-uitspoeling (uit het vorige hoofdstuk) wordt vergeleken met bedrijfsgegevens zoals bemesting en gemeten N-mineraal-gehalten

3.1 Gemeten nitraatconcentraties

In tabel 5 worden de metingen aan nitraatconcentraties in het bovenste grondwater samengevat die door de provincie Drenthe zijn verricht.

Tabel 5 Gemiddelde nitraat-N concentraties (mg/l) op twee bedrijven te Valtberbos in het voorjaar

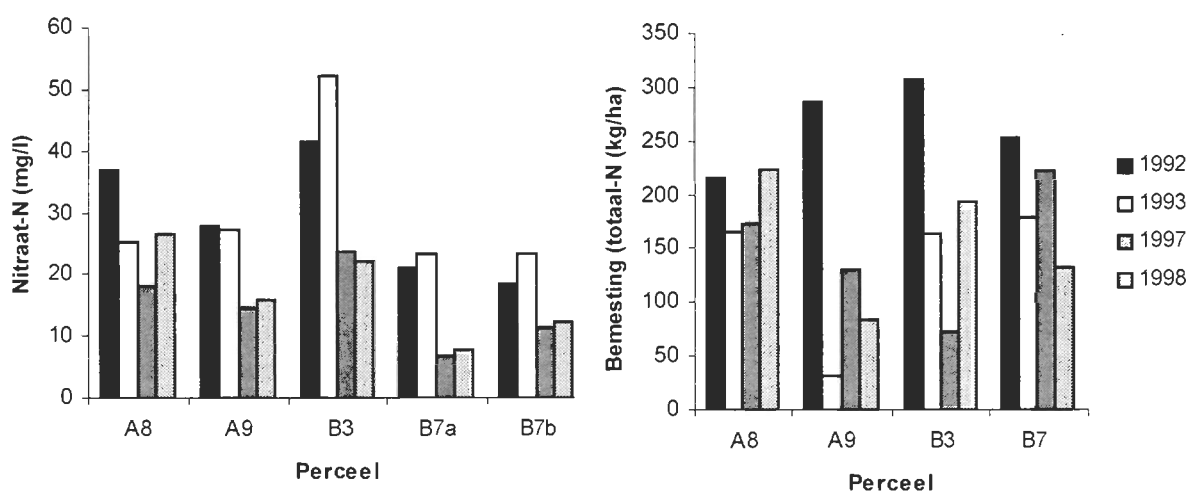
Perceel	Jaar 1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Bedrijf A							
2	29,0	36,9	26,5	17,8	14,9	17,4	16,6
8	37,1	25,3	6,3	7,6	5,9	18,1	26,6
9	27,8	27,4	15,1	11,1	11,6	14,6	15,8
<i>gemiddeld</i>	<i>31,3</i>	<i>29,9</i>	<i>16,0</i>	<i>12,2</i>	<i>10,8</i>	<i>16,7</i>	<i>19,7</i>
Bedrijf B							
3	41,4	52,1	41,5	27,5	20,6	23,7	21,9
5	21,8	28,6	32,9	34,1	33,0	32,9	31,5
7a	21,2	23,4	9,6	4,3	4,9	6,7	7,9
7b	18,6	23,5	10,5	9,0	7,1	11,3	12,4
<i>gemiddeld</i>	<i>25,8</i>	<i>31,9</i>	<i>23,6</i>	<i>18,7</i>	<i>16,4</i>	<i>18,7</i>	<i>18,4</i>

In het voorgaande hoofdstuk is al ingegaan op het feit dat deze gegevens niet onderling vergelijkbaar zijn, omdat de bemonsterde waterschijf van jaar tot jaar verschilde.

De oorspronkelijke gedachte bij de start van de bemonsteringsperiode was dat het bovenste grondwater tot ca. 1 m beneden grondwaterniveau in het voorjaar bemonsterd zou worden. Onder gemiddelde omstandigheden, dat wil zeggen bij een gemiddeld neerslagoverschot van 300 tot 350 mm op de Nederlandse zandgronden, wordt daarmee het water bemonsterd dat gedurende een jaar aan het grondwater is toegevoegd. Bij grondwaterniveaus tot ongeveer 2 m – mv. betreft dit het water van het afgelopen jaar, dus het groeiseizoen van het jaar ervoor en de erop volgende winter. Dit zou in principe opgaan voor de percelen A8, A9, B3 en B7. De twee overige percelen zijn bemonsterd om te kunnen zien of ook op percelen met dieper grondwater wijzigingen in landbouwkundig handelen op termijn effect zouden sorteren. De analyse van de gegevens zou plaatsvinden met behulp van simulatiemodellen (zie hoofdstuk 5). De meetlokaties zijn bewust verspreid over verschillende bodemtypen. Het bodemprofiel op perceel B7a kent een veenlaag in de

wortelzone, waarbij relatief veel mineralisatie werd verwacht, en op perceel B7b was sprake van een veldpodzolgrond zonder dergelijke lagen.

