

32/446 (287.3) 1^e e <

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

**Stikstofemissie naar het grondwater van geïntegreerde en
gangbare bedrijfssystemen in de akkerbouw op de
proefboerderijen Borgerswold en Vredepeel**

**Simulatie van de vocht- en nitraathuishouding op de proefboerderij
Borgerswold voor de jaren 1990-1993**

**J.P Dijkstra
Y. Hofmeester
M.J.D. Hack-ten Broeke
F.G. Wijnands**

Rapport 287.3

23 JULI 1996

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1996



15n 589109 deel 3

REFERAAT

J.P. Dijkstra, Y. Hofmeester, M.J.D. Hack-ten Broeke, F.G. Wijnands, 1996. *Stikstofemissie naar het grondwater van geïntegreerde en gangbare bedrijfssystemen in de akkerbouw op de proefboerderijen Borgerswold en Vredepeel; Simulatie van de vocht- en nitraathuishouding op de proefboerderij Borgerswold voor de jaren 1990-1993*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 287.3. 60 blz.; 15 fig.; 13 tab.; 19 ref.; 3 aanh.

Op proefbedrijf Borgerswold zijn geïntegreerde en gangbare bedrijfssystemen vergeleken op hun nitraatuitspoeling naar het grondwater. De concentratie nitraat-N in het grondwater bedroeg van 1991 tot 1993 voor beide systemen ongeveer 25 mg/l. De uitspoeling gesimuleerd met SWACROP en ANIMO was bij geïntegreerde akkerbouw lager, omdat hierbij meer gewassen werden geteeld die 's winters blijven staan. Volgens de berekeningen zou het toedienen van kunstmest in plaats van organische mest de nitraatuitspoeling niet verminderen. Bemesting volgens het bemestingsadvies zou de uitspoeling iets verlagen. Braak in plaats van veldbonen gaf meer uitspoeling, evenals het achterwege laten van groenbemesters. Wanneer de groenbemesters niet bemest zouden zijn, zou dit volgens de berekeningen de nitraatuitspoeling verminderen.

Trefwoorden: bemesting, mestproblematiek, nitraatuitspoeling

ISSN 0927-4499

©1996 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: 0317-474200; telefax: 0317-424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

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

Project 7322

[Rap287-3.HM/04.96]

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	13
2 Werkwijze en methoden	15
2.1 SWACROP	15
2.2 ANIMO	17
2.3 Variantenstudie	19
3 Systeembeschrijving en meetresultaten	21
3.1 Systeembeschrijving	21
3.1.1 Gangbaar systeem	21
3.1.2 Geïntegreerd systeem	22
3.2 Meetresultaten	23
4 Resultaten en bespreking van de simulaties	29
4.1 Vergelijking van de berekeningen met de metingen	29
4.2 Vergelijking van het gangbare systeem ten opzichte van het geïntegreerde systeem	34
5 Berekening en bespreking van nitraatuitspoeling bij enkele varianten ten opzichte van de huidige bedrijfsvoering	37
5.1 Variant 1	38
5.2 Variant 2	39
5.3 Variant 3	40
5.4 Variant 4	41
5.5 Variant 5	42
5.6 Variant 6	43
5.7 Variant 7	45
6 Conclusies	47
Literatuur	49

Tabellen

1 Gewassen op de meetlokaties van Borgerswold van 1990 tot en met 1992	21
2 N-bemesting gangbaar systeem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	22
3 N-bemesting geïntegreerd systeem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	23
4 Gemeten nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) op Borgerswold van 1990 tot en met 1993 gemiddeld per gewas en per jaar	24
5 Stikstofaanvoer en -afvoer voor fabrieksaardappel ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en $N_{\min}$ in het najaar	25
6 Stikstofaanvoer en -afvoer voor wintertarwe ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en $N_{\min}$ in het najaar	26

7	Stikstofaanvoer en -afvoer voor suikerbiet ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en $N_{\min}$ in het najaar	26
8	Stikstofaanvoer en -afvoer voor graszaad ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en $N_{\min}$ in het najaar	27
9	Stikstofaanvoer en -afvoer voor koolzaad ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en $N_{\min}$ in het najaar	27
10	Geteelde gewassen, berekende $\text{NO}_3\text{-N}$ -uitspoeling van april tot april ($\text{kg}\cdot\text{jr}^{-1}$) op 1 m - mv. en gemeten en berekende nitraatstikstofconcentratie in het bovenste grondwater ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	35
11	Gemiddelde berekende $\text{NO}_3\text{-N}$ -uitspoeling van april tot april ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) op 1 m - mv. per gewas	36
12	Berekende $\text{NO}_3\text{-N}$ -uitspoeling ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$) per hydrologisch jaar (april tot april) bij de huidige bedrijfsvoering en als gevolg van zeven varianten ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen	37
13	Werkelijk uitgevoerde bemesting en bemesting volgens advies in variant 2 (N werkzaam in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	39

Figuren

1	Nitraatconcentraties in het grondwater versus $N_{\min}$ in het najaar	25
2	Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende $N_{\min}$ -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 3 (GA)	29
3	Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende $N_{\min}$ -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 4 (GI)	30
4	Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende $N_{\min}$ -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 7 (GI)	30
5	Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende $N_{\min}$ -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 10 (GA)	31
6	Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende $N_{\min}$ -gehalten 0 - 30 cm (b) en 30 - 60 cm - mv. (c), perceel 13 (GA)	31
7	Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende $N_{\min}$ -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 15 (GI)	32
8	Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende $N_{\min}$ -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 17 (GI)	32
9	Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende $N_{\min}$ -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 18 (GA)	33
10	Gemiddelde gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) per gewas voor het gangbare systeem en het geïntegreerde systeem (aa = aardappel, sb = suikerbiet, wt = wintertarwe, gz = graszaad en kz = koolzaad)	34
11	Verskil in uitspoeling (%) bij variant 1 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen	38

12 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 2 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen	40
13 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 4 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen	41
14 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 5 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen	43
15 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 6 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoering	44
16 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 7 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoering	45

Aanhangsels

1 Korte profielbeschrijvingen met de keuze van de bouwstenen van de Staringreeks	51
2 Perceelsregistratiekaart	53
3 Gewasresten	59

Woord vooraf

In dit deelrapport wordt verslag gedaan van de resultaten van simulaties (voorjaar 1990 tot en met voorjaar 1993) van de water- en stikstofhuishouding voor gangbare en geïntegreerde bedrijfssystemen op proefbedrijf Borgerswold. DLO-Staring Centrum (SC-DLO) heeft het modelonderzoek uitgevoerd; de varianten zijn in samenwerking met het Proefstation voor Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV) gekozen. Dit rapport is het derde deelrapport uit een serie van drie rapporten over het nitraatuitspoelingsonderzoek op de twee proefbedrijven Borgerswold en Vredepeel.

Het ministerie LNV, PAGV en SC-DLO financieren dit onderzoek.

Samenvatting

Op de proefbedrijven Borgerswold en Vredepeel wordt onderzoek gedaan naar geïntegreerde bedrijfssystemen in de akkerbouw. Doel is het ontwikkelen van meer duurzame bedrijfssystemen waarbij duurzaamheid betrekking heeft op teelttechnische, ecologische en economische aspecten. Dit rapport beschrijft een modelstudie van de stikstofemissie naar het grondwater van zowel geïntegreerde als gangbare teelten op proefbedrijf Borgerswold, met als doel te kunnen bepalen of geïntegreerde akkerbouw aan de verwachtingen voldoet voor nitraatuitspoeling. Tevens wordt nagegaan of verdergaande maatregelen de nitraatuitspoeling kunnen reduceren.

Vanwege de hoge ziektedruk bij de zeer frequente aardappelteelt in de veenkoloniale gronden richt het geïntegreerde systeem op proefbedrijf Borgerswold zich voornamelijk op het terugdringen van het gebruik van bestrijdingsmiddelen en het minder vaak toepassen van grondontsmetting. Het geïntegreerde systeem heeft daarom een ruimere vruchtwisseling (1 op 4 aardappel) dan het gangbare systeem (1 op 2 aardappel).

Verschillen in nitraatuitspoeling zijn te verwachten op basis van de verschillende bemestingsstrategieën tussen beide systemen. De gangbare bemestingsstrategie is gericht op maximale opbrengst, terwijl de geïntegreerde strategie zich richt op het handhaven van een goede bodemvruchtbaarheid en een kwalitatief en kwantitatief goed produkt. Daarnaast is het de bedoeling om emissies van meststoffen zoveel mogelijk te beperken. Bij de metingen in het bovenste grondwater werd geen significant verschil gevonden in de nitraatconcentraties tussen de gangbare en de geïntegreerde percelen. De milieunorm die een stikstofconcentratie van 11,3 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ in het grondwater toestaat, werd volgens de metingen steeds overschreden.

Met behulp van de simulatiemodellen SWACROP (waterhuishouding in de onverzadigde zone) en ANIMO (stikstofhuishouding) is de nitraatuitspoeling gesimuleerd. Bij de validatie is gebruik gemaakt van de meetresultaten beschreven door Hack-ten Broeke et al. (1993) en van $N_{\min}$ -metingen, uitgevoerd door het PAGV. Het model berekende de $N_{\min}$ -gehalten zeer goed, terwijl gemiddeld de nitraatconcentraties in het grondwater door het model iets onderschat werden.

Alleen de gewassen aardappel en wintertarwe werden in beide systemen voldoende vaak geteeld om een vergelijking tussen beide systemen mogelijk te maken. Bij geïntegreerd geteelde aardappel en wintertarwe werd 16,5% resp. 35% minder uitspoeling berekend dan bij dezelfde gangbaar geteelde gewassen. Volgens deze simulaties pakt het geïntegreerde systeem dus gunstiger uit voor het milieu dan het gangbare systeem.

Na de validatie zijn verschillende varianten ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen doorgerekend, om na te gaan of door verdergaande maatregelen de N-emissie naar het grondwater gereduceerd kan worden. Variant 4 en 6 hebben betrekking op het geïntegreerde systeem, variant 7 heeft betrekking op het gangbare systeem en de varianten 1, 2, 3 en 5 hebben betrekking op beide systemen.

De eerste variant, toediening van alle stikstof in de vorm van kunstmest, leverde gemiddeld genomen geen reductie op van nitraatuitspoeling. Aangezien in de eerste twee jaar de dierlijke mest niet voor maar pas ná de toediening geanalyseerd werd op nutriënten, werd in een aantal gevallen te veel dierlijke mest toegediend. Bij de tweede variant is daarom de juiste hoeveelheid mest (op adviesbasis) toegediend, hetgeen resulteerde in een reductie van de nitraatuitspoeling van ongeveer tien procent ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen. De derde variant was een combinatie van de eerste twee varianten, waarbij de hoeveelheid dierlijke mest op adviesbasis werd vervangen door kunstmest. Deze variant leverde ongeveer dezelfde uitspoeling op als bij de huidige bedrijfsvoeringen.

Bij de vierde variant werd braak ingepast op de plek van veldboon. Dit leidde zoals verwacht tot een forse toename van de uitspoeling, omdat er tijdens het groeiseizoen geen stikstof werd opgenomen, terwijl wel mineralisatie optreedt. De vijfde variant, het niet telen van groenbemesters, is doorgerekend om na te gaan wat het (veronderstelde gunstige) effect van groenbemesters is op de nitraatuitspoeling. Bij de berekeningen werd bevestigd dat het telen van groenbemesters een goede maatregel is om de uitspoeling te beperken. Na winterrogge en graszaad worden in het geïntegreerde systeem gewoonlijk geen groenbemesters geteeld, maar laat men de opslag van deze gewassen hergroeien. Met het model is berekend wat het effect zou zijn, wanneer Italiaans raaigras wordt ingezaaid in plaats van het laten groeien van de opslag. Hieruit bleek dat na de teelt van winterrogge de nitraatuitspoeling gereduceerd kan worden als Italiaans raaigras wordt ingezaaid, maar dat dit na de teelt van graszaad niet zinvol is. De opslag van graszaad bleek dus meer stikstof op te nemen dan opnieuw ingezaaid Italiaans raaigras. De laatste variant heeft ook betrekking op de teelt van groenbemesters. In het gangbare systeem werden deze bemest om een goede 'startgroei' te bewerkstelligen. Bij de laatste variant werd deze najaarsbemesting weggelaten, waarbij aangenomen werd dat als gevolg hiervan de bodembedekking en de gewasopname gehalveerd werden. Volgens de berekeningen zou hiermee de nitraatuitspoeling met nog ongeveer 20% verminderd kunnen worden.

1 Inleiding

Het beleid van de overheid is erop gericht emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten vanuit de landbouw naar lucht, grond- en oppervlaktewater zoveel mogelijk terug te dringen. Het onderzoek naar geïntegreerde bedrijfssystemen dat het PAGV sinds 1979 uitvoert (proefbedrijf te Nagele, kleigrond) heeft uitgewezen dat ook bij een aanzienlijke emissie-beperking rendabele landbouw mogelijk is middels een geïntegreerde bedrijfsvoering (Vereijken en Wijnands, 1990).

Vanwege de goede resultaten van het geïntegreerde bedrijf te Nagele is ook op andere proefbedrijven onderzoek gestart naar de perspectieven van een geïntegreerde bedrijfsvoering: op Borgerswold (dalgrond, vanaf 1986) en Vredepeel (zandgrond, vanaf 1989). Daarnaast is op experimentele basis overgegaan tot introductie van geïntegreerde akkerbouw op praktijkbedrijven ('innovatiebedrijven'). In overleg met Waterleidingmaatschappij Drenthe en provincie Drenthe is door PAGV en SC-DLO een onderzoeksvoorstel geformuleerd, met als doel de kwantificering van de N-belasting van grond- en oppervlaktewater, teneinde na te gaan of de geïntegreerde akkerbouw aan de milieunormen voor stikstof voldoet. Dit onderzoek omvat een meetprogramma op de proefbedrijven (1991-1994) en de innovatiebedrijven (1992-1994) met daarnaast een modelstudie voor de vertaling van de behaalde resultaten naar andere omstandigheden. Belangrijke vraag daarbij was hoe de nitraatuitspoeling wordt beïnvloed door verschillende teeltmaatregelen en of het zinvol is over te gaan op verdergaande teeltmaatregelen. Dit rapport behandelt de modelstudie voor proefbedrijf Borgerswold. Eens per jaar werd op dit bedrijf het nitraatgehalte in het bovenste grondwater gemeten. De bemonsteringswijze en de resultaten daarvan zijn beschreven door Hack-ten Broeke et. al. (1993).

De gemeten concentraties zijn alleen geldig voor de omstandigheden op de proefbedrijven. Voor meer algemene uitspraken wordt gebruik gemaakt van simulatiemodellen, in dit geval de modellen SWACROP (waterbalans in de onverzadigde zone) en ANIMO (stikstofhuishouding).

