

Gegevensverzameling Sturen op Nitraat

Gegevensverzameling Sturen Op Nitraat

Op zoek naar een indicator

**A. Smit
M.J.D. Hack-ten Broeke
H.F.M. ten Berge
S.L.G.E. Burgers
W. Chardon
P.L.A. van Enckevort
J.J. de Gruijter
I.E. Hoving
G.L. Velthof**

**Alterra-rapport 658
Reeks Sturen op Nitraat 3**

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2003

REFERAAT

A. Smit, M.J.D. Hack-ten Broeke, H.F.M. ten Berge, S.L.G.E. Burgers, W. Chardon, P.L.A. van Enkevort, J.J. de Gruijter, I.E. Hoving, G.L. Velthof, 2003. *Gegevensverzameling Sturen Op Nitraat. Op zoek naar een indicator. Reeks Sturen op Nitraat 3*, Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 658. 48 blz. 5 fig.; 7 tab.; 20 ref.

In dit rapport worden de onderzoeksopzet en de bemonsteringsmethodieken van het project Sturen op Nitraat beschreven. Het monitoringsysteem, de stratificering en de verdeling van proefplekken over de verschillende strata worden statistisch onderbouwd. Verder komen de bemonsterings- en meettechnieken, die op proefplekniveau zijn gehanteerd aan bod. Hier worden zowel de metingen in het veld als de analyses in de laboratoria beschreven. In hoofdstuk 4 worden de berekeningsmethoden beschreven, die zijn gehanteerd bij het vaststellen van perceels- en bedrijfsoverschotten. Tenslotte wordt in dit rapport ook aandacht besteed aan de manier waarop de gegevens binnen dit project beheerd worden.

Trefwoorden:

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €13,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 658. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra..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.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Werkwijze	12
2 Het STOPNIT monitoringsysteem	13
2.1 Doel van het monitoringsysteem	13
2.1.1 Doelgebied en bemonsterd gebied (keuze van bedrijven)	13
2.1.2 Doelvariabelen	15
2.1.3 Doelgrootheden	15
2.2 Gebruikte voor-informatie	15
2.3 Nauwkeurigheidseisen	16
2.4 Steekproefeenheid	16
2.5 Steekproefopzet in ruimte en tijd	18
2.5.1 Primaire ontwerpkeuzen	18
2.5.2 Ruimtelijke steekproefopzet	18
2.5.3 Temporele steekproefopzet	20
2.6 Afwijkingen bij de uitvoering t.o.v. de opzet	22
3 Gegevens verzameling op proefplekniveau	23
3.1 Plaatsbepaling van de proefplekken en monsterpunten	23
3.2 Bodemprofielbeschrijving en grondwatertrap	24
3.3 Gehalte aan minerale N in de bodem (N _{min}) in het najaar	24
3.4 Nitraat in het bovenste grondwater of in het bodemvocht in het voorjaar	25
3.5 Denitrificatiecapaciteit	26
3.6 Aanvullende metingen bouwvoor	26
3.7 Meteo-gegevens	28
4 Bedrijfs- en perceeloverschotten	31
4.1 Verzameling en bewerking van bedrijfs- en perceelsgegevens in de melkveehouderij	31
4.1.1 Bedrijfsbalans: 'werkelijk' en 'volgens MINAS'	32
4.1.2 Bodembalansen	33
4.1.2.1 De bodembalans van grasland	33
4.1.2.2 De bodembalans van bouwland	33
4.1.2.3 Bodembalansen op perceelsniveau (perceelsbalansen)	34
4.2 Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt	38
4.2.1 Verzameling van gegevens	38
4.2.2 Perceelsbalansen	40
4.2.3 Bedrijfsbalansen	41
5 Databeheer	43
5.1 Structuur van de database	43
5.2 Database onderdelen	44
5.3 Uitvoer van gegevens	45
Literatuur	47

Woord vooraf

De serie 'Sturen op Nitraat' bundelt de onderzoeksresultaten behaald in het kader van het gelijknamig project. Het project wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Doel is een handzame indicator voor de nitraatbelasting van grondwater te ontwikkelen, ten behoeve van zowel monitoring doeleinden als voor sturing in de landbouwpraktijk.