In figuur 2 van hoofdstuk 2 is goed te zien dat de grondwaterniveaus in de jaren 1992, 1993, 1997 en 1998 onderling vergelijkbaar zijn. De neerslagoverschotten in de jaren voorafgaand aan de bemonstering zijn eveneens vergelijkbaar. In die jaren is dus steeds eenzelfde hoeveelheid water bemonsterd. Voor de percelen met ondiep grondwater is zodoende een directe vergelijking mogelijk. In figuur 4 worden alleen deze gegevens gepresenteerd. In tabel 3 in hoofdstuk 2 is af te lezen welke gewassen in de voorafgaande groeiseizoenen op deze percelen hebben gestaan



Figuur 4 Gemiddelde nitraat-N concentraties en voorafgaande bemesting in 1992, 1993, 1997 en 1998 op percelen met ondiep grondwater

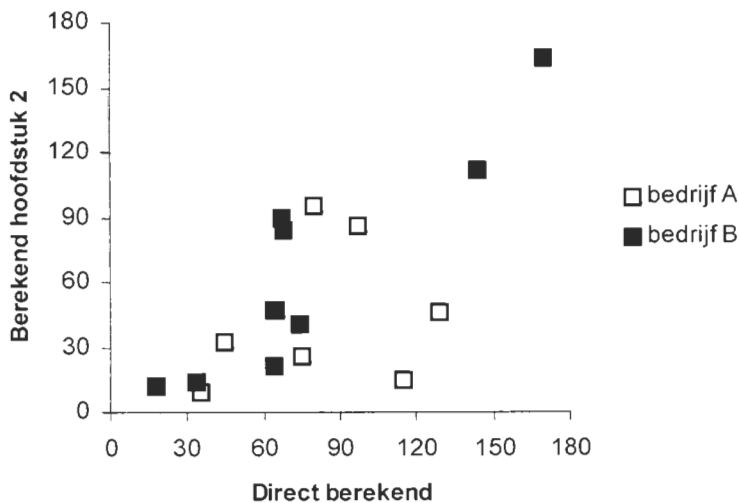
Behalve op perceel A8 is een duidelijke trend waarneembaar in de gemeten concentraties. Deze daling van nitraatconcentraties is in overeenstemming met de verwachtingen naar aanleiding van de bedrijfsresultaten zoals deze zijn gepresenteerd door Zwart-Roodzant et al. (2000). Opvallend is dat de metingen op perceel B3 relatief hoge waarden te zien geven en dat er nauwelijks verschil is tussen de metingen binnen perceel B7. Wellicht is het mogelijk dat op perceel 7 verspreid over het perceel en op verschillende diepten veenlagen voorkomen, die uiteindelijk de concentraties in het grondwater voor het hele perceel omlaag brengen door denitrificatie. De onderlinge verschillen voor de percelen van bedrijf A zijn niet zo groot. De relatie met bemesting (rechts in figuur 4) is minder duidelijk. De bemesting in het seizoen voorafgaand aan de meting in 1992 is steeds het hoogste. De bemesting voor aardappel is steeds relatief hoog (A8-92, A8-98, A9-97, B7-93 en B7-97). Ook voor suikerbiet geldt dit (A8-93, A8-97, A9-92, B3-92, B3-98 en B7-92). De bemesting voor de granen in de periode 97-98 is daarmee vergeleken duidelijk lager (A9-98, B3-93, B3-97 en B7-98).

3.2 Uitspoeling

In figuur 3 in hoofdstuk 2 zijn de geschatte nitraatuitspoelingscijfers voor alle percelen gegeven. Voor de gegevens uit figuur 4 is met behulp van het neerslagoverschot eveneens de bijbehorende nitraatuitspoeling direct te berekenen. In tabel 6 worden deze gegevens en vergeleken met de resultaten uit het vorige hoofdstuk. Voor 1998 (groeiseizoen 1997 + winter 1997/1998) kon volgens de gevolgde methode in hoofdstuk 2 slechts in een aantal gevallen de N-uitspoeling worden bepaald. Voor de meeste situaties in tabel 6 zijn de verschillende berekeningen onderling vergelijkbaar (in dezelfde orde van grootte). Vanwege de grote hoeveelheid aannames die aan beide berekeningen ten grondslag liggen, is dit voldoende voor deze studie, waarin voornamelijk gezocht wordt naar het al dan niet bestaan van een effect van landbouwkundig handelen op de nitraatuitspoeling. In figuur 5 zijn de verschillende berekeningen nog eens tegen elkaar uitgezet.

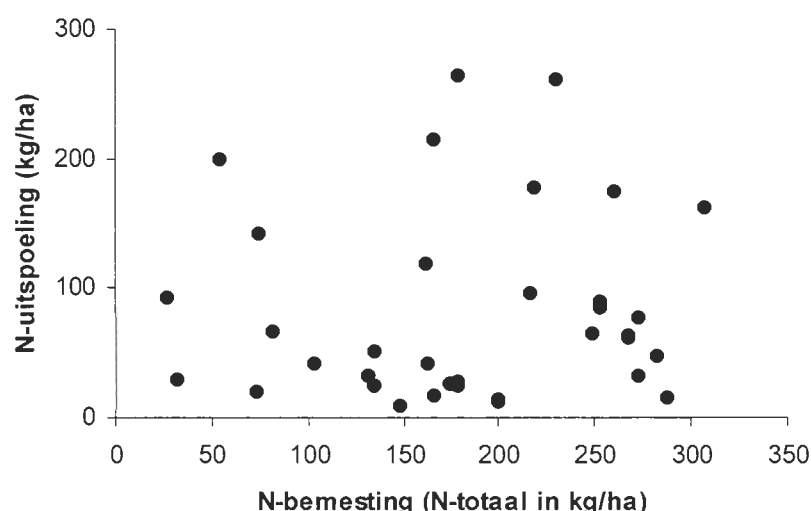
Tabel 6 Vergelijking van direct berekende N-uitspoeling voor percelen met ondiep grondwater in 1992, 1993, 1997 en 1998 met de berekende uitspoeling uit hoofdstuk 2