Op het proefbedrijf lagen verschillende systemen naast elkaar, zodat de geïntegreerde en de gangbare bedrijfsvoering met elkaar vergeleken konden worden. Het belangrijkste verschil tussen het hier besproken gangbare en het geïntegreerde systeem was de vruchtwisseling. Vanwege de hoge ziektedruk bij de zeer frequente aardappelteelt in de veenkoloniale gronden richt het geïntegreerde systeem op proefbedrijf Borgerswold zich voornamelijk op het terugdringen van het gebruik van bestrijdingsmiddelen en het minder vaak toepassen van grondontsmetting. Het geïntegreerde systeem had daarom een ruimere vruchtwisseling dan het gangbare. Bij het geïntegreerde systeem werd eens in de vier jaar aardappel geteeld, terwijl bij het gangbare systeem eens in de twee jaar aardappel geteeld werd. Bij het gangbare systeem werd naast aardappel wintertarwe en suikerbiet geteeld, terwijl bij het geïntegreerde systeem naast aardappel, wintertarwe en suikerbiet ook nog koolzaad, graszaad, winterrogge en veldboon werden geteeld. Vanwege de verschillende vruchtwisseling was het niet mogelijk om de systemen direct met elkaar te vergelijken. Een vergelijking tussen beide systemen moet over een langere periode

gemaakt worden. Simulatiemodellen kunnen hierbij een belangrijk hulpmiddel zijn wanneer de systemen over meerdere jaren doorgerekend worden.

Naast de vergelijking in uitspoeling tussen beide systemen werden mogelijke effecten van teeltmaatregelen op de nitraatuitspoeling onderzocht. Deze teeltmaatregelen zijn veranderingen ten opzichte van de huidige bedrijfsvoering voor beide systemen.

In hoofdstuk 2 wordt de werkwijze beschreven met een korte toelichting op de gebruikte simulatiemodellen en een beschrijving van de varianten op de bedrijfsvoering. In hoofdstuk 3 volgt een korte beschrijving van de meetlocaties op het proefbedrijf en de meetresultaten. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de simulaties van de veldsituaties besproken. Als blijkt dat de veldsituatie goed gesimuleerd wordt, kan overgegaan worden op de berekening van enkele varianten, waarvan de resultaten staan vermeld in hoofdstuk 5. Tot slot worden in hoofdstuk 6 de conclusies gegeven.

2 Werkwijze en methoden

Op het proefbedrijf is in het voorjaar van 1991, 1992 en 1993 op acht percelen het grondwater bemonsterd. Van deze grondwatermonsters is vervolgens het nitraatgehalte bepaald. Van de acht percelen waren er vier in gebruik voor geïntegreerde en vier voor gangbare akkerbouw. Op deze wijze kon een vergelijking worden gemaakt tussen de nitraatconcentraties in het grondwater onder gangbare of geïntegreerde akkerbouw (Hack-ten Broeke et al., 1993).

Met behulp van de metingen kan ook een modelvalidatie worden uitgevoerd en als deze succesvol is kunnen verdere berekeningen (extrapolaties) worden uitgevoerd. De simulaties zijn uitgevoerd met de modellen SWACROP (Belmans et al., 1983; Feddes et al., 1988) en ANIMO (Berghuijs-van Dijk et al., 1985; Rijtema en Kroes, 1991). Vergelijkbare studies met deze modellen zijn ook al eerder beschreven in diverse rapporten (o.a. Van der Bolt et al., 1990; Dijkstra et al., 1993) en daarom wordt hier volstaan met een summiere modelbeschrijving.

De metingen van nitraatconcentraties in het grondwater zijn gestart in 1991 en de simulaties zijn uitgevoerd vanaf 1990, omdat de teelt van 1990 van invloed is geweest op de uitspoeling in winter '90/'91 en dus op die grondwaterkwaliteit. De jaren 1990 t/m 1992 zijn gebruikt als calibratiejaren, waarin bepaalde parameters een waarde krijgen zodat de water- en stikstofhuishouding zo goed mogelijk gesimuleerd worden. Calibratieparameters hebben altijd betrekking op parameters die niet of nauwelijks in het veld te meten zijn en waarover ook in de literatuur weinig bekend is. In de modellen SWACROP en ANIMO zijn als calibratieparameters gebruikt: parameters die gewasopname beschrijven (drukhoogten waarbij het gewas niet meer optimaal water kan onttrekken in SWACROP) en constanten die de zuurstofdiffusie in de bodem bepalen (in ANIMO). Of met de gehanteerde calibratieparameters ook in andere jaren de stikstofhuishouding goed gesimuleerd wordt, is gecontroleerd met de gegevens van 1993 (validatie).

2.1 SWACROP

De waterhuishouding is gesimuleerd met het model SWACROP. Dit model is gebaseerd op de Richard's vergelijking met een zogenaamde sink term om de wateropname door plantewortels te beschrijven (Belmans et al., 1983; Feddes et al., 1988). De Richard's vergelijking wordt numeriek opgelost. Met deze vergelijking worden onder andere drukhoogte en vochtgehalte in de bodem berekend. Voor de berekeningen wordt de bodem in compartimenten (rekeneenheden) van bijvoorbeeld 10 cm dikte verdeeld en de tijd in tijdstappen, zodat de vergelijking per tijdstap per compartiment wordt opgelost.

De invoer van het model bestaat uit bodemfysische gegevens, zoals de waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van de bodem, meteorologische gegevens (neerslag, straling, temperatuur, luchtvochtigheid en windsnelheid) en gewasgegevens,

zoals zaai- en oogstdatum en bodembedekking. De neerslag en de temperatuur zijn gemeten op het proefbedrijf, de overige meteorologische gegevens (globale straling, luchtvochtigheid en windsnelheid) zijn afkomstig van het KNMI-weerstation Eelde. Als onderrandvoorwaarde voor het profiel worden grondwaterstanden opgegeven. Deze grondwaterstanden werden op het proefbedrijf tweewekelijks opgenomen.

Voor de modelberekeningen is voor de waterretentie- en waterdoorlatendheids-karakteristieken (pF- en k(h)-relaties) gebruik gemaakt van de Staringreeks (Wösten et al., 1987). Per perceel werd steeds opnieuw een keuze gemaakt voor profielopbouw en de bouwstenen uit de Staringreeks, omdat over het gehele bedrijf verschillende bodemeenheden voorkomen. In aanhangsel 1 is per bodemeenheid aangegeven voor welke profielopbouw en voor welke bouwstenen uit de Staringreeks is gekozen. De pF- en K(h)-relaties zullen voor bepaalde percelen dichter bij de veldsituatie liggen dan voor andere percelen, omdat de profielen die zijn doorgerekend, afgeleid zijn van profielschetsen (zgn. representatieven van een bodemeenheid).

Bij de bemonstering is geprobeerd zoveel mogelijk binnen één bodemeenheid te blijven. Op perceel 15 kwamen twee bodemeenheden echter zeer heterogeen voor, waardoor het niet zeker was dat de bemonsteringen binnen één eenheid uitgevoerd zijn. Daarom zijn voor dit perceel twee simulaties uitgevoerd, voor elke bodemeenheid een.

Van ieder perceel is door PAGV op zogenaamde 'perceelsregistratiekaarten' bijgehouden wanneer een gewas gezaaid of gepoot is, wanneer het geoogst is, welke grondbewerkingen plaatsgevonden hebben enz. Tevens zijn de tijdstippen en hoeveelheden van bemesting aangegeven. Een voorbeeld van een perceels-registratiekaart is gegeven in aanhangsel 2.

Om de verdamping te kunnen berekenen zijn naast de zaai- en oogstdata van de gewassen gegevens nodig die betrekking hebben op de bodembedekking en de ontwikkeling van het gewas. Die gegevens zijn o.a. afgeleid uit diverse teelthandleidingen van het PAGV en andere beschrijvingen van de groei en ontwikkeling voor suikerbiet (Kromwijk, 1986), graszaad (Vreeke, 1988), winterrogge (Darwinkel, 1991), aardappel (De Jong, 1985), koolzaad (Habekotté, 1978), veldboon (Sibma et al., 1989) en wintertarwe (Jonker, 1958). In deze beschrijvingen staat onder andere vermeld wanneer het gewas opkomt, hoe de ontwikkeling is, hoe de drogestofverdeling is en hoe diep het gewas wortelt met daarbij het ontwikkelingsverloop van het wortelstelsel. Uit deze gegevens werden het verloop van de bodembedekking en gewashoogte afgeleid en ingevoerd in SWACROP.

Deze ontwikkeling geldt voor 'gemiddelde' gewassen, waardoor de gewasverdamping niet voor elk simulatiejaar even goed beschreven is. Voor het ene gewas wordt zo een nauwkeuriger beschrijving gegeven van het groeiverloop dan voor het andere gewas. Het is zeer waarschijnlijk dat voor bepaalde gewassen, waarvan weinig bekend is, de bodembedekking van het gewas minder nauwkeurig wordt berekend dan voor meer gangbare gewassen waarvan meer bekend is. Daarom is door het PAGV nog eens nagegaan of de ingevoerde bodembedekking en gewashoogte redelijk waren. Het voorkomen van ziekten en plagen wordt in principe niet meegenomen in de

simulaties. Wel is het mogelijk om het gewas 'slechter te laten groeien' door bijvoorbeeld de bodembedekking te verminderen. Op die manier kan toch rekening worden gehouden met ziekten en plagen. Deze werkwijze is toegepast op aardappel in 1991 (perceel 18). Hier was door aardappelcysteaaltjes schade opgetreden, waardoor de bodembedekking ongeveer 85% in plaats van 100% was (Hofmeester, mond. med.).

Voor de simulatie van de wintergewassen is een enigszins provisorische oplossing gekozen. Er wordt in het model van uitgegaan dat er per jaar slechts één gewas wordt geteeld. Om nu toch met twee 'verschillende' gewassen binnen één jaar te rekenen is als invoer meegegeven dat het hoofdgewas gedurende bepaalde tijd niet groeit of zelfs afsterft (bodembedekking gelijk aan nul) en weer 'gaat groeien' op het moment dat het wintergewas opkomt.

Voor de verdere invoergegevens die betrekking hebben op de gewasgroei zijn zoveel mogelijk standaardwaarden aangehouden (Wesseling, 1991). De bewortelingsdiepte is aangepast aan de bewortelbare diepte, zoals aangegeven in de beschrijvingen van de bodemgesteldheid van Borgerswold (Makken en Dekkers, 1986).

Een calibratie van het model SWACROP was niet mogelijk, omdat er geen hydrologische gegevens zoals drukhoogte en vochtgehalte beschikbaar waren. Daarom is bij de simulaties van de waterhuishouding alleen de waterbalans gecontroleerd, vooral lettend op transpiratie en neerslagoverschot. Aan het eind van ieder rekenjaar wordt een balans opgemaakt, waarin alle vormen van watertoevoer en afvoer in het beschouwde deel van de bodem als post op de balans komen te staan. Toevoer vindt plaats door neerslag en capillaire opstijging vanuit het grondwater. Afvoer vindt plaats d.m.v. verdamping door het gewas, evaporatie, drainage en uitspoeling naar diepere lagen. Gemiddeld verdampt een gewas ongeveer 300 mm per jaar. Ook het neerslagoverschot is ongeveer 300 mm per jaar. Om te controleren of de simulatie van de waterhuishouding acceptabel is, is gekeken of deze posten op de waterbalans in die orde van grootte lagen, rekening houdend met de verschillende weersituaties.

2.2 ANIMO

Met behulp van het model ANIMO is de stikstofhuishouding gesimuleerd met de resultaten van SWACROP als uitgangspunt. In het model ANIMO worden de transport- en omzettingsprocessen, zoals mineralisatie, (de)nitrificatie en opname door het gewas op veldschaal, kwantitatief beschreven. De procesparameters zijn gebaseerd op meerjarige veldexperimenten. Doordat het model processen beschrijft, kunnen reacties van een systeem op veranderingen worden onderzocht, waardoor het model geschikt is om effecten van teeltmaatregelen te bestuderen.

Het model is zeer gevoelig voor de waterhuishouding zoals die door SWACROP beschreven wordt, omdat de invloed van het vochtgehalte op de omzettingsprocessen groot is. Denitrificatie speelt daarbij een belangrijke rol. Dit proces wordt voor een belangrijk deel bepaald door het zuurstofgehalte in de bodem. Wanneer slechts een

deel van een compartiment verzadigd is met water, wordt door ANIMO het gehele compartiment als anaëroob beschouwd. Als gevolg hiervan kan de denitrificatie overschat worden.

Net als bij SWACROP wordt de bodem in lagen verdeeld, waarin per tijdstap een volledige water- en stikstofbalans en de daarbij optredende omzettingsprocessen worden berekend. Aan de bovenkant van het bodemprofiel vindt aanvoer van stikstof plaats in de vorm van depositie en bemesting. Afvoer van stikstof uit het beschouwde deel van de bodem vindt in het model plaats door uitspoeling, vervluchting, denitrificatie en opname door het gewas.

De meeste invoergegevens voor de simulatie zijn afkomstig van de al eerder genoemde perceelsregistratiekaarten. De invoer van het model omvat onder andere twee standaardinvoerfiles, waarin de gewassen en de materialen die aan de bodem toegevoegd worden (bijv. mest en wortels) gedefinieerd zijn. Onder deze materialen vallen ook de gewasresten (aanhangel 3). Daarnaast is er een file die aangeeft wanneer, hoeveel en met welk soort mest er bemest wordt. Het materiaal dat wordt ingewerkt in het voorjaar (groenbemesters of gewasresten) is gedefinieerd als één materiaal. In werkelijkheid hebben groenbemesters en gewasresten niet hetzelfde type organische stof en zijn de afbraaksnelheden van de materialen verschillend. Omdat over de samenstelling van deze materialen verder weinig bekend is, zijn deze net zo gedefinieerd als de wortels van gras in de invoerbeschrijving van ANIMO (Kroes, 1993).

Voordat begonnen kan worden met de eigenlijke simulatie, moet een begintoestand van de hoeveelheid en de verdeling van stikstof en organische stof in de bodem bekend zijn. Daartoe wordt een 'voorgeschiedenis' doorgerekend, waarin de verdeling van stikstof 'opgebouwd' wordt. De cijfers van minerale stikstof en organische stof van het eerste jaar (1990) werden gebruikt om een eerste, mogelijk voorkomende verdeling te schatten. Met deze geschatte verdeling werd een fictieve vijftienjarige geschiedenis doorgerekend, gebruik makend van de weersgegevens van 1975 tot en met 1989 van weersstation De Bilt. Aan het eind van deze fictieve geschiedenis was zo een stikstofverdeling over het profiel berekend, waarmee de eigenlijke simulaties gestart werden. Bij deze voorgeschiedenis-berekeningen werden balansen opgesteld waarvan de belangrijkste posten zoals gewasopname, mineralisatie en nitraatuitspoeling vergeleken werden met waarden zoals die door Adriaanse (1988) en Van der Bolt (1990) gehanteerd zijn. Voor de gewasopname van stikstof werd uitgegaan van ongeveer 200 tot 300 kg N per hectare per jaar, afhankelijk van het gewas. Aardappelen nemen bijvoorbeeld meer stikstof op dan bonen. Per jaar mineraliseert er bruto ongeveer 400 kg N per ha. Net als bij de werkwijze van Adriaanse (1988) werden de waarden van de zuurstofdiffusie-coëfficiënten in de berekening van de voorgeschiedenis zodanig aangepast dat voor de gewasopname, de mineralisatie en de neerwaartse flux van nitraat redelijke waarden berekend werden.