Het project wordt uitgevoerd door onderzoekspartners Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO); Praktijkonderzoek Veehouderij (PV); Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM); en Plant Research International B.V. (PRI)

Samenvatting

Het project 'Sturen op Nitraat' maakt gebruik van een vast omschreven onderzoeksopzet en bemonsteringsplan voor de gegevensverzameling, die gedurende de gehele onderzoeksperiode wordt gevolgd. In dit rapport worden de onderzoeksopzet en de bemonsteringsmethodieken beschreven en onderbouwd. Allereerst wordt de achtergrond van het project binnen het kader van het stikstofbeleid op de droge zand- en lössgronden beschreven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 2 het monitoringsysteem en de verdeling van proefplekken over de verschillende strata statistisch onderbouwd. In hoofdstuk 3 komen de bemonsterings- en meettechnieken, die op proefplekniveau zijn gehanteerd aan bod. Hier worden zowel de metingen in het veld als de analyses in de laboratoria beschreven. In hoofdstuk 4 worden de berekeningsmethoden beschreven, die zijn gehanteerd bij het vaststellen van perceels- en bedrijfsoverschotten. Aangezien deze berekening voor veehouderij en akkerbouw verschillen worden ze afzonderlijk van elkaar behandeld. Naast het verzamelen van gegevens wordt in dit rapport ook aandacht besteed aan de manier waarop de gegevens binnen dit project beheerd worden. In hoofdstuk 5 wordt een korte beschrijving van de database gegeven.

1 Inleiding

Het realiseren van een lagere nitraatuitspoeling, zoals ook de Europese Nitraatrichtlijn aan de lidstaten voorschrijft, heeft voor de Nederlandse landbouw zware consequenties. De doelstelling van (maximaal) 50 mg/l nitraat is vertaald in een stevig traject van N-verliesnormen tot 2003. Binnen de droge zandgronden en lössgronden liggen zo'n 50.000 ha prioritair waterwingebieden, waar het belang van de milieukwaliteit éxtra groot is en aanleiding kan zijn om de doelstelling van 50 mg/l verder aan te scherpen. (Noij et al., 2001)

De samenhang tussen nitraatbelasting en MINAS-normen is weliswaar onmiskenbaar maar is ook omgeven met onduidelijkheden. Zo worden in MINAS enkele relevante N-aanvoerposten niet meegenomen (mineralisatie, vlinderbloemigen, e.a.). Bovendien is de vertaling van de toegestane nitraatbelasting in een bepaald N-verlies niet één-op-één te maken. Tenslotte valt met MINAS, een 'achteraf-systeem', geen goede inschatting te maken van het milieurendement van maatregelen. Doel van het nitraatbeleid is schoon grond- en oppervlaktewater. Daarom is een indicator gewenst, die dichter staat bij het milieudoel dan de MINAS-normen én die dichter staat bij de bedrijfsvoering. Feitelijke meting van nitraatconcentraties is weliswaar de meest precieze indicator voor de aanwezigheid van nitraat, maar praktisch moeilijk uitvoerbaar en kostbaar. Bovendien is het geen directe indicator voor *nitraatuitspoeling*

Voor het stikstofbeleid op (droge) zand- en lössgronden is behoefte aan een mogelijkheid om gericht te sturen op nitraat en om daarmee het milieurendement van maatregelen te verhogen. Er is behoefte aan een indicator voor nitraatuitspoeling die praktisch hanteerbaar, goed controleerbaar en handhaafbaar is en daarmee geschikt kan zijn als grondslag voor aanvullend N-beleid. Boeren willen gericht kunnen sturen op vermindering van de nitraatuitspoeling. Dit geldt in het bijzonder voor voorlopers en deelnemers aan experimenten in waterintrekgebieden. Hiervoor is een geschikte indicator nodig voor nitraatuitspoeling. Een indicator die geschikt is voor het bedrijfsniveau legt vooraf het verband tussen (gewenste) milieukwaliteit en (gewenste) bedrijfsvoering.