Perceel	Jaar 1992		1993		1997		1998	
	direct	H2	direct	H2	direct	H2	direct	H2
Bedrijf A								
8	129	46	80	95	45	32	75	26
9	97	86	115	15	35	9	53	-
Bedrijf B								
3	144	112	170	163	64	47	64	21
7a	74	41	67	90	18	12	27	-
7b	65	47	68	84	34	14	42	-



Figuur 5 Berekende N-uitspoeling volgens de methode in hoofdstuk 2 versus direct berekende N-uitspoeling voor percelen met ondiep grondwater in 1992, 1993, 1997 en 1998 (kg/ha)

Zwart-Roodzant et al. (2000) constateren dat de stikstofverliezen voor aardappel en suikerbiet bij beide bedrijven zijn verminderd in de meetperiode. De resultaten in figuur 3 (vorige hoofdstuk) geven aan dat voor aardappel de uitspoeling is afgenomen op de percelen A2, A9 en B7. Voor de percelen A8 en B5 is geen verbetering zichtbaar en op perceel B3 is in die periode slechts één maal aardappel geteeld. Voor suikerbiet is de uitspoeling volgens figuur 3 afgenomen op percelen A8 en B3. Voor de percelen A2, A9, B5 en B7 wordt geen verlaging geconstateerd. In een aantal gevallen lijkt het zo dat de uitspoeling in het jaar na de teelt van suikerbiet extra hoog is (percelen A2, B3 en B7). Dit zou kunnen komen doordat het bietenloof achterblijft op het land en het jaar erna versneld ter beschikking komt. Omdat dit op de andere percelen niet aan de orde is, kan hierover geen nadere uitspraak worden gedaan.

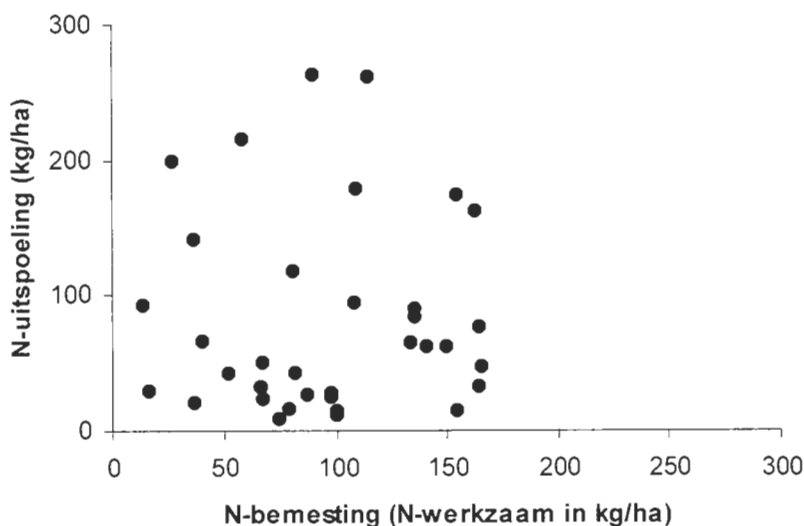


Figuur 6 Nitraatuitspoeling als functie van de bemesting (totale N) in het voorgaande jaar

3.3 Effect van bemesting en N-mineraal in de bodem

Op de twee bedrijven is sprake van een aangepast management (Zwart-Roodzant et al., 2000) om te komen tot verbetering van de milieu-effecten. Voor verlaging van nitraatuitspoeling naar het grondwater gaat het daarbij om de rotatie en teeltmaatregelen, maar vooral ook om bemesting. Als er een eenduidige relatie zou zijn tussen bemesting en uitspoeling zou het relatief eenvoudig zijn om te bepalen of de bemesting voldoende is aangepast om te voldoen aan de drinkwaternorm. Helaas is de relatie veelal niet eenduidig (Hack-ten Broeke et al., 1996; Hack-ten Broeke en Dijkstra, 1998), zoals ook blijkt voor de twee bedrijven te Valtherbos. In figuur 6 zijn de in hoofdstuk 2 berekende uitspoelingswaarden uitgezet tegen de totale N-bemesting en in figuur 7 tegen de bemesting met werkzame N. De omrekening naar werkzame N heeft betrekking op organische mest, waarmee de beperkte

beschikbaarheid van N voor opname door het gewas wordt verdisconteerd. De aanvoer met kunstmest-N blijft daarmee ongewijzigd. Beide figuren laten zien dat er geen relatie is tussen bemesting en de gemeten concentraties.