2.3 Variantenstudie

Uiteindelijk is het de bedoeling van deze studie om te achterhalen wat er gebeurt met de stikstofuitspoeling als we aan het bedrijfsmanagement iets veranderen. Voor dergelijke situaties wordt ook gebruik gemaakt van modelsimulaties, waarbij enkele omstandigheden of teeltmaatregelen veranderen. Zo is het mogelijk door een wijziging in de invoer van het model, de mogelijke invloed van bepaalde teeltmaatregelen op de nitraatuitspoeling te bestuderen, zonder dat daar direct veldproeven voor nodig zijn. Op deze manier kan bijvoorbeeld gezocht worden welke maatregelen in de bedrijfsvoering kunnen bijdragen aan vermindering van nitraatuitspoeling.

Uitgaande van de huidige bedrijfsvoeringen is een aantal varianten opgesteld, waarbij het uitgangspunt was dat de varianten praktisch uitvoerbaar moesten zijn. De economische haalbaarheid van de maatregelen wordt in dit kader buiten beschouwing gelaten. Dit resulteerde in de volgende varianten:

- 1 Organische mest vervangen door kunstmest. De hoeveelheid werkzame stikstof die in de vorm van organische mest wordt toegediend, wordt in de vorm van kunstmest toegediend. Hierbij wordt rekening gehouden met de werkingscoëfficiënt die aangegeven is op de perceelsregistratie. De gevolgen van een lager organische-stofgehalte ten gevolge van het ontbreken van organische bemesting worden hier buiten beschouwing gelaten.
- 2 Het niveau van bemesting aanpassen aan de adviesgift. Vooral in de eerste twee jaar is in het geïntegreerde systeem meer toegediend dan volgens de adviesgift bedoeld was.
- 3 Organische mest (adviesgift) vervangen door kunstmest. Dit is een combinatie van de eerste twee varianten.
- 4 Zwarte braak inpassen tussen fabrieksaardappel (met voorvrucht graszaad) en suikerbiet. In de huidige geïntegreerde vruchtwisseling is dat op de plek van veldboon.
- 5 De teelt van groenbemesters achterwege laten om het effect van de groenbemesters op de nitraatuitspoeling te bestuderen. Bij deze variant wordt dus een hogere nitraatuitspoeling verwacht.
- 6 Inzaaien van Italiaans raaigras na wintergraan en graszaad in plaats van het laten groeien van opslag van wintergraan en graszaad. Er wordt verwacht dat Italiaans raaigras meer stikstof opneemt dan de opslag van wintertarwe en iets meer dan graszaad omdat de bodembedekking groter is bij Italiaans raaigras dan bij met name de opslag van wintergraan en, in iets mindere mate, bij graszaad.
- 7 Groenbemesters niet bemesten. Het is mogelijk dat de groenbemesters hierdoor minder goed groeien. Dit wordt in het model opgevangen door bij de invoer de bodembedekking en de gewasopname te halveren. Deze variant wordt alleen doorgerekend voor het gangbare systeem, want in het geïntegreerde systeem werd de groenbemester niet bemest.

3 Systeembeschrijving en meetresultaten

3.1 Systeembeschrijving

Tabel 1 geeft een overzicht van de gewassen die in de voorafgaande zomer van de meetjaren 1991-1993 geteeld zijn. Het gangbare systeem heeft een vierjarige vruchtwisseling met twee keer aardappel. Het geïntegreerde systeem heeft een achtjarige vruchtwisseling met daarin ook twee keer aardappel.

Tabel 1 Gewassen op de meetlokatie van Borgerswold van 1990 tot en met 1992

Perceel	Systeem*	1990	1991	1992
3	GA	aardappel	wintertarwe	aardappel
4	GI	suikerbiet	winterrogge	aardappel
7	GI	zomertarwe	koolzaad	graszaad
10	GA	suikerbiet	aardappel	wintertarwe
13	GA	aardappel	suikerbiet	aardappel
15	GI	aardappel	wintertarwe	koolzaad
17	GI	graszaad	aardappel	veldboon
18	GA	wintertarwe	aardappel	suikerbiet

* GA = gangbaar, GI = geïntegreerd

Er bestaat een aantal verschillen in bemestingsstrategie tussen het gangbare en geïntegreerde bedrijfssysteem. Deze liggen in het gebruik van dierlijke mest, de absolute hoeveelheid aangevoerde stikstof en het tijdstip van toediening van de meststoffen.

3.1.1 Gangbaar systeem

Het doel van de bemesting binnen het gangbare bedrijf is het behalen van maximale fysieke opbrengsten. Om dit te bereiken worden de bemestingsadviezen van IKC/DLV gevolgd. Er wordt dierlijke mest ingezet voor de suikerbiet en de fabrieksaardappel met voorvrucht wintertarwe. Vanwege de ruime beschikbaarheid wordt gekozen voor varkensdrijfmest, maar in 1990 werd voorafgaand aan de suikerbiet nog slachtkuikenmest toegediend. De mest wordt in principe in het voorjaar geïnjecteerd. In de hier beschreven periode werd voor de fabrieksaardappel echter steeds dierlijke mest in het voorafgaand najaar toegediend in de stoppel van de wintertarwe, waarna een groenbemester werd ingezaaid.

Voor de fabrieksaardappel met voorvrucht suikerbiet is geen ruimte voor dierlijke mest in verband met de grote hoeveelheid kali die achterblijft in het bietenblad. Alle verder nog noodzakelijke fosfaat en kali wordt toegediend in de vorm van kunstmest. Na aftrek van de voor het gewas beschikbare N uit dierlijke mest wordt de benodigde hoeveelheid N uit kunstmest berekend. Ten behoeve van de organische-stofvoorziening wordt in het gangbare systeem Italiaans raaigras als groenbemester na de wintertarwe gezaaid. Afhankelijk van de mate waarin deze teelt geslaagd is te noemen, wordt maximaal 40 kg-ha⁻¹ van de benodigde N-gift voor het volggewas

(aardappel) afgetrokken. Algemeen wordt aangenomen dat het toepassen van natte grondontsmetting een bemestende waarde van $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ voor de volgteelt oplevert. De aanvulling op dierlijke mest en verwachte N-nawerking uit groenbemester of grondontsmetting geschiedt in de vorm van kunstmest. In tabel 2 wordt de stikstofbemesting binnen het gangbare systeem schematisch weergegeven.

Tabel 2 N-bemesting gangbaar systeem ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Gewas	Dierlijke mest*	Kunstmest	Groenbemester/ grondontsmetting	N _{beschikbaar}
wintertarwe	-	160	-	160
aardappel	130	85	40	210
suikerbiet	130	50	15	150
aardappel	-	180/200	-	180/200

* werkingscoëfficiënt van 0,65

De N-gift van de aardappelen varieert tussen 180 en $210 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na een geslaagde groenbemester wordt een meeropbrengst van de aardappelen verwacht, waarvoor ook een iets hogere N-gift gerechtvaardigd is.

3.1.2 Geïntegreerd systeem

Het belangrijkste doel van de bemesting binnen dit bedrijf is het handhaven van een goede bodemvruchtbaarheid en daarbij een kwalitatief en kwantitatief goed produkt leveren. Daarnaast is het de bedoeling om emissies van meststoffen zoveel mogelijk te beperken. Streven is daarbij een maximale uitspoeling van 50 mg nitraat per liter grondwater, gemeten op 2 meter onder de grondwaterspiegel.

Om deze doelen te bereiken wordt fosfaat en kali in bouwplanverband toegediend, door middel van een perceelsgerichte bemesting van de meest fosfaat- en kalibehoeftige gewassen. Daarbij wordt gestreefd naar een K-getal rond de 11 en een P_w -getal tussen de 30 en 50. Bij die waarden geldt dat de aangevoerde hoeveelheid fosfaat en kali gelijk is aan de met produkten afgevoerde hoeveelheid (Boerma en Hofmeester, 1992).

Dierlijke mest heeft vanuit bodemvruchtbaarheids-, kostenverlagings- en beschikbaarheidsoogpunt de voorkeur boven kunstmest. Vanwege de ruime beschikbaarheid en de gunstige P/K-verhouding is gekozen voor varkensdrijfmest. Het wordt toegediend voor die gewassen die de grootste P- en K-behoefte hebben, te weten de fabrieksaardappelen en de suikerbiet. Toediening van de dierlijke mest vindt uitsluitend in het voorjaar plaats, met een bouwlandinjecteur (minimale ammoniakemissie). Bij een te hoog P_w - of K-getal wordt in dit systeem vanuit milieu-oogpunt de dierlijke mestgift verlaagd of zelfs achterwege gelaten. Dit kan in die situatie ingrijpende gevolgen hebben voor de totaal benodigde hoeveelheid kunstmest voor de niet-gelimiteerde nutriënten, hetgeen in de regel dan kostenverhogend werkt.

De stikstofbemesting vindt evenals in het gangbare systeem gewasgewijs plaats. Ook in dit systeem wordt na aftrek van de beschikbare N uit dierlijke mest en de te

verwachten hoeveelheid N uit groenbemesters, de gewenste hoeveelheid kunstmest-N voor de gewassen berekend. Na de veldboon wordt steeds gele mosterd geteeld (of winterrogge wanneer de oogst van veldboon pas laat in het seizoen kan plaatsvinden). Omdat de gehalten van nutriënten in de dierlijke mest regelmatig afwijken van het gemiddelde (tabelwaarde), wordt de inhoud van de mest voor toediening bepaald. Dit was helaas pas vanaf 1993 goed mogelijk.

Ten opzichte van het gangbare systeem wordt minder beschikbare N toegediend aan de fabrieksaardappel en de wintertarwe. Dit wordt afhankelijk gesteld van bijsturingsmethoden in de N-bemesting gedurende de teelt. Bij aardappel wordt het stikstof-bijmest systeem, in combinatie met de bladsteeltjes-methode toegepast (PAGV, 1993). In de wintertarwe wordt aan de hand van 'negatieve N-vensters' in het gewas tijdstip en noodzaak van een extra N-gift vastgesteld. Negatieve N-vensters zijn proefplekken in het veld die minder bemest zijn. Wanneer op die plekken kenmerken van N-tekort optreden, is een goede inschatting te maken van het tijdstip en de hoeveelheid van de volgende N-bemesting (Hofmeester, mond. med.). Hierdoor is het N-niveau soms gelijk aan dat van de gangbare wintertarwe, soms lager. Schematisch ziet de N-bemesting (in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) er uit als in tabel 3.

Tabel 3 N-bemesting geïntegreerd systeem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Gewas	Dierlijke mest*	Kunstmest	Groenbemester/ grondontsmetting	N _{beschikbaar}
aardappel	163	74	-	max. 180
veldboon	-	12	-	12
suikerbiet	130	45	20	150
wintertarwe	-	140/160	-	140/160
winterrogge	-	60/80	-	60/80
koolzaad	-	160	-	160
graszaad	-	90	-	90

* werkingscoëfficiënt van 0,65

Door het andere karakter van het bouwplan in het geïntegreerde systeem zijn er meer mogelijkheden tot het gebruik van groenbemesters of de benutting van zaaduitval van monocotyle gewassen. Vanwege de kosten wordt gekozen voor de benutting van zaaduitval van graszaad of wintertarwe. Gedurende (minimaal een deel van) de winter is 85% van het areaal in meer of mindere mate bedekt met een gewas(rest). Door het hoge percentage stro-rijke gewassen, wordt bovendien een deel van het N-overschot dat vrij in de bodem aanwezig is, weer ingevangen bij de vertering van dat stro (immobilisatie van N door hoge C/N-verhouding van het stro).

3.2 Meetresultaten

De bodemgesteldheid en de bemonsteringslokaties van het proefbedrijf zijn beschreven door Hack-ten Broeke et al. (1993). Een meer gedetailleerde beschrijving van de bodemgesteldheid is te vinden in Makken en Dekkers (1986).

De meetresultaten van de grondwaterbemonstering in 1991, 1992 en 1993 zijn beschreven door Hack-ten Broeke et al. (1993). In tabel 4 zijn deze resultaten samengevat als gemiddelde nitraatconcentraties per gewas en per jaar. In de tabellen staat GA voor gangbaar en GI voor geïntegreerd.

Tabel 4 Gemeten nitraatstikstofconcentraties (mg·l⁻¹) op Borgerswold van 1990 tot en met 1993 gemiddeld per gewas en per jaar

Gewas	1991		1992		1993		Gemiddeld	
	GA	GI	GA	GI	GA	GI	GA	GI
aardappel	27,4	28,8	43,4	34,7	27,9	25,1	32,9	29,5
suikerbiet	26,3	38,0	24,5	-	20,3	-	23,7	38,0
zomertarwe	-	30,9	-	-	-	-	-	30,9
graszaad	-	1,4	-	-	-	6,4	-	3,9
wintertarwe	17,8	-	45,2	17,1*	22,6	-	28,5	17,1
koolzaad	-	-	-	13,8	-	34,2	-	24,0
veldboon	-	-	-	-	-	22,5	-	22,5
gemiddeld	23,8	24,8	37,7	21,9	23,6	22,1	28,4	23,7

* winterrogge op perceel 4, wintertarwe op perceel 15 als teelt in 1991

Omdat de bemonsteringen van het grondwater niet op alle acht percelen van het geïntegreerde systeem verricht zijn, is een goede systeem-vergelijking nog niet mogelijk. Aardappel en wintertarwe of -rogge zijn in beide systemen meer dan één keer geteeld. Voor deze gewassen kan een voorzichtige vergelijking gemaakt worden. De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater was bij de geïntegreerd geteelde aardappel iets lager dan bij de gangbaar geteelde aardappel. Dit geldt ook voor de concentraties na de teelt van wintertarwe of -rogge. Bij beide gewassen zijn de verschillen niet significant.

De milieunorm voor NO₃-N voor het grondwater van 11,3 mg·l⁻¹ werd behalve na de teelt van graszaad steeds overschreden. Ook wanneer het gemiddelde wordt genomen over de drie meetjaren waren de concentraties voor beide systemen ruim twee keer zo hoog als de norm.