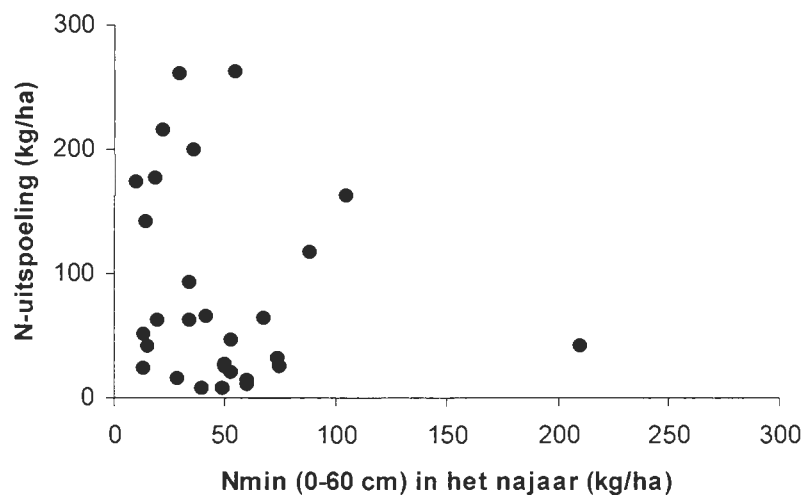


Figuur 7 Nitraatuitspoeling als functie van de bemesting (werkzame N) in het voorgaande jaar

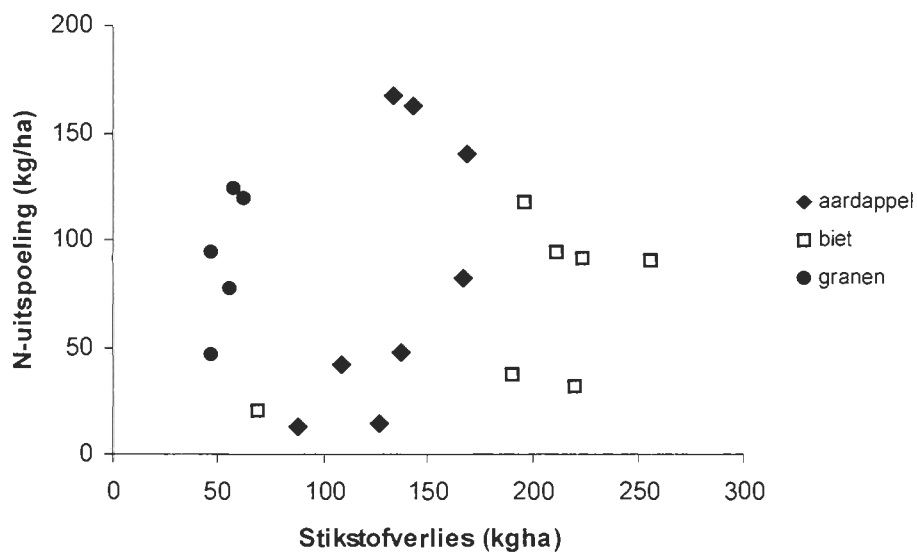
De hoeveelheid N_{mineraal} (N_{min}) in de bodem in het najaar wordt veelal beschouwd als de uitspoelbare hoeveelheid in het winterseizoen. Dit N_{min} -gehalte is afhankelijk van het gewas, de bemesting en het weer in het voorgaande groeiseizoen. Figuur 8 geeft aan dat er voor de twee bedrijven geen trend valt waar te nemen in de relatie tussen de berekende nitraatuitspoeling en N_{min} -gehalten.

In de analyse van de totale bedrijfsresultaten (Zwart-Roodzant et al., 2000) zijn de stikstofverliezen per gewas uitgerekend (zie ook tabel 4). De relatie tussen de gemiddelde berekende uitspoeling en het stikstofverlies voor de gehanteerde perioden en gewassen zijn weergegeven in figuur 9. Hieruit blijkt vooral dat het stikstofverlies per gewas verschilt, maar de berekende uitspoeling vertoont er geen verband mee.

Er zijn verschillende mogelijke oorzaken voor het geconstateerd gebrek aan een relatie tussen N-uitspoeling en N-aanvoer en zelfs N-verliezen. In eerste instantie is het mogelijk dat de berekende N-uitspoeling te onnauwkeurig is. Daarnaast zijn er verschillende processen, zoals mineralisatie en denitrificatie, die grote invloed kunnen hebben op de N-huishouding. Deze processen zijn afhankelijk van de waterhuishouding, bodemgesteldheid (met name organische stof), voorgeschiedenis van een perceel etc. Om te kunnen achterhalen op welke wijze dit een rol speelt zouden alle processen moeten worden meegenomen. Hiertoe is het gebruik van simulatiemodellen de aangewezen werkwijze.



Figuur 8 Nitraatuitspoeling als functie van het Nmin-gehalte in het voorgaande najaar



Figuur 9 Relatie tussen berekende N-uitspoeling en N-verliezen per gewas voor de periodes 1987-1989, 1990-1993, 1994-1995 en 1996-1997.

4 Vergelijking met de nitraatconcentraties van proefbedrijf Borgerswold

In dit hoofdstuk wordt, voor zover mogelijk, een vergelijking gemaakt tussen de nitraatconcentraties van de twee praktijkbedrijven en de concentraties zoals die zijn gemeten op proefbedrijf Borgerswold te Veendam. Dit wordt gedaan omdat de WMD-bedrijven werden gezien als ‘volgbedrijven’ van het geïntegreerde proefbedrijf Borgerswold. De bodemgesteldheid van het proefbedrijf en de bedrijven bij Valtherbos is vergelijkbaar. Eerst wordt kort ingegaan op de gemeten waarden op het proefbedrijf en vervolgens worden de gegevens naast elkaar gezet

4.1 Gemeten nitraatconcentraties op proefbedrijf Borgerswold

Gedurende de periode 1991-1996 is op proefbedrijf Borgerswold één maal in het voorjaar op acht percelen de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater bepaald. Voor de periode 1991-1993 is dit al eens gerapporteerd door Hack-ten Broeke et al. (1993) en ook de metingen in de periode 1992-1995 zijn beschreven (Hack-ten Broeke en Dijkstra, 1998). Voor de vergelijking met de praktijkbedrijven te Valtherbos gaat het om de meetreeks 1992-1996. In tabel 7 zijn per jaar de gemeten concentraties weergegeven voor de percelen met een rotatie en gangbare bedrijfsvoering (1:2 aardappelteelt) en percelen met geïntegreerde bedrijfsvoering (1:4 aardappelteelt).

Tabel 7 Gemiddelde nitraat-N concentraties (mg/l) op proefbedrijf Borgerswold per perceel per jaar

Perceel	Jaar 1992	1993	1994	1995	1996
Gangbaar					
3	45,2	29,0	7,0	7,8	16,6
10	40,6	22,6	22,7	20,3	19,8
13	24,5	26,8	7,1	12,6	14,7
18	46,2	20,3	13,9	5,0	2,8
<i>gemiddeld</i>	<i>39,1</i>	<i>24,7</i>	<i>12,7</i>	<i>11,4</i>	<i>13,5</i>
Geïntegreerd					
4	9,8	25,1	12,9	9,0	9,7
7	13,8	6,4	16,2	8,6	7,4
15	24,4	34,2	3,2	3,7	9,1
17	34,7	22,5	5,4	12,1	12,0
<i>gemiddeld</i>	<i>20,7</i>	<i>22,1</i>	<i>9,4</i>	<i>8,4</i>	<i>9,6</i>

Twee belangrijke aspecten komen uit tabel 7 duidelijk naar voren. In eerste instantie leidt de geïntegreerde bedrijfsvoering tot gemiddeld lagere concentraties in het grondwater dan de gangbare bedrijfsvoering, ook al zijn de verschillen soms klein. Ten tweede is er over de hele linie duidelijk sprake van verdunning in de voorjaren 1994 en 1995 als gevolg van het grote neerslagoverschot in de voorafgaande winters.

Door het geringe neerslagoverschot in 1995/1996 werden in het voorjaar van 1996 vergelijkbare waarden gevonden als in 1995 (eigenlijk is nagenoeg hetzelfde water nog eens bemonsterd). Het gemiddelde van de waarnemingen op de geïntegreerde percelen is in de jaren 1994-1996 lager dan de drinkwaternorm van 11,3 mg/l nitraat-N. In tabel 8 worden de waarnemingen per gewas gerangschikt.

Tabel 8 Gemiddelde nitraat-N concentraties (mg/l) op proefbedrijf Borgerswold per gewas

Gewas	Systeem	
	Gangbaar	Geïntegreerd
aardappel	22,2	18,3
suikerbiet	17,4	6,4
wintertarwe	19,3	18,3
winterrogge	-	11,4
koolzaad	-	19,0
graszaad	-	6,4
veldboon	-	13,4
<i>gemiddeld</i>	<i>19,6</i>	<i>13,3</i>

Opnieuw komt naar voren (tabel 8) dat de geïntegreerde bedrijfsvoering leidt tot een lagere nitraat-N concentratie in het grondwater dan de gangbare bedrijfsvoering. Dit is het resultaat van lagere concentraties bij vergelijkbare gewassen met o.a. verminderde N-bemesting en de teelt van wintergewassen, maar ook de introductie van andere gewassen in de rotatie van het geïntegreerde systeem met lage N-bemesting draagt daaraan bij.

Tabel 9 Gemiddelde nitraat-N concentraties (mg/l) op de bedrijven te Valtherbos per gewas voor de periode 1992-1993 en 1997-1998 en het aantal waarnemingen n voor de percelen met ondiep grondwater

Gewas	Valtherbos	
	92-93 (n)	97-98 (n)
aardappel	28,0 (3)	14,8 (4)
suikerbiet	26,9 (5)	20,0 (2)
graan	52,1 (1)	15,0 (4)

4.2 Vergelijking van de metingen op de WMD-bedrijven met de metingen te Borgerswold

In tabel 9 zijn de gemiddelde waarden per gewas gegeven, die zijn berekend uit de gegevens voor de jaren 1992-1993 en 1997-1998 (zie paragraaf 3.1) voor de percelen met vergelijkbare bodem- en grondwatersituaties als op proefbedrijf Borgerswold. Er is opnieuw een duidelijk verschil te zien tussen de twee periodes voor de bedrijven te Valtherbos. Een vergelijking per gewas leert dat de bedrijven in Valtherbos voor de gewassen aardappel en granen in de periode 1997-1998 nitraatuitspoeling genereren in dezelfde orde van grootte als het geïntegreerde systeem van Borgerswold. In de periode 1992-1993 waren de concentraties beduidend hoger dan voor het gangbare systeem van Borgerswold. De waarde voor suikerbiet in 1997-1998 is ook hoger dan voor het gangbare systeem van Borgerswold.