In de tabellen 5 t/m 9 worden de gemeten stikstofaanvoer- en -afvoerposten gegeven voor de gewassen die meer dan één keer geteeld werden. Tevens wordt aangegeven hoe hoog de minerale stikstofvoorraad in het najaar was, en de gemeten nitraatconcentraties in het grondwater. In figuur 1 wordt aangetoond dat er een redelijk verband is tussen de hoeveelheid N_{min} in het najaar en de nitraatconcentraties in het grondwater in het voorjaar.

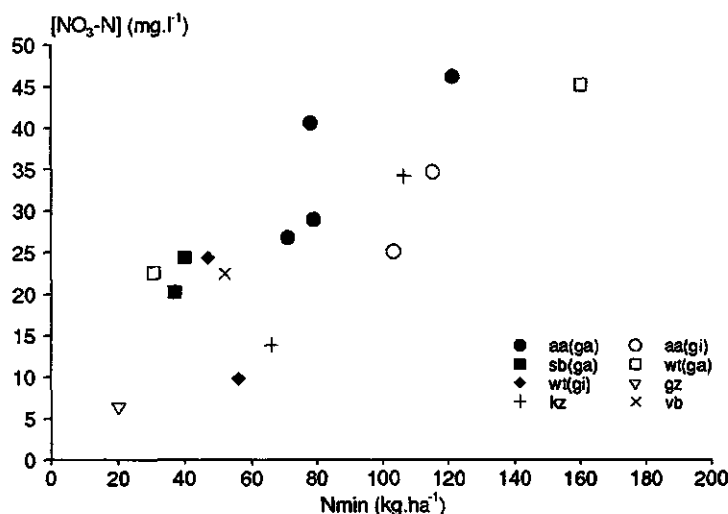


Fig. 1 Nitraatconcentraties in het grondwater versus N_{min} in het najaar

Tabel 5 Stikstofaanvoer en -afvoer voor fabrieksaardappel ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en N_{min} in het najaar

Systeem	Jaar	Perceel	N-aanvoer			N-afvoer in gewas	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	N_{min} najaar ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
			organisch	kunstmest	gb/gom*			
GA	1990	3	-	208	-	131	23,7	-
	1991	10	-	173	15	135	40,4	78
	1992	13	-	191	15	179	26,8	71
GA	1990	13	260	209	20	139	31,3	-
	1991	18	140	159	25	95	46,2	121
	1992	3	182	111	40	140	29,0	79
GI	1990	15	249	57	30	123	28,8	-
	1991	17	272	-	20	111	34,7	115
	1992	4	231	-	-	157	25,1	103

* groenbemester/grondontsmetting

Bij de gangbaar geteelde aardappel met als voorvrucht suikerbiet (eerste drie regels in tabel 5) bestond de bemesting volledig uit kunstmest. In het voorafgaande najaar werd een natte grondontsmetting uitgevoerd. De aardappel met als voorvrucht wintertarwe (vierde tot en met zesde regel in tabel 5) had in het voorafgaande najaar een dierlijke mestgift in de wintertarwestoppel. Op perceel 18 werd na een mislukte aardappelteelt bovendien een natte grondontsmetting uitgevoerd. Na deze aardappelteelt werden de hoogste concentraties aangetroffen in het grondwater. Bij de geïntegreerd geteelde aardappel werd relatief meer met dierlijke mest bemest dan bij de gangbaar geteelde aardappel. Op perceel 15 en 4 werd wintergraan ingezaaid als volggewas en op perceel 17 veldboon. Zowel op perceel 15 als op perceel 17 werd te veel dierlijke mest (hogere N-inhoud dan verwacht) toegediend aan de aardappel. Hierdoor was op perceel 17 geen kunstmest meer nodig. Er lijkt geen verband te bestaan tussen de hoeveelheid bemesting en de concentraties in het grondwater.

Tabel 6 Stikstofaanvoer en -afvoer voor wintertarwe ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en $N_{\min}$ in het najaar

Systeem	Jaar	Perceel	N-aanvoer			N-afvoer in gewas	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	$N_{\min}$ najaar ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
			organisch	kunstmest	gb/gom*			
GA	1990	18	-	169	-	178	17,8	-
	1991	3	-	160	-	137	45,2	160
	1992	10	-	167	-	129	22,6	31
GI	1991	15	-	141	-	125	24,4	47
	1991	4	-	107	-	46	9,8	56

* groenbemester/grondontsmetting

Na de gangbare wintertarweteelt werd op alle percelen een groenbemester ingezaaid. Op perceel 18 was dat winterrogge en op de percelen 3 en 10 was dit Italiaans raaigras. Op perceel 18 en 3 werd dierlijke mest toegediend in het najaar. Op perceel 18 bleef groenbemester tot maart volgend jaar staan, bij de andere percelen werd deze in december al ingewerkt.

Na de geïntegreerde wintertarweteelt werd op perceel 15 koolzaad als volgvrucht ingezaaid, terwijl de winterroggestoppel op perceel 4 regelmatig bewerkt werd.

Wintertarwe werd zowel in het gangbare als het geïntegreerde systeem alleen met kunstmest bemest. Het bemestingsniveau lag bij de geïntegreerde teelt van wintertarwe lager dan bij de gangbare teelt. Hoewel gemiddeld bij de geïntegreerd geteelde wintertarwe de nitraatconcentraties lager waren is er geen direct verband met de toegediende hoeveelheid mest. Zo werd in 1990 op perceel 18 een relatief lage nitraatconcentratie aangetroffen in het grondwater, terwijl er in dat jaar het meest bemest was. De afvoer van winterrogge (1991, perceel 4) was zo laag door een mislukte teelt.

Tabel 7 Stikstofaanvoer en -afvoer voor suikerbiet ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en $N_{\min}$ in het najaar

Systeem	Jaar	Perceel	N-aanvoer			N-afvoer in gewas	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	$N_{\min}$ najaar ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
			organisch	kunstmest	gb/gom*			
GA	1990	10	327	64	-	92	26,3	-
	1991	13	151	68	-	80	24,5	40
	1992	18	201	27	15	102	20,3	37
GI	1990	4	260	43	-	89	38,0	-

* groenbemester/grondontsmetting

Suikerbiet wordt in beide systemen zowel met dierlijke mest als met kunstmest bemest. Op perceel 10 werd na de zaai runderdrijfmest uitgereden als antistuiflaag. Deze drijfmest werd niet ondergewerkt, zodat een groot deel van de stikstof vervluchtigde. Na de teelt op perceel 10 en 13 werd een natte grondontsmetting uitgevoerd en werd winterrogge ingezaaid.

Op perceel 4 werd meer dierlijke mest toegediend dan bedoeling was, omdat de mest meer stikstof bevatte dan aanvankelijk werd aangenomen. In het najaar werd winterrogge als volgvrucht ingezaaid. De gemeten nitraatconcentraties na de gangbaar geteelde suikerbiet liggen ieder jaar ongeveer op hetzelfde niveau. De hoge concentratie na de geïntegreerde teelt van suikerbiet kan waarschijnlijk als een uitzondering beschouwd worden, omdat te veel werd bemest.

Tabel 8 Stikstofaanvoer en -afvoer voor graszaad ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en $N_{\min}$ in het najaar

Systeem	Jaar	Perceel	N-aanvoer			N-afvoer in gewas	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	$N_{\min}$ najaar ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
			organisch	kunstmest	gb/gom*			
GI	1990	17	-	93	-	17	1,4	-
	1992	7	-	104	-	38	6,4	20

* groenbemester/grondontsmetting

Na de teelt van graszaad werden lage nitraatconcentraties in het bovenste grondwater aangetroffen. Graszaad kwam alleen in het geïntegreerde systeem voor en werd alleen met kunstmest bemest. Na de oogst blijft de graszaadstoppel staan en houdt stikstof vast. De graszaadstoppel werd vanaf december regelmatig bewerkt.

Tabel 9 Stikstofaanvoer en -afvoer voor koolzaad ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) en gemeten nitraatconcentratie en $N_{\min}$ in het najaar

Systeem	Jaar	Perceel	N-aanvoer			N-afvoer in gewas	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	$N_{\min}$ najaar ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
			organisch	kunstmest	gb/gom*			
GI	1991	7	-	136	-	56	13,8	66
	1992	15	-	159	-	75	34,2	106

* groenbemester/grondontsmetting

Koolzaad kwam alleen in het geïntegreerde systeem voor. Na koolzaad kwam als volggewas graszaad. Op perceel 15 werd in het voorjaar na de teelt van koolzaad een hogere concentratie waargenomen dan op perceel 7. Dit zou te maken kunnen hebben met een N-gift van 30 kg in het najaar van 1992 ten behoeve van het volggewas.

4 Resultaten en bespreking van de simulaties

4.1 Vergelijking van de berekeningen met de metingen

De resultaten van de simulaties van de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en $N_{\min}$ zijn voor de verschillende percelen afgebeeld in de figuren 2 t/m 9. De simulaties worden weergegeven door lijnen en de metingen door punten, eventueel met aangegeven standaardafwijking.

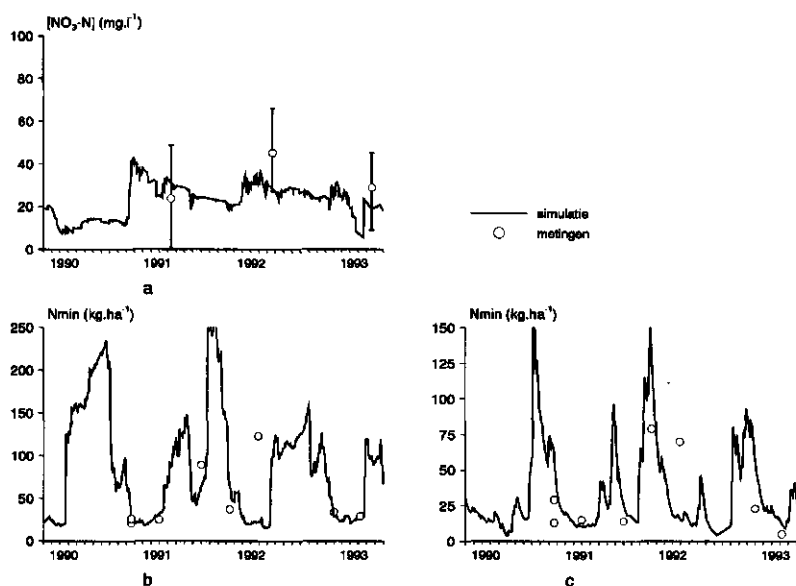


Fig. 2 Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($mg.l^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende $N_{\min}$ -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 3 (GA)

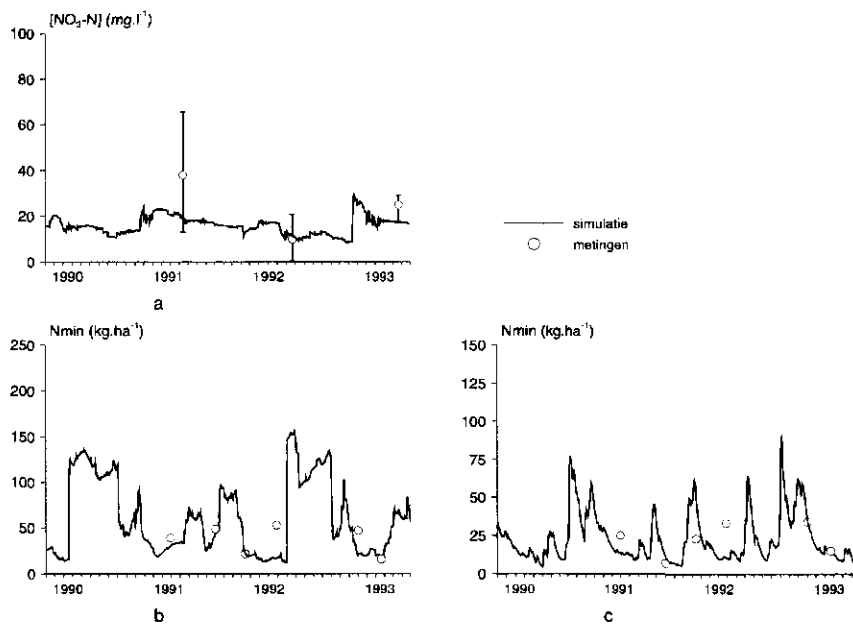


Fig. 3 Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties (mg.l^{-1}) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende N_{min} -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 4 (GI)

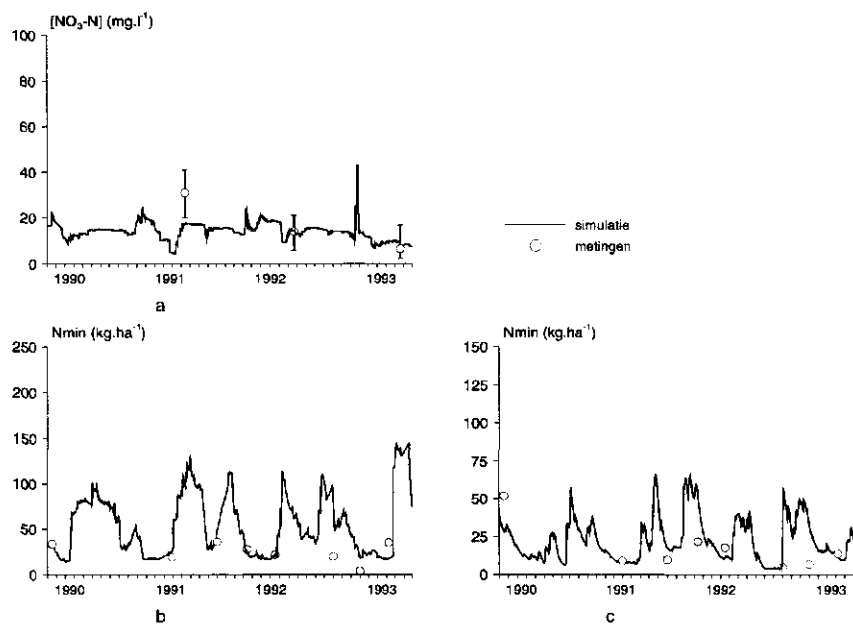


Fig. 4 Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties (mg.l^{-1}) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende N_{min} -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 7 (GI)