5 Modelresultaten voor de periode 1992-1994

Als onderdeel van een studie voor tien praktijkbedrijven geïntegreerde akkerbouw zijn modelberekeningen uitgevoerd, waaronder berekeningen voor de twee bedrijven te Valtherbos. Vanwege de goede resultaten op proefbedrijven (Nagele vanaf 1979, Borgerswold vanaf 1986 en Vredepeel vanaf 1989) heeft in de periode 1990-1993 een introductie plaatsgevonden van geïntegreerde akkerbouw op bedrijven in de praktijk (zogenaamde innovatiebedrijven). Op tien van de 38 innovatiebedrijven zijn metingen verricht en hiermee zijn vervolgens modelberekeningen uitgevoerd om de N-belasting van grond- en/of oppervlaktewater te kwantificeren.

In dit hoofdstuk wordt dit al eerder uitgevoerde, maar nog niet gerapporteerde onderzoek voor de twee bedrijven beschreven. Eerst komt kort de werkwijze in die modelstudie aan de orde en vervolgens komen de resultaten aan bod.

5.1 Modelbeschrijving en benodigde gegevens

De voor deze studie gebruikte modellen zijn SWAP93 voor de waterhuishouding in de onverzadigde zone en ANIMO voor de daaraan gekoppelde nitraathuishouding. SWAP93 (Feddes et al., 1988; Work Group SWAP, 1994) beschrijft het vochttransport van en naar het grondwater in de onverzadigde zone van de bodem en dus ook in de wortelzone. Hiertoe zijn gegevens nodig over het dagelijkse weer (bovenrand) en het grondwaterstandsverloop (onderrand) of een andere voorwaarde om de ondergrens van het gelaagde bodemsysteem te beschrijven. Het gewas en de gewasontwikkeling is van groot belang voor de waterhuishouding en de wateropname door plantewortels (gewasverdamping), die wordt beschreven met de zogenaamde sink term.

Voor de weersgegevens zijn neerslaggegevens van het pompstation Valtherbosch en referentiegwasverdamping van het weerstation Eelde gebruikt. De gewasfactoren voor omrekening van de gewasverdamping voor de verschillende gewassen zijn ontleend aan het Cultuurtechnisch Vademecum (Werkgroep, 1988). Voor de fysische beschrijving van de bodemprofielen, die zijn beschreven door Clingeberg en Wagenaar (1992) is gebruik gemaakt van de bouwstenen uit de Staringreeks (Wösten et al., 1994). Gegevens over de gewassen zijn afkomstig van de bedrijven zelf (zaai, oogst, bewortelbare diepte) en uit verschillende handleidingen voor de beschrijving van gewasontwikkeling van suikerbiet (Kromwijk, 1986), wintertarwe (Jonker, 1958), fabrieksaardappel (De Jong, 1985) en winterrogge (Darwinkel, 1991). Voor de onderrandvoorwaarde zijn zoveel mogelijk de gemeten grondwaterstanden gebruikt, aangevuld met gecorrigeerde gegevens van stambuizen van de WMD in de omgeving (Dielen, 1994). Overige invoergegevens zijn overgenomen uit Wesseling (1991).

Door de berekende waterhuishouding te koppelen aan het model ANIMO (Rijtema en Kroes, 1991) kan ook de stikstofhuishouding worden berekend. ANIMO

beschrijft de koolstof- en stikstofkringloop in de bodem onder invloed van de vocht, temperatuur- en zuurstofhuishouding en de pH. Hiertoe worden de relevante transport- en omzettingsprocessen gemodelleerd, zoals mineralisatie, immobilisatie, denitrificatie en opname door het gewas. Aanvoer van N vindt plaats via bemesting, aanvoer van organische materialen en depositie en N-afvoer vindt plaats via vervluchtiging, opname door het gewas, denitrificatie en uitspoeling. Gegevens over bemesting en gewassen zijn afkomstig van de bedrijven zelf. Veel overige invoer en modelparameters zijn overgenomen uit Kroes (1994).

5.2 Modelresultaten

Bij de modelberekeningen voor de periode 1992-1994 is ervan uitgegaan dat de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater de doelvariabele was en zodoende zijn alleen die nitraatconcentraties als modelresultaten uitgewerkt. Omdat de in Valtherbos genomen grondwatermonsters niet altijd afkomstig waren van dat bovenste grondwater (zie hoofdstukken 2 en 3) is het niet zinvol om deze gesimuleerde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater met de metingen te vergelijken. Daarom zijn in tabel 10 alleen model- en meetgegevens gepresenteerd voor de jaren 1992 en 1993. Bij de meetwaarden zijn de standaardafwijkingen vermeld om een indruk te geven van de mogelijke spreiding in de metingen binnen een perceel. Op sommige percelen is die spreiding hoog (bijvoorbeeld B3 en A8), vermoedelijk als gevolg van bodemvariabiliteit. De orde van grootte van de gesimuleerde nitraatconcentraties komt vrij goed overeen met de metingen, vooral als we met de standaardafwijking van de metingen rekening houden.

Tabel 10 Gemiddelde gemeten (met standaardafwijking) en gesimuleerde nitraat-N concentraties (mg/l) op de bedrijven te Valtherbos in 1992 en 1993. In kolom H2 staan de berekende concentraties uit hoofdstuk 2

Perceel	Jaar 1992			1993		
	Gemeten	Gesimuleerd	H2	Gemeten	Gesimuleerd	H2
Bedrijf A						
2	29,0 (5,8)	25,7	45,9	36,9 (7,7)	27,9	22,9
8	37,1 (12,3)	25,7	13,2	25,3 (21,8)	44,5	30,2
9	27,8 (9,9)	34,6	24,6	27,4 (12,8)	38,5	3,6
Bedrijf B						
3	41,4 (14,2)	23,8	32,1	52,1 (16,4)	46,5	49,8
5	21,8 (4,3)	9,9	32,5	28,6 (4,7)	15,3	64,4
7a	21,2 (11,8)	17,3	11,7	23,4 (15,2)	40,2	31,3
7b	18,6 (5,6)	20,3	13,5	23,5 (2,8)	18,0	29,2

Voor de simulaties is gebruik gemaakt van beperkte bodemkundige informatie, terwijl de variatie binnen percelen van deze bedrijven groot is. Dit kan een oorzaak zijn voor discrepantie tussen meting en simulatie. Ook is het moeilijk om de concentratie in het grondwater op 11 m – mv. (perceel B5) te berekenen als er profielbeschrijvingen beschikbaar zijn tot maximaal 3.20 m – mv. (Clingeborg en Wagenaar, 1992) en er bovendien sprake is van schijngrondwaterspiegels gedurende

een deel van het jaar. In het geval van perceel B7a is rekening gehouden met een veenlaag in de wortelzone, die in werkelijkheid wellicht geen invloed heeft op de grondwaterkwaliteit gezien de overeenkomstige waarden voor perceel B7a en B7b (zie ook paragraaf 3.1), terwijl de simulaties voor de twee perceelshelften wel duidelijk verschillen. In tabel 11 zijn tenslotte de gewasgemiddelde waarden gegeven.

Tabel 11 Gemiddelde gemeten en gesimuleerde nitraat-N concentraties (mg/l) per gewas voor de periode 1992-1993

Gewas	Gemeten	Gesimuleerd
aardappel	28,0	28,0
suikerbiet	26,9	28,1
granen	52,1	46,5

De resultaten in de tabellen 10 en 11 laten zien dat met behulp van modelsimulaties de metingen redelijk benaderd kunnen worden.

De modelstudie die indertijd is uitgevoerd is in dit stadium blijven steken. Op zichzelf zijn de modelberekeningen niet zo interessant, maar op het moment dat een redelijke overeenkomst met metingen wordt gevonden, kunnen modelberekeningen worden gebruikt voor een zogenaamde extrapolatie. Dit kan inhouden dat meerdere jaren worden doorgerekend om het effect van weersvariabiliteit te verdisconteren of er kan worden gerekend voor andere omstandigheden, zoals andere bodemtypen of grondwaterstanden. Bovendien is het mogelijk om door te rekenen wat het effect zou zijn van veranderingen in management. Dit wordt veelal aangeduid als scenario-berekeningen. Te denken valt aan veranderingen in bemesting, gewaskeuze, beregening etc. Het effect van management op nitraatuitspoeling kan daarmee worden gekwantificeerd en er kan worden berekend of en op welke wijze aan de nitraatrichtlijn kan worden voldaan.

6 Conclusies en aanbevelingen

De gemeten nitraatconcentraties op twee praktijkbedrijven te Valtherbos liggen vooralsnog boven de drinkwaternorm van 11,3 mg/l nitraat-N. In de laatste meetjaren (1997-1998) waren de concentraties duidelijk lager dan in de hydrologisch vergelijkbare periode 1992-1993. Dit is conform de verwachtingen gebaseerd op de bedrijfsresultaten rond N-bemesting en N-verliezen.

De vraag die beantwoord moest worden is of de bedrijfsvoering van twee praktijkbedrijven geïntegreerde akkerbouw te Valtherbos resulteert in een nitraatuitspoeling naar het grondwater die lager is dan de norm voor drinkwater van 50 mg/l. Het antwoord op die vraag is dat dit vooralsnog niet is gelukt, maar dat de concentraties duidelijk gedaald zijn.

De voor de gehele periode berekende N-uitspoeling vertoont geen relatie met de bemesting in het voorafgaande groeiseizoen. Ditzelfde geldt voor nitraatuitspoeling en N_{min}-gehalten. Dit kan worden veroorzaakt door de onzekerheden rondom de aannames bij de berekening van de uitspoeling of door onderschatting van het belang van andere processen zoals mineralisatie en denitrificatie.

Voor de bepaling van het effect van landbouwkundig handelen op de nitraatuitspoeling naar het grondwater is het beter om steeds het bovenste grondwater te bemonsteren in bij voorkeur tijdelijke buizen dan op vaste diepten in vaste buizen. Vanwege fluctuerende grondwaterstanden is het dan immers niet altijd duidelijk uit welke jaren het bemonsterde water afkomstig is.