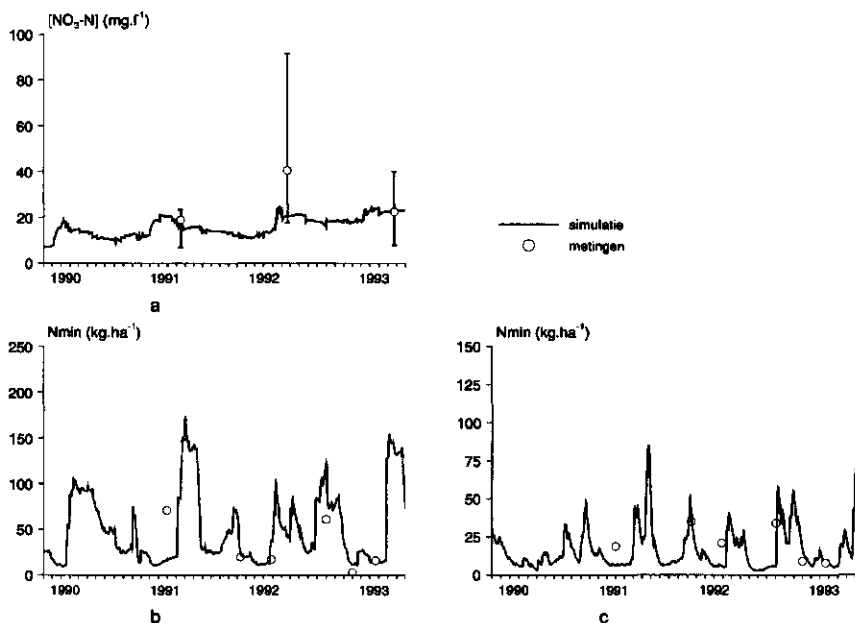


Fig. 5 Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties (mg.l^{-1}) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende N_{min} -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 10 (GA)

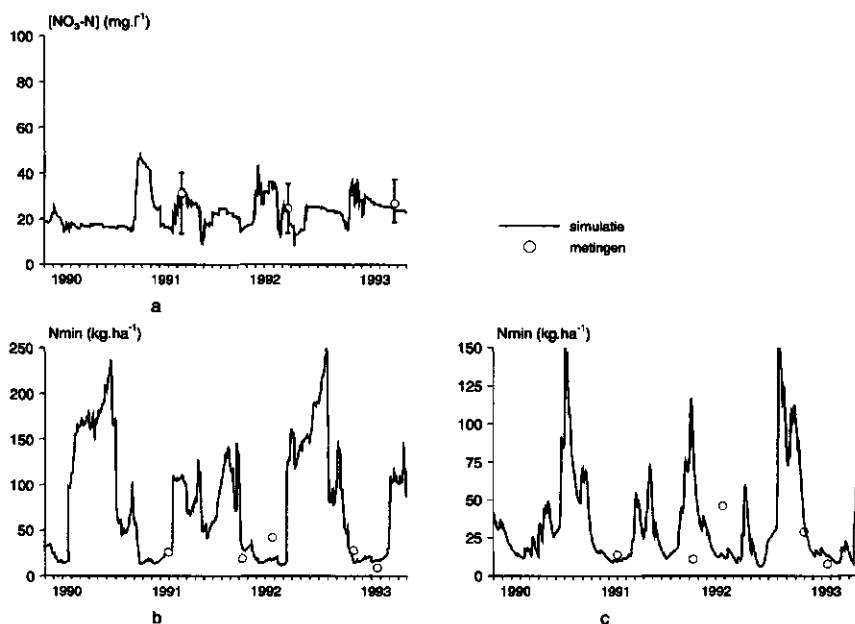


Fig. 6 Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties (mg.l^{-1}) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende N_{min} -gehalten 0 - 30 cm (b) en 30 - 60 cm - mv. (c), perceel 13 (GA)

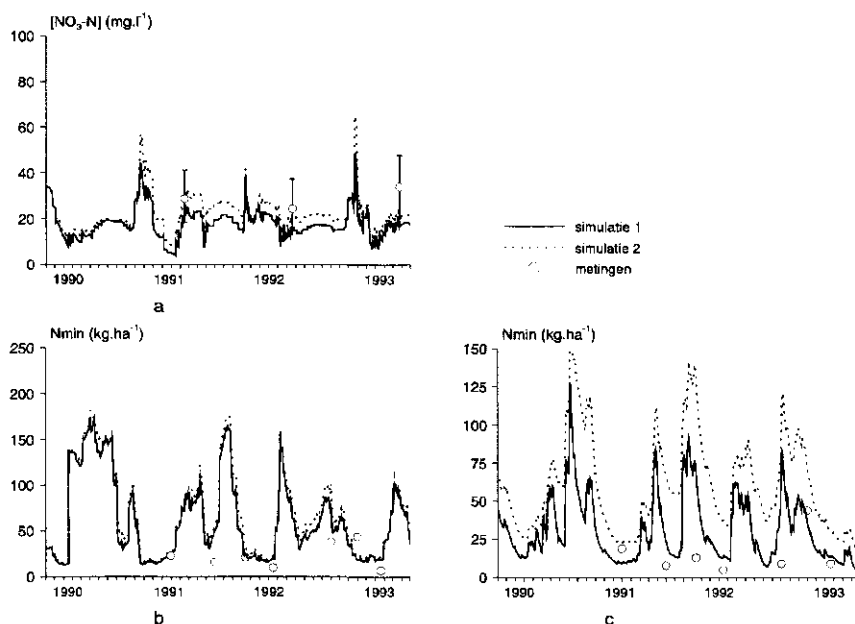


Fig. 7 Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties (mg.l^{-1}) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende N_{min} -gehaltes 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 15 (GI)

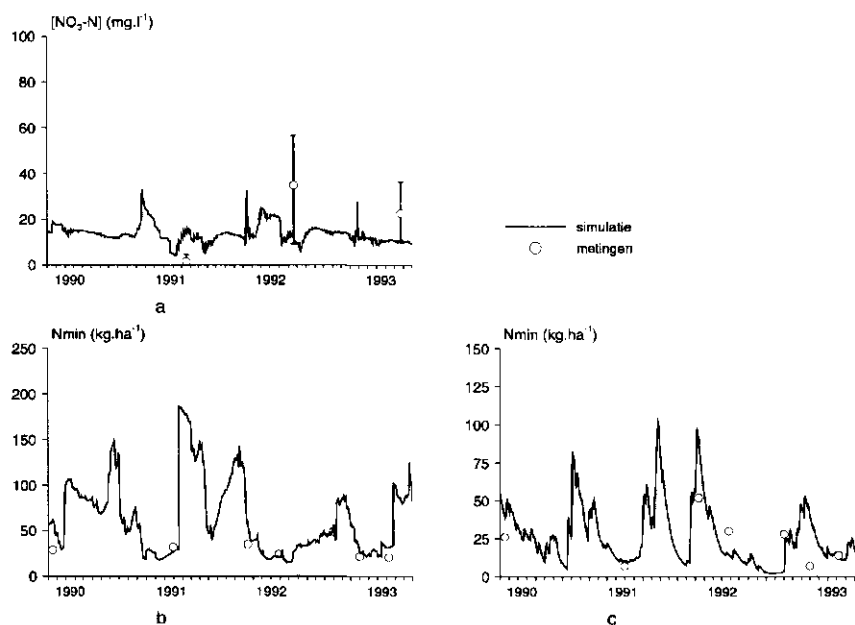


Fig. 8 Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties (mg.l^{-1}) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende N_{min} -gehaltes 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 17 (GI)

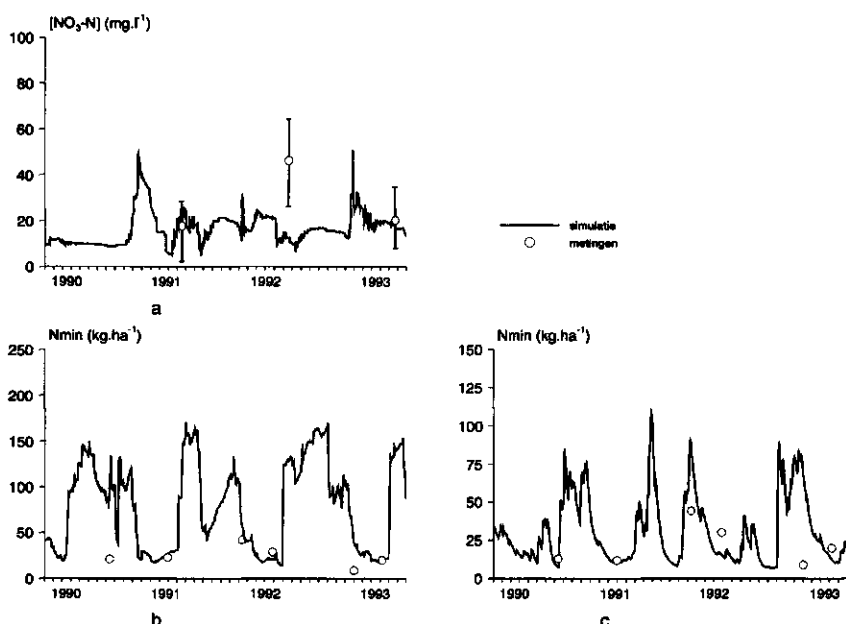


Fig. 9 Gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) in het bovenste grondwater (a) van 1-1-'90 t/m 31-5-'93 en gemeten en berekende N_{min} -gehalten 0-30 cm (b) en 30-60 cm - mv. (c), perceel 18 (GA)

Het niveau van de gesimuleerde concentraties komt voor alle percelen vrij goed overeen met dat van de metingen. Meestal blijven de gesimuleerde waarden binnen de spreiding van de metingen. De voorraad minerale stikstof wordt door het model meestal goed beschreven.

Voor perceel 15 zijn twee bodemtypen doorgerekend, omdat niet zeker is dat de bemonstering op dat perceel binnen één kaartenheid uitgevoerd is (zie ook paragraaf 2.1). In figuur 7 is te zien dat de berekende nitraatconcentraties daarbij kunnen variëren als gevolg van verschillende bodeminvoer. De spreiding in de metingen lijkt voor een deel verklaard te worden door de variatie in bodemtype.

In figuur 10 worden de gemeten en berekende concentraties nog eens weergegeven, maar dan als gemiddelde per gewas. Dit betreft alleen gewassen die vaker dan één keer geteeld werden. Ook is in deze grafiek de milieunorm voor $\text{NO}_3\text{-N}$ van $11,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ in het grondwater aangegeven.

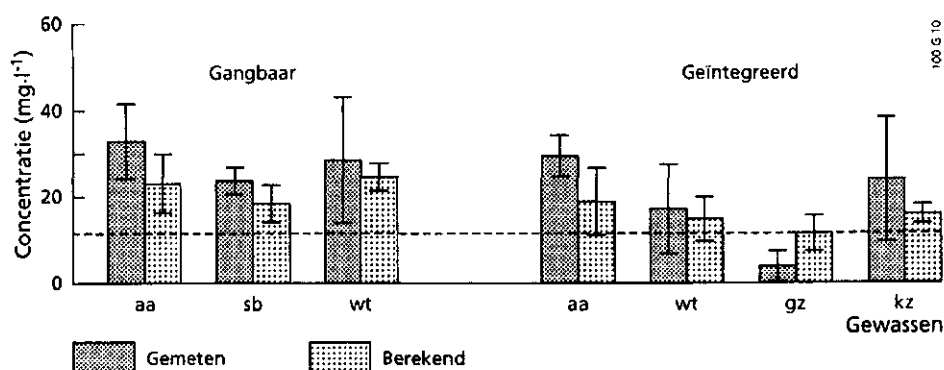


Fig. 10 Gemiddelde gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) per gewas voor het gangbare systeem en het geïntegreerde systeem (aa = aardappel, sb = suikerbiet, wt = wintertarwe, gz = graszaad en kz = koolzaad)

Gemiddeld genomen werden na de meeste gewassen iets te lage concentraties berekend. Na de teelt van aardappel is het verschil het grootst. Na de teelt van graszaad berekende het model gemiddeld te hoge concentraties. Graszaad kwam twee keer voor, waarbij op perceel 7 (1992) de berekende concentratie goed was en bij perceel 17 (1990) de berekende concentratie te hoog. Gemiddeld werd de nitraatconcentratie na de teelt van wintertarwe door het model goed voorspeld.

Samenvattend kan gezegd worden dat het model gemiddeld te lage nitraatconcentraties in het grondwater berekende, hetgeen veroorzaakt kan zijn door een overschatting van denitrificatie. De bodemvoorraad minerale stikstof werd door het model goed gesimuleerd. Deze resultaten vormen voldoende basis om de mogelijke effecten van verdergaande teeltmaatregelen te bestuderen met behulp van deze modelstudie.

4.2 Vergelijking van het gangbare systeem ten opzichte van het geïntegreerde systeem

Ook de resultaten van de simulaties kunnen gebruikt worden om een vergelijking te maken tussen het gangbare en het geïntegreerde systeem. Per jaar kan een balans worden opgemaakt waaruit de N-uitspoeling kan worden afgelezen. In tabel 10 staan deze hoeveelheden per perceel per hydrologische jaar vermeld (1 april tot 1 april). In dezelfde tabel worden per gewas per perceel de gemeten en berekende nitraatstikstofconcentraties in het bovenste grondwater gegeven. De uitspoeling is met ANIMO berekend voor een diepte van 1 m - mv. en is het produkt van de waterflux op die diepte (berekend met SWACROP) en de gesimuleerde nitraatconcentraties.

Tabel 10 Geteelde gewassen, berekende $\text{NO}_3\text{-N}$ -uitspoeling van april tot april ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$) op 1 m - mv. en gemeten en berekende nitraatstikstofconcentratie in het bovenste grondwater ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)

Perceel	Systeem	Jaar	Gewas	Uitspoeling ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$)	[$\text{NO}_3\text{-N}$] ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	
					gemeten	berekend
3	GA	'90-'91	aardappel	64,1	23,7	31,5
		'91-'92	wintertarwe	107,9	45,2	28,3
		'92-'93	aardappel	51,9	29,0	19,9
4	GI	'90-'91	suikerbiet	24,0	38,0	19,1
		'91-'92	winterrogge	55,7	9,8	11,2
		'92-'93	aardappel	52,1	25,1	17,1
7	GI	'90-'91	zomertarwe	40,3	30,9	17,0
		'91-'92	koolzaad	56,4	13,8	14,3
		'92-'93	graszaad	21,4	6,4	8,6
10	GA	'90-'91	suikerbiet	42,6	26,3	15,8
		'91-'92	aardappel	73,1	40,6	20,8
		'92-'93	wintertarwe	72,1	22,6	23,1
13	GA	'90-'91	aardappel	95,6	31,1	29,1
		'91-'92	suikerbiet	93,8	24,5	23,4
		'92-'93	aardappel	52,1	26,8	24,4
15	GI	'90-'91	aardappel	61,0	28,8	27,4-49,1
		'91-'92	wintertarwe	56,9	24,4	18,4-34,0
		'92-'93	koolzaad	55,7	34,2	17,4-32,8
17	GI	'90-'91	graszaad	42,1	1,4	14,4
		'91-'92	aardappel	50,5	34,7	12,1
		'92-'93	veldboon	10,3	22,5	9,7
18	GA	'90-'91	wintertarwe	80,2	17,8	22,3
		'91-'92	aardappel	55,2	46,2	12,6
		'92-'93	suikerbiet	43,1	20,3	16,0

Uit deze tabel blijkt dat een hoge concentraties niet altijd tot hoge uitspoeling hoeft te leiden. Na de teelt van wintergraan werden bijvoorbeeld relatief lage concentraties berekend, maar de berekende uitspoeling was bij deze gewassen vrij hoog.

In hoofdstuk 3 is reeds vermeld dat een goede vergelijking tussen beide systemen eigenlijk nog niet op zijn plaats is, omdat daarvoor nog te weinig metingen zijn uitgevoerd. Alleen voor aardappel en wintertarwe is een vergelijking enigszins mogelijk.

In tabel 11 wordt de gemiddelde berekende nitraatstikstofuitspoeling per hydrologisch jaar (april tot april) per gewas, dat meer dan één keer in deze periode werd geteeld, weergegeven. Tussen haakjes is aangegeven hoeveel keer de gewassen in de beschouwde periode geteeld werden. Bij het geïntegreerde systeem werd één maal wintertarwe en één maal winterrogge geteeld. Deze beide wintergranen worden bij de vergelijking bij elkaar genomen.

Tabel 11 Gemiddelde berekende NO₃-N-uitspoeling van april tot april (kg·ha⁻¹·jr⁻¹) op 1 m - mv. per gewas

Gewas	Gangbaar	Geïntegreerd
aardappel	65,3 (6)	54,5 (3)
suikerbiet	59,8 (3)	-
wintergraan	86,7 (3)	56,3 (2)
graszaad	-	31,8 (2)
koolzaad	-	57,3 (2)

Met de modellen SWACROP en ANIMO werd bij de geïntegreerd geteelde aardappel en wintergraan minder stikstofuitspoeling berekend dan bij dezelfde gangbaar geteelde gewassen. Dit verschil kan verklaard worden door de volgvruucht. In het geïntegreerde systeem worden vaker gewassen geteeld die tijdens de winter blijven staan. Hierdoor vindt er minder neerwaarts watertransport plaats in de winter, waardoor de berekende uitspoeling bij de geïntegreerde bedrijfsvoering meestal lager is.

Hoewel bij het gangbare systeem na wintertarwe vaak een groenbemester werd geteeld, werd een hogere uitspoeling berekend, waarschijnlijk omdat de groenbemester in de gangbare teelt werd bemest.

Een vergelijking tussen beide systemen in de N-emissie naar het grondwater kan pas gemaakt worden wanneer ook het geïntegreerde systeem helemaal doorgerekend kan worden. Tot 1993 zijn er nog enkele gewassen in het geïntegreerde systeem slechts één keer geteeld. Er zijn aanwijzingen dat het geïntegreerde systeem uiteindelijk resulteert in lagere stikstofuitspoeling. Met name na de teelt van graszaad worden lage emissies berekend en gemeten.

5 Berekening en bespreking van nitraatuitspoeling bij enkele varianten ten opzichte van de huidige bedrijfsvoering

In paragraaf 2.3 is een beschrijving gegeven van de varianten die gesimuleerd zijn. De varianten zijn, indien van toepassing, voor beide bedrijfssystemen doorerekend. Het is de verwachting dat door alle varianten, behalve bij variant 4 waar de groenbemesters weggelaten zijn, de nitraatuitspoeling gereduceerd zal worden.

In tabel 12 staat de berekende uitspoeling bij de huidige bedrijfsvoering (variant 0, zie ook tabel 10) en de uitspoeling per variant ten opzichte hiervan. In alle gevallen waar een variant niet van toepassing is, is dit aangegeven met een '-'. Soms is er in een volgend jaar een gering naijlingseffect. Dit is het geval bij perceel 3 en 18, variant 1, 5 en 7, bij perceel 4, variant 2 en 3, bij perceel 15, variant 1 en 3 en bij perceel 17, variant 6.

Tabel 12 Berekende NO₃-N-uitspoeling (kg·ha⁻¹·j⁻¹) per hydrologisch jaar (april tot april) bij de huidige bedrijfsvoering en als gevolg van zeven varianten ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen

Perceel	Jaar	Variant*							
		0	1	2	3	4	5	6	7
3	'90/'91	64	-	-	-	-	-	-	-
	'91/'92	108	90	-	-	-	149	-	88
	'92/'93	52	48	-	-	-	49	-	47
10	'90/'91	41	59	37	54	-	44	-	-
	'91/'92	73	74	-	-	-	-	-	-
	'92/'93	72	-	-	-	-	109	-	64
13	'90/'91	96	-	-	-	-	-	-	-
	'91/'92	94	94	-	-	-	-	-	-
	'92/'93	52	-	-	-	-	-	-	-
18	'90/'91	80	68	-	-	-	95	-	63
	'91/'92	55	48	-	-	-	53	-	45
	'92/'93	43	41	-	-	-	-	-	42
4	'90/'91	24	28	19	22	-	-	-	-
	'91/'92	56	-	51	51	-	-	54	-
	'92/'93	52	55	53	55	-	-	-	-
7	'90/'91	40	-	-	-	-	-	-	-
	'91/'92	56	-	-	-	-	-	-	-
	'92/'93	21	-	-	-	-	-	33	-
15	'90/'91	61	64	59	61	-	-	-	-
	'91/'92	57	-	-	56	-	-	-	-
	'92/'93	56	55	-	55	-	-	-	-
17	'90/'91	42	-	-	-	-	-	55	-
	'91/'92	51	50	52	52	-	-	72	-
	'92/'93	10	-	-	-	57	26	30	-

* Variant 0: huidige bedrijfsvoering

Variant 1: kunstmest in plaats van organische mest

Variant 2: bemesting op adviesbasis

Variant 3: combinatie 1 en 2

Variant 4: zwarte braak

Variant 5: geen groenbemesters

Variant 6: inzaai Italiaans raaigras

Variant 7: groenbemesters niet bemesten

In de figuren 11 t/m 16 worden de resultaten grafisch weergegeven, maar dan als verandering in percentage ten opzichte van de uitspoeling bij de huidige bedrijfsvoering. Een negatief percentage betekent dus minder uitspoeling dan bij de huidige bedrijfsvoering.

5.1 Variant 1

De hoeveelheid stikstof die in de vorm van dierlijke mest is toegediend is omgerekend naar een hoeveelheid N in kunstmest. Per mestgift werd op de perceelsregistratiekaarten aangegeven hoeveel stikstof er in totaal met de mest toegediend werd. Tevens werd aangegeven wat de werkingscoëfficiënt was. De in deze variant toegediende hoeveelheid kunstmest is het produkt van de totale hoeveelheid N in de dierlijke mestgift en de werkingscoëfficiënt (variërend van 0,25 bij een gift in het najaar tot 0,7 bij een voorjaarsgift). Daar waar de werkingscoëfficiënt niet was aangegeven is die gesteld op 0,6. In figuur 10 wordt grafisch weergegeven wat het effect is van deze variant op de uitspoeling. Op perceel 7 werd alleen eind maart 1993 dierlijke mest toegediend, waardoor deze variant niet van toepassing was op dit perceel.

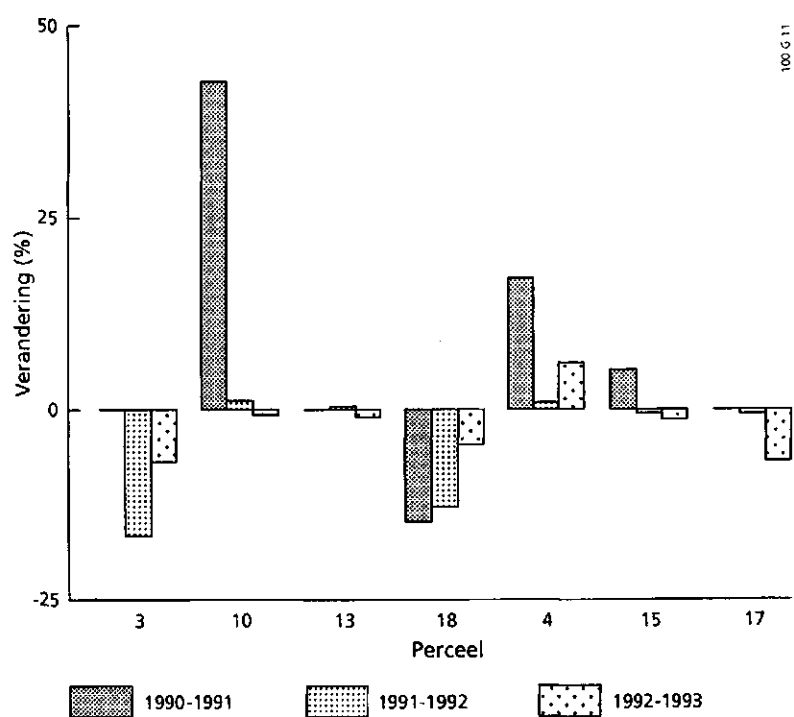


Fig. 11 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 1 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen

Zoals in figuur 11 te zien is, levert deze optie wisselende resultaten op. Er werd verwacht dat deze optie in minder uitspoeling zou resulteren, maar dat is lang niet altijd het geval. Er spelen namelijk verschillende processen door elkaar. In organische mest is niet alle stikstof direct beschikbaar voor de plant en dus ook niet direct voor

uitspoeling. De stikstof komt door mineralisatie verspreid over de tijd beschikbaar. Bij kunstmest is wel alle stikstof direct beschikbaar en is de kans groter dat er stikstof uitspoelt wanneer de gift groot is geweest en er vroeg in het seizoen veel neerslag valt. Dit is het geval bij de percelen 4, 15 en 10 in '90/'91. Bij deze percelen werd meer dierlijke mest toegediend dan de bedoeling was vanwege onverwacht hoge N-gehaltes in de dierlijke mest. De werkingscoëfficiënt van deze hoge giften was 0,65, waardoor bij deze variant veel meer kunstmest werd toegediend dan op de andere percelen, waar niet te veel dierlijke mest was toegediend. In een aantal gevallen (perceel 3 en 18) vindt door deze variant wel reductie van de uitspoeling plaats. Op de percelen 3 en 18 werd in het najaar dierlijke mest toegediend, wat minder effectief is dan een voorjaarsgift. Minder efficiënt betekent een lagere werkingscoëfficiënt en daardoor minder kunstmest in deze variant.

5.2 Variant 2

Bij deze optie is de in werkelijkheid gegeven bemesting gereduceerd tot de gift op adviesbasis. Op enkele percelen (10, 4, 15 en 17) was namelijk meer bemest dan aanvankelijk de bedoeling was door onverwacht hoge N-gehaltes in de dierlijke mest, of door onnauwkeurige doseringen. In tabel 13 is aangegeven hoe de werkelijke bemesting is geweest en hoe de bemesting is in variant 2.

Tabel 13 Werkelijk uitgevoerde bemesting en bemesting volgens advies in variant 2 (N werkzaam in kg·ha⁻¹)

Perceel	Gewas	Jaar	Uitvoering		Adviesbasis	
			organisch	kunstmest	organisch	kunstmest
10	suikerbiet	1990	140 (9,65 ton)	64	130 (8,9 ton)	50
4	suikerbiet	1990	156 (28 m ³)	43	120 (21,5 m ³)	30
	winterrogge	1991	-	107	-	70
15	aardappel	1990	149 (26,5 m ³)	57	113 (20 m ³)	68
17	aardappel	1991	177 (32,4 m ³)	-	153 (28 m ³)	30

Bij aardappel werd (te veel) dierlijke mest toegediend met een hoog N-gehalte, waardoor bij perceel 17 zelfs kon worden volstaan met helemaal geen kunstmest. De adviesgift werd wel bereikt maar de manier waarop die tot stand kwam was niet zo bedoeld. De bedoeling was minder dierlijke mest en meer kunstmest. Bij suikerbiet werd zowel op de dierlijke als op de kunstmestgift gekort. Bij de winterrogge werd 37 kg gekort op de kunstmestgift.

In figuur 12 worden de resultaten van deze variant grafisch weergegeven.

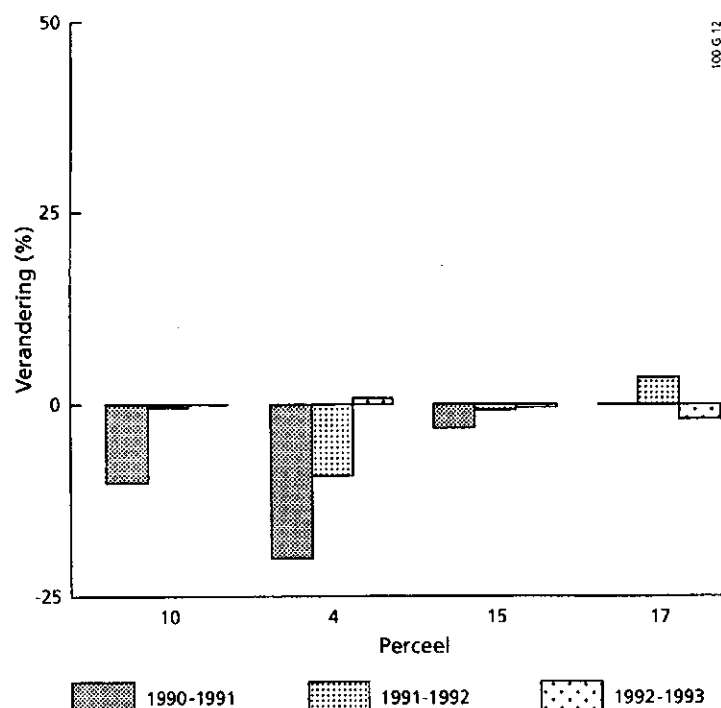


Fig. 12 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 2 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen

Er is te zien dat deze optie vanzelfsprekend resulteerde in minder uitspoeling, omdat gewoon minder mest is toegediend. Op perceel 17 werd in 1991 echter iets meer uitspoeling berekend, waarschijnlijk vanwege de hogere N-gift in de vorm van kunstmest. Het verschil was echter klein. Concluderend kan vermeld worden dat het zinvol is om de organische mest vóór de toediening te analyseren op N-gehalte, zodat de hoeveelheid dierlijke mest afgestemd kan worden op de gewenste N-gift.

5.3 Variant 3

Deze variant is een combinatie van de eerste twee varianten. Zoals bij de bespreking van de vorige varianten al vermeld was, was bij sommige percelen te veel stikstof in de vorm van dierlijke mest toegediend. Als gevolg daarvan werd bij de eerste variant te veel stikstof in de vorm van kunstmest toegediend, hetgeen resulteerde in hogere uitspoeling bij die variant. Het was daarom interessant om na te gaan hoe de uitspoeling zou zijn, wanneer de 'juiste' hoeveelheid (adviesgift) dierlijke mest zou worden vervangen door kunstmest. In deze variant zijn dus de hoeveelheden dierlijke mest uit tabel 13 vervangen door kunstmest. In figuur 12 wordt het verschil in uitspoeling bij variant 3 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen grafisch weergegeven.