De vergelijking met de metingen op proefbedrijf Borgerswold in dezelfde periode en op vergelijkbare bodemtypen en grondwatersituaties laat zien dat de bedrijven te Valtherbos in de laatste jaren van de meetperiode overeenkomsten vertonen met het geïntegreerde bedrijfssysteem van het proefbedrijf.

De met SWAP93 en ANIMO uitgevoerde simulaties voor de jaren 1992-1993 vertonen een redelijke overeenkomst met de metingen. De langere meetreeks, die intussen beschikbaar is, biedt de mogelijkheid tot een betere modelcalibratie en zelfs een modelvalidatie. Hiermee kan inzicht worden verkregen in de totale water- en stikstofhuishouding en daarmee in alle relevante processen en hoe deze zich verhouden tot bijvoorbeeld de N-aanvoer en de meetresultaten. Als er belangstelling voor bestaat om te onderzoeken hoe een bedrijfssysteem te Valtherbos zou kunnen voldoen aan de drinkwaternorm van 11,3 mg/l nitraat-N, verdient het aanbeveling om dergelijke modelstudies uit te voeren, gevolgd door scenarioberekeningen met aanpassingen in het bedrijfsmanagement.

Literatuur

- Clingeberg, A.E. en K. Wagenaar, 1992. Verslag bodemkundig onderzoek Valtherbos. Zuidhorn, Bodem en Milieu Consult.
- Darwinkel, A., 1991. Teelt van winterrogge. Lelystad, PAGV. Teelthandleiding nr. 41
- Feddes, R.A., P. Kabat, P.J.T. van Bakel, J.J.B. Bronswijk en J. Halbertsma, 1988. Modelling soil water dynamics in the unsaturated zone – state of the art. *J. of Hydrol.* 100: 69-111.
- Hack-ten Broeke, M.J.D. en J.P. Dijkstra, 1998. Nitraatconcentraties in het grondwater, 1992-1995. In: Y. Hofmeester et al. (red.). *Perspectieven geïntegreerde akkerbouw in Noordoost-Nederland (op basis van gegevens uit het bedrijfssystemen-onderzoek te Borgerswold)*. Lelystad, PAV. Publicatie nr. 87. pp. 106-110.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., W.A. de Boer, J.M.J. Dekkers, W.J.M. de Groot en E.J. Jansen, 1993. Stikstofemissie naar het grondwater van geïntegreerde en gangbare bedrijfssystemen in de akkerbouw op de proefboerderijen Borgerswold en Vredepeel. Resultaten van veldonderzoek op de proefboerderijen Borgerswold en Vredepeel in het voorjaar van 1991, 1992 en 1993. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 287.1
- Hack-ten Broeke, M.J.D., A.H.J. van der Putten, W. J. Corré en J. Hassink, 1996. Stikstofverliezen naar het milieu. In: J.W.G.M. Loonen en W.E.M. Bach-de Wit (red.), *Stikstof in beeld; naar een nieuw bemestingsadvies op grasland*. Wageningen, Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 20, pp. 78-98.
- Jong, J.A. de, 1985. De teelt van aardappelen. Drachten.
- Jonker, J.J., 1958. Bewortelingsonderzoek en ondergrondbewerking in de Noordoostpolder. Zwolle, Van Zee tot Land nr. 25
- Kromwijk, W., 1986. De teelt van suikerbieten. Lelystad, PAGV. Teelthandleiding nr. 21.
- Rijtema, P.E. en J.G. Kroes, 1991. Some results of nitrogen simulations with the model ANIMO. *Fertilizer Research* 27: 189-198.
- Stuyfzand, P.J., 1993. Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the western Netherlands. Vrije Universiteit Amsterdam, proefschrift.
- Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch vademecum, 1988. *Cultuurtechnisch Vademecum*. Utrecht, Cultuurtechnische Vereniging.

Wesseling, J.G., 1991. Meerjarige simulaties van grondwaterstroming voor verschillende bodemprofielen, grondwatertrappen en gewassen met het model SWATRE. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 152.

Wösten, J.H.M., G.J. Veerman en J. Stolte, 1994. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 18.

Zwart-Roodzant, M.H., P. van Asperen, M.J.D. Hack-ten Broeke, A. Jukema, L.P.G. Molendijk en F.G. Wijnands, 2000. Perspectieven geïntegreerde akkerbouw in het grondwater-beschermingsgebied Valtherbos; innovatiebedrijven 1990-1997. Lelystad, PAV. Projectrapport nr. 39.8.23

Niet-gepubliceerde bronnen

Dielen, L., 1994. Stikstofemissie naar grond- en oppervlaktewater van geïntegreerde bedrijfssystemen in de akkerbouw. Verwerking gegevens voor modellering van elf innovatiebedrijven. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne Mededeling 328.

Koopmans, R.W.R., 1999. Mondelinge Mededeling. LUW sectie Waterhuishouding.

Kroes, J.G., 1994. ANIMO, Version 3.4, User's guide. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne Mededeling 102.

Work Group SWAP, 1994. SWAP 1993, Input instructions manual. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne Mededeling 291.