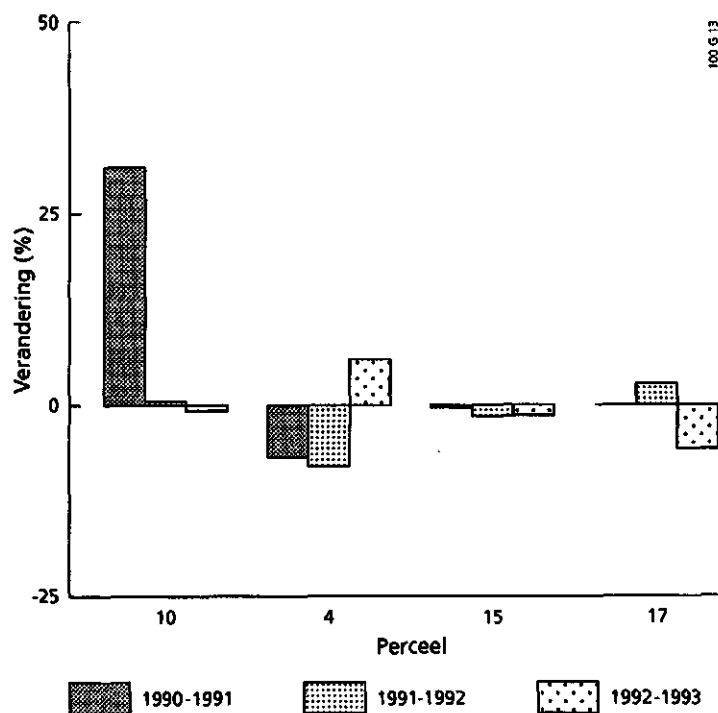


Fig. 13 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 4 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen

In figuur 13 is te zien dat de uitspoeling ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen bijna niet verandert wanneer de adviesgift vervangen zou worden door kunstmest. De veranderingen die bij variant 2 optraden komen bij deze variant weer terug, maar het verschil ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen zijn kleiner geworden. Perceel 10 is een uitzondering. Bij dit perceel werd evenals bij variant 1 een hogere uitspoeling berekend dan bij de huidige bedrijfsvoering. Dit komt omdat slachtkuikemest zeer veel stikstof bevat, wat resulteert in een hoge kunstmestgift bij deze variant. Deze hoge stikstofgift in de vorm van kunstmest kan voor een deel uitspoelen wanneer er veel neerslag valt (zie ook variant 1).

5.4 Variant 4

Variant 4 bestaat uit het inpassen van zwarte braak in het geïntegreerde systeem. In de huidige vruchtwisseling is braak op de plaats van veldboon een logische plaats, omdat dit gewas economisch niet rendabel is. Bovendien is braak voor sommige bodemgebonden plagen een effectieve bestrijdingsmethode. Na de fabrieksaardappel, die vermeerderend werkt op die plagen, kan dit dus sanerend zijn. Deze variant is alleen van toepassing op perceel 17 in 1992. Braak betekent in dit geval dat er totaal geen gewasontwikkeling is. De bemesting van dat jaar is ook achterwege gelaten. Dit was voor veldboon overigens slechts 12 kg N in de vorm van kunstmest.

De hoeveelheid berekende uitspoeling bedraagt 57 kg per hectare. Dit is bijna zes keer zoveel als de berekende uitspoeling na de teelt van veldboon. Volgens de berekening neemt de uitspoeling dus fors toe als gevolg van het inpassen van zwarte

braak op de plek van veldboon. Dit wordt natuurlijk veroorzaakt doordat er geen gewasopname meer is, terwijl de bemesting nagenoeg niet is afgenomen.

Het inpassen van zwarte braak kan tot grotere N-emissie naar het grondwater leiden en het verdient dus aanbeveling goed te bedenken waar de braak wordt ingepast en wat dit voor gevolgen kan hebben op de uitspoeling. Braak op de plek van veldboon lijkt geen goed alternatief, mede omdat dit gewas nauwelijks bemest wordt.

In de praktijk wordt veelal een groene braak gehanteerd, waarbij vaak een groenbemester wordt ingezaaid. Effecten van groene braak op de uitspoeling zullen minder extreem zijn. Echt zinvolle uitspraken over het effect van welke vorm van braak dan ook in het totale systeem zijn mede afhankelijk van de plaats ervan in de vruchtwisseling.

5.5 Variant 5

Bij deze variant wordt de teelt van groenbemers achterwege gelaten. Het beoogde effect van groenbemers wordt hiermee getoetst. Verwacht wordt dat met deze variant de uitspoeling zal toenemen, doordat het neerwaarts watertransport zal toenemen en er gedurende de winter geen N wordt vastgehouden in het gewas. In figuur 14 wordt aangegeven dat de N-uitspoeling inderdaad fors kan toenemen (tot 150%) wanneer geen groenbemers geteeld zouden worden.

Opvallend is de (geringe) afname van uitspoeling in de tweede winter nadat de groenbemers in de huidige bedrijfsvoering geteeld waren (perceel 3, '92/'93 en perceel 18, '91/'92). Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door het niet onderwerken van de groenbemers. Ondergeploegde groenbemers leveren uiteindelijk weer stikstof na mineralisatie van organische stof. Wanneer in de voorgaande winter geen organische stof op die manier is toegediend, is er uiteindelijk minder stikstof om uit te spoelen.

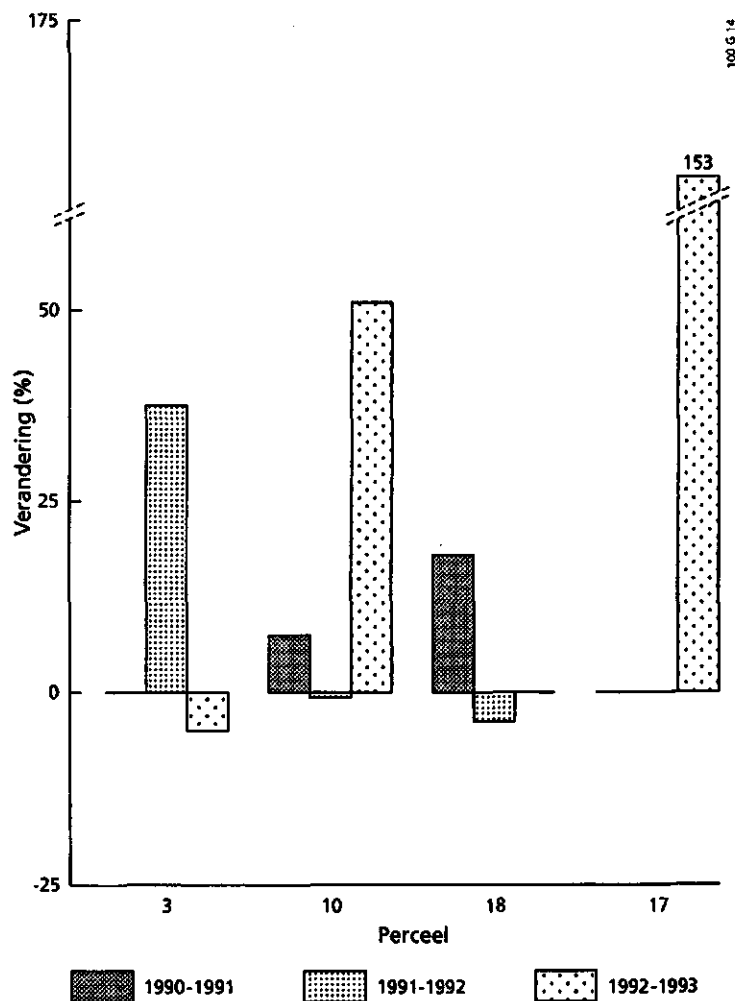


Fig. 14 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 5 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen

5.6 Variant 6

Bij variant 6 is Italiaans raaigras ingezaaid in plaats van het laten groeien van wintertarwe- of graszaadopslag. De variant is van toepassing in het geïntegreerde systeem, waar in de jaren 1990 tot 1993 geen Italiaans raaigras werd ingezaaid. Het inzaaien van Italiaans raaigras zou interessant kunnen zijn, omdat aangenomen wordt dat dit meer stikstof opneemt dan de opslag van wintertarwe of graszaad. In de berekeningen werd graszaad een week na de oogst van het hoofdgewas ingezaaid en half december ingewerkt. Er is een beperkte groei van het Italiaans raaigras opgelegd door de bodembedekking en de gewasopname te halveren, omdat de groenbemester in het geïntegreerde systeem niet bemest wordt. In figuur 15 wordt de verandering in uitspoeling als gevolg van deze variant grafisch weergegeven.

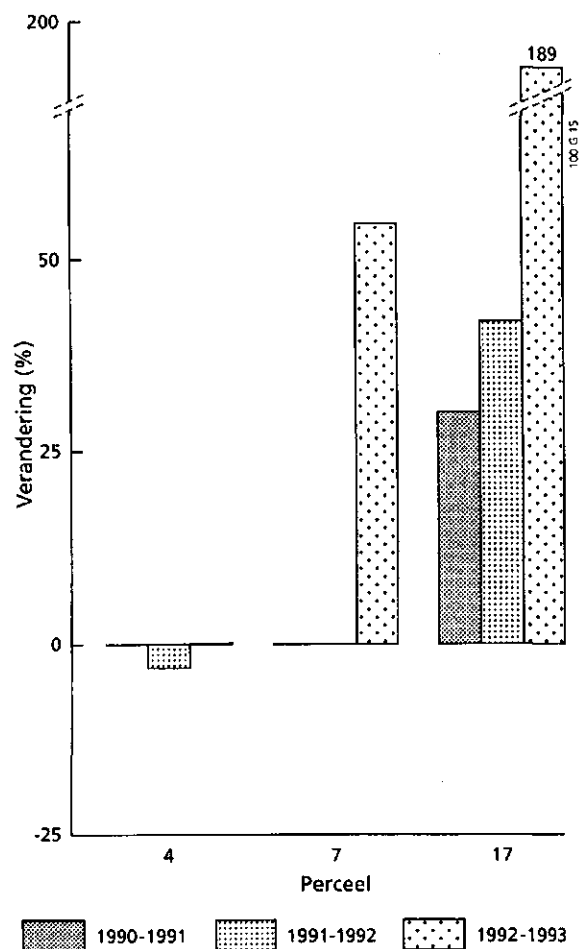


Fig. 15 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 6 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoering

In deze figuur is te zien dat alleen op perceel 4 de inzaai van Italiaans raaigras resulteerde in minder uitspoeling (18%). Bij de andere percelen werd juist meer (15%) uitspoeling berekend. Op perceel 4 was winterrogge geteeld en op de percelen 7 en 17 graszaad. De aanname dat Italiaans raaigras meer stikstof opneemt dan de opslag van het hoofdgewas, gaat volgens de berekening dus alleen op voor winterrogge en niet voor graszaad. Dit is in werkelijkheid ook wel aannemelijk, omdat de winterrogge na de oogst helemaal opnieuw moet beginnen met de groei. De opslag van graszaad houdt N beter vast direct na de oogst, omdat de bodem bijna volledig bedekt blijft na de oogst. Nader onderzoek in de praktijk zou moeten uitwijzen of de aannamen juist zijn.

5.7 Variant 7

Variant 7 houdt in dat de groenbemesters bij het gangbare systeem niet bemest worden. In de gangbare bedrijfsvoering worden de groenbemesters in het najaar bemest om zo een goede 'startgroei' te bewerkstelligen. Het is echter de vraag of deze bemesting in het najaar wel benut wordt en niet uitspoelt in de winter. Daarom is nagegaan wat het effect op de uitspoeling is wanneer deze groenbemesters niet bemest zouden worden. Bij de invoer is de bodembedekking en de gewasopname gehalveerd, om op die manier een lagere gewasverdamping te krijgen. In figuur 16 is te zien dat het niet bemesten van groenbemesters een verlaging van de nitraatuitspoeling met 10 tot 20% (ca. 20 kg) tot gevolg heeft.

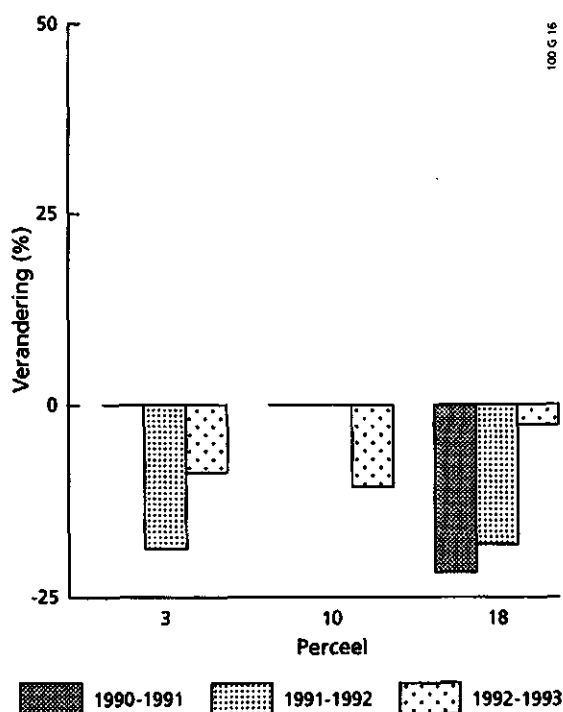


Fig. 16 Verschil in uitspoeling (%) bij variant 7 ten opzichte van de huidige bedrijfsvoering

6 Conclusies

Meetresultaten

Uit de gemeten nitraatconcentraties in het grondwater bleek er op proefbedrijf Borgerswold geen duidelijk verschil te bestaan tussen het gangbare en het geïntegreerde systeem. Alleen de gewassen aardappel en wintertarwe/rogge werden in beide systemen meer dan één keer geteeld, zodat een gewasgewijze vergelijking mogelijk was. Er werd bij beide gewassen geen significant verschil aangetroffen tussen de gangbare en geïntegreerde teelt in de nitraatconcentraties in het grondwater.

Modelresultaten

De met de modellen SWACROP en ANIMO berekende $N_{\min}$ -gehalten komen goed overeen met de gemeten waarden. De berekende nitraatconcentraties in het grondwater lagen gemiddeld iets lager dan de gemiddelde gemeten concentraties. Meestal bleven de berekende concentraties wel binnen de spreiding van de metingen.

Variantenstudie

Uit de variantenstudie bleek dat het toedienen van kunstmest in plaats van dierlijke mest alleen tot minder uitspoeling leidt wanneer niet te veel mest in één keer wordt toegediend. Wanneer een grote kunstmestgift toegediend wordt is de kans groot dat een deel van de direct beschikbare stikstof uitspoelt voordat het opgenomen kan worden door het gewas. In die gevallen te veel stikstof gegeven in de dierlijke mest.

In de eerste twee jaar van de bestudeerde periode werd de dierlijke mest niet vóór de toediening ervan geanalyseerd op stikstof. Hierdoor is het enkele malen voorgekomen dat te veel stikstof werd toegediend, waardoor in een enkel geval geen kunstmest-N meer nodig was. Bij de tweede variant werd de mest toegediend zoals het volgens het advies had moeten. Dit resulteerde in de meeste gevallen tot lagere nitraatuitspoeling. Geconcludeerd mag worden dat een analyse van de dierlijke mest op nutriënten dus noodzakelijk is voor een optimale bemesting.

Een combinatie van de eerste twee varianten, dus de adviesgift toedienen in de vorm van kunstmest, levert ongeveer hetzelfde beeld op als bij variant 2, maar de verschillen ten opzichte van de huidige bedrijfsvoeringen is veel kleiner. Alleen vervanging van slachtkuikemest door kunstmest levert hogere uitspoeling op vanwege het hoge N-gehalte in deze soort mest.

Het inpassen van zwarte braak kan leiden tot verhoogde nitraatuitspoeling. In deze studie werd zwarte braak ingepast op de plaats van veldboon. Dit leverde een verhoging van uitspoeling op van 10 tot 57 kg N per hectare. Wanneer braak wordt ingepast kan dit het best gedaan worden op de plaats van een gewas dat gewoonlijk veel bemest wordt, omdat dan veel bespaard kan worden op de bemesting, waardoor het verschil in uitspoeling minder groot is. Waarschijnlijk zal braak echter altijd leiden tot meer uitspoeling en zou uit milieu-oogpunt braak ontraden moeten worden. In de praktijk wordt echter vaak groene braak gehanteerd, met veelal teelt van

groenbemesters. Het verdient aanbeveling het effect van groene braak op de nitraatuitspoeling nader te bestuderen.

Wanneer geen groenbemesters geteeld worden, zal de uitspoeling fors toenemen. Uit berekeningen blijkt dat de teelt van groenbemesters een goede maatregel is om de nitraatuitspoeling terug te dringen. Als Italiaans raaigras wordt ingezaaid na winterrogge in plaats van het laten groeien van de hergroei van winterrogge, dan zal volgens de berekeningen de uitspoeling afnemen. De hergroei van graszaad kan men beter laten staan, omdat dit minder nitraatuitspoeling oplevert dan de inzaai van Italiaans raaigras.

Bij het gangbare systeem werden de groenbemesters bemest om een goede 'startgroei' te krijgen van de groenbemesters. Wanneer deze najaarsbemesting achterwege zou zijn gelaten zou volgens de berekeningen de uitspoeling met zo'n 10 kg per hectare verminderd kunnen worden.

Aanbevelingen

Het model kan niet rekenen met nutriëntgelimiteerde produktie, waardoor het moeilijk is om een reële inschatting te maken van een eventueel verslechterde startgroei als gevolg van weggelaten bemesting. Nader onderzoek zou moeten uitwijzen in hoeverre de groei van groenbemesters daadwerkelijk geremd wordt, wanneer deze niet bemest worden in het najaar.

Om de teelt van groenbemesters goed te kunnen simuleren zouden de modellen uitgebreid moeten worden met de optie om met verschillende gewassen per jaar te rekenen. Dit wordt sterk aanbevolen, omdat het telen van wintergewassen als belangrijke maatregel gezien kan worden om de nitraatuitspoeling te reduceren.

Een andere optie die in het onderzoek steeds belangrijker wordt, is de fixatie van stikstof door stikstofbinders. Dit is nodig om de teelt van vlinderbloemigen zoals erwten en bonen goed te kunnen simuleren.

Literatuur

Belmans, C., J.G. Wesseling en R.A. Feddes, 1983. 'Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE'. *Journal of Hydrology*, 63 3/4: 271-286.

Boerma, J. en Y. Hofmeester, 1992. *Bedrijfssystemen-onderzoek Borgerswold. Invulling gewijzigde voortzetting vanaf 1991*. Lelystad, PAGV. Verslag nr. 146.

Bolt, F.J.E. van der, J. Pankow, C.W.J. Roest en A. van den Toorn, 1990. *De invloed van de stikstofhuishouding in de bodem op de grondwaterkwaliteit in waterwingebied 't Klooster*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 31.

Darwinkel, A., 1991. *Teelt van winterrogge*. Lelystad, PAGV. Teelthandleiding nr. 41.

Dijkstra, J.P., M.J.D. Hack-ten Broeke, W.J.M. de Groot en W.J.M. van der Voort, 1993. *Verklaring van de variabiliteit van nitraatconcentraties op 1 m - mv. onder beweide grasland door simulatie*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 243.

Feddes, R.A., P. Kabat, P.J.T. van Bakel, J.J.B. Bronswijk en J. Halbertsma, 1988. 'Modeling soil water dynamics in the saturated zone - state of art'. *Journal of Hydrology*, 100: 69-111.

Habekotté, A., 1978. *Schaal voor de morfologische ontwikkeling (groeistadia) van winterkoolzaad*. Lelystad, Rijksdienst voor IJsselmeerpolders, Rijrapport 18-Abw.

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*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 287.1.

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.

Makken, H. en J.M.J. Dekkers, 1986. *De bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid voor akkerbouw van de percelen te Borgerswold*. Wageningen, Stiboka. Rapport 1919.

PAGV, 1993. *De teelt van consumptie-aardappel*. Lelystad, Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond. Teelthandleiding 57.

Rijtema, P.E. en J.G. Kroes, 1991. 'Some results of nitrogen simulations with the model ANIMO'. *Fertilizer Research* 27: 189-198.

Sibma, L., C. Grashoff en J.A. Klein Hulze, 1989. *Ontwikkeling en groei van veldbonen (Vicia faba) onder Nederlandse omstandigheden*. Wageningen, Pudoc. Gewassenreeks nr. 3.

Vereijken, P. en F.G. Wijnands, 1990. *Geïntegreerde akkerbouw naar de praktijk; strategie voor bedrijf en milieu*. Lelystad, Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Vollegrond. Publikatie nr. 50.

Vreeke, S., 1988. *Teelt van graszaad*. Lelystad, PAGV. Teelthandleiding nr. 26.

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

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks*. Wageningen, STIBOKA, Rapport 1932.

Niet-gepubliceerde bronnen

Adriaanse, P.I., 1988. *Lokale waterhuishouding en N-huishouding in een beekdal van de Dommel; toepassing van de modellen WATBAL en ANIMO*. Wageningen, ICW. Nota 1874.

Berghuis-van Dijk, J.T., P.E. Rijtema en C.W.J. Roest, 1985. *ANIMO, agricultural nitrogen model*. Wageningen, ICW. Nota 1671.

Hofmeester, Y., 1995. PAGV, Lelystad, mondelinge mededeling.

Kroes, J.G., 1993. *ANIMO, Version 3.3, User's guide*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne mededeling 102.

Aanhangsel 1 Korte profielbeschrijvingen met de keuze van de bouwstenen van de Staringreeks

Hn31 F (Perceel 10)

Horizont			Bouwsteen
			Staringreeks
diepte (cm - mv)	org.stof (%)	leem (%)	
0- 20	5	12	B2
20- 45	2	9	O1
45- 80	<0,5	9	O1
180-120	<0,5	12	O2

Hn32 (Perceel 13 en 15)

Horizont			Bouwsteen
			Staringreeks
diepte (cm - mv)	org.stof (%)	leem (%)	
0- 25	12	14	B2
25- 40	3	12	O2
40- 55	4	12	O2
55- 70	2	9	O1
70- 90	<0,5	9	O1
90-120	<0,5	12	O2

Hn32 F (Perceel 3, 4, 7, 17 en 18)

Horizont			Bouwsteen
			Staringreeks
diepte (cm - mv)	org.stof (%)	leem (%)	
0 - 20	9	14	B2
20 - 70	3	11	O2
70 -100	<0,5	9	O1
100 -120	<0,5	12	O2

Aanhangsel 2 Perceelsregistratiekaart

Perceelsregistratie Geïntegreerde Akkerbouw

Registratie dd: 17/3/94

1. Basisgegevens perceel

Jaar	1992	Gewas	Wintertarwe
Regio	BGW	Ras	Pagode (Nmin aug. na KAS)
Bedrijf	BGWs1	Voorvrucht 1 (vv1)	Fabr. aardappelen
Perceelsnr.	4	Voorvrucht 2 (vv2)	
Perceelsnaam	10	Perceelsgedeelte (vv2)	
Oppervlakte	1		
Grondsoort	Oude dalgrond		
% org. stof	6.6		
% afslibbaar	999		

2. Zaaien/poten/planten

Zaai-/pootdatum	23/10/91	Kwaliteit	
Rij-afstand	12.5	cm	criterium
Afstand in de rij		cm	waardering
DKG/poternaam	48		klasse
Hh. zaaizaad/pootgoed	144	kg-eenh./ha	rhizoctonia-index

3.1 Geschatte bemestende waarde gewasresten/groenbemester (kg/ha)

Bem. w. gewasrest vv1		Bem. w. gewasrest vv2	
Soort groenbemester		Soort groenbemester	
Perceelsgedeelte		Perceelsgedeelte	
Bemestende waarde		Bemestende waarde	

3.2 Gebruik organische mest

Soort	Gift (t/ha)	Perceels gedeelte	Datum	Nutriënten (kg/t)				Werk. coëff. N	Prijs fl/t
				N	NH3-N	P2O5	K2O		

Uitrijmethode	Kosten (fl/t)	Inwerkmethode	Snelheid inwerken (uur)

3.3 Gebruik kunstmest

Soort	Gift (kg/ha)	Perceels gedeelte	Datum	Gehalten (%)		
				N	P2O5	K2O
KAS	380	1.00	21/2/92	27		
Kali 60	369	1.00	27/2/92			60
KAS	238	1.00	29/4/92	27		

3.4-3.6 N-mineraal (kg/ha)

Tijdstip	Datum	Bovenlaag	Nmin	Onderlaag	Nmin	Werkelijke diepte
Nmin voorjaar	26/2/92	0 - 30 cm	17	30 - 60 cm	21	-
Nmin na de oogst	31/8/92	0 - 30 cm	61	30 - 60 cm	34	
Nmin najaar	30/11/92	0 - 30 cm	3	30 - 100 cm	28	

1 30 - 60 18
30 - 100

Jaar	Regio	Bedrijf	Perceelsnr.	Perceelsnaam
1992	BGW	BGWs1	4	10

4.1 Inzet fungiciden

mengselcomponenten

Merknaam	Dosering (kg l/ha)	Datum	Perceels gedeelte	Merknaam	Dosering (kg l/ha)	Merknaam	Dosering (kg-l/ha)
Corbel	1.00	29/5/92	1.00				
Bayfidan	0.50	15/6/92	1.00				

4.2 Inzet insecticiden

Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Datum	Perceels gedeelte	% Opp bespoten (rijenspuut)
Pirimor	0.10	16/6/92	1.00	

4.3 Inzet groeiregulatoren

Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Datum	Perceels gedeelte

4.4 Inzet nematiciden

Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Datum	Perceels gedeelte

4.5 Inzet herbiciden

mengselcomponenten

Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Datum	Perceels gedeelte	Toediening methode	Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Merknaam	Dosering (kg-l/ha)
Basagran P duplo	2.50	24/4/92	1.00	Volvelds				

Jaar	Regio	Bedrijf	Perceelnr.	Perceelnaam
1992	BGW	BGW's 1	4	10

Hulpstoffen in herbicidenmengsels

Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Datum	Perceels gedeelte

4.6 Inzet hulpstoffen

Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Datum	Perceels gedeelte

4.7 Inzet overige pesticiden (gewas)

Merknaam	Dosering (kg-l/perceel)	Datum	Doel

4.7 Inzet overige pesticiden (produkt)

Merknaam	Dosering (mg-ml/t)	Datum	Geoogst produkt

5.1 Mechanische onkruidbestrijding

Methode	Perceels gedeelte	Datum

5.2 Handmatige onkruidbestrijding

Tweewekelijkse periode	Arbeidsinzet (uur)

Opbrengst (kg/ha)

Datum oogst	24/7/92
Bruto opbrengst hoofdprodukt	6413
Grondtarra %	
Produkttarra %	
Totaal tarra %	
Netto opbrengst hoofdprodukt	
Opbrengst bijprodukt	

Jaar	Regio	Bedrijf	Perceelnr.	Perceelsnaam
1992	BGW	BGWs1	4	10

Kwaliteit

Aardappelen

Suikerbieten

Granen

OWG		% suiker		% vocht	15.4
Klasse		Winbaarheid		% eiwit	
Rhizoctonia-index		Alfa amino N		Hagberg valgetal	
Sortering	%			Zeleny-waarde	
Extra kwaliteitscriteria					
		aard	waardering		
		DKG	49.1		

7.1 Opbrengst niet afgevoerde gewasresten (stro, hooi en omblad)

Geschatte massa (vers in kg/ha)	Inwerkdatum
6000	24/7/92

7.2 Tijdens of na het hoofdgewas geteelde groenbemester

Soort	Zaai datum	Perceels gedeelte	N-opbrengst	Datum	N-opbrengst (kg/ha)	Ds-opbrengst (kg/ha)	Inwerk datum
Italiaans raaigras	31/7/92	1.00	Geschat	18/12/92	999	999	18/12/92

7.3 Na de oogst toegepaste meststoffen en chemische middelen

Soort organische mest	Gift (t/ha)	Perceels gedeelte	Datum	Nutriënten (kg/t)				Prijs fl/t
				N	NH3-N	P2O5	K2O	

Uitrijmethode	Kosten (fl/t)	Inwerkmethode	Snelheid inwerken (uur)
---------------	---------------	---------------	-------------------------

Soort kunstmest	Gift (kg/ha)	Perceels gedeelte	Datum	Gehalten (%)		
				N	P2O5	K2O
KAS	163	1.00	28/7/92	27		

Inzet herbiciden

Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Datum	Perceels gedeelte	Toediening methode	Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Merknaam	Dosering (kg-l/ha)
----------	--------------------	-------	-------------------	--------------------	----------	--------------------	----------	--------------------

Inzet hulpstoffen

Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Datum	Perceels gedeelte
----------	--------------------	-------	-------------------

Inzet nematiciden

Merknaam	Dosering (kg-l/ha)	Datum	Perceels gedeelte
----------	--------------------	-------	-------------------

Aanhangsel 3 Gewasresten

Na de oogst van het hoofdgewas blijven vaak gewasresten achter op het land. Bij suikerbiet en wintertarwe is meestal aangegeven hoeveel kilo er achterblijft. Wanneer deze hoeveelheden niet zijn aangegeven werd een schatting gemaakt van de hoeveelheid droge stof die na de oogst blijft liggen op het land. In de onderstaande tabel worden de geschatte hoeveelheden aangegeven op basis van metingen op de proefbedrijven te Vredepeel en Nagele.

Geschatte hoeveelheid gewasresten na de oogst (kg droge stof per hectare)

Gewas	Gewasrest
aardappel	3100
wintertarwe	5000
suikerbiet	6800
koolzaad	1300
graszaad	4000
gele mosterd	2000