Het doel van dit onderzoek is meervoudig:

1. De ontwikkeling van een indicator¹ voor nitraatuitspoeling die geschikt is:
 - als grondslag voor aanvullend stikstofbeleid,
 - voor management op bedrijfsniveau,
 - als instrument voor gebiedsgericht beheer en
 - voor de monitoring van gebiedsgericht beleid.

¹ In het projectplan wordt consequent het enkelvoud van het woord indicator gebruikt maar uit het onderzoek kan ook een set indicatoren komen of een 'slimme indicator', die rekening houdt met maatregelen of processen die niet gemeten worden.

2. De toetsing van de indicator op onafhankelijke praktijkbedrijven en in een regionaal nitraatexperiment aan de criteria doelgerichtheid, meetbaarheid en beïnvloedbaarheid.

1.1 Werkwijze

In het project 'Sturen OP NITraat' (kortweg ook wel STOPNIT genoemd) wordt zodoende gezocht naar verbanden tussen zogenaamde kandidaat-indicatoren voor de nitraatbelasting van het grondwater. Middels regressie-analyse wordt onderzocht of de gegevens zoals het N-bedrijfsoverschot, het N-perceeloverschot, N-mineraalgehalten in de bodem, weersgegevens en locatiespecifieke factoren zoals grondsoort en grondwatertrap (Gt) kunnen worden gebruikt voor een voorspelling van nitraatconcentraties. Deze nitraatconcentraties worden daarmee beschouwd als de meest directe maat om de stikstofbelasting te kwantificeren. Daartoe wordt op 34 bedrijven, verspreid over zand- en lössgronden van Nederland, informatie verzameld. De lokaties zijn zo goed mogelijk verdeeld over de verschillende voorkomende grondsoorten, Gt's en gewassoorten.

Dit rapport bevat een uitgebreide beschrijving van de gegevensverzameling binnen STOPNIT ten behoeve van de ontwikkeling van 'de' indicator. Dat betekent dat hierbij geen aandacht wordt besteed aan de gegevensverzameling voor het regionale monitoringsconcept en evenmin aan de toetsbedrijven. In hoofdstuk 2 wordt uitgebreid ingegaan op de steekproefopzet, de verdeling van steekproefplekken en de theoretische achtergronden. In hoofdstuk 3 zal het ontwerp van de proefplekinrichting worden beschreven en de uitgevoerde bemonsteringen van bodem en grondwater. Hoofdstuk 4 bevat beschrijvingen van de methode waarop bedrijfs- en perceeloverschotten zijn berekend, zowel in de veehouderij als in de akkerbouw. Tenslotte wordt in hoofdstuk 5 ingegaan op de database, waarin alle gegevens van dit project worden opgeslagen en beheerd.

2 Het STOPNIT monitoringsysteem

In dit hoofdstuk wordt het ontwerp van het monitoringsysteem beschreven, en voor zover relevant worden de gemaakte ontwerpkeuzen gemotiveerd.

2.1 Doel van het monitoringsysteem

Het doel van het monitoringsysteem laat zich als volgt in algemene termen omschrijven. De te verzamelen steekproefgegevens moeten het mogelijk maken om empirische modellen af te leiden waarmee de regio-, bedrijfs- en perceelsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater (*N_{grw}*) kan worden voorspeld. De steekproefgegevens moeten het tevens mogelijk de voorspelnauwkeurigheid van de afgeleide modellen kan te kwantificeren, zodat mede op grond daarvan modelselectie kan plaatsvinden, en risico-analyses kunnen worden uitgevoerd.

2.1.1 Doelgebied en bemonsterd gebied (keuze van bedrijven)

De af te leiden modellen moeten kunnen worden toegepast op de nederlandse zand- en lössgronden voor zover in gebruik voor melkveehouderij, akkerbouw of vollegrondsgroenteteelt. Binnen dit doelgebied is, rekening houdend met bedrijfstype en beschikbaarheid van bedrijfsgegevens, een selectie gemaakt van bedrijven waarop de bemonstering zou plaatsvinden. De gegevens zijn verzameld op 35 bedrijven, als volgt geselecteerd. In eerste instantie zijn proefbedrijven geselecteerd en voorloperbedrijven, die ook meedoen aan andere nitraatprojecten, zoals Koeien en Kansen, Telen met Toekomst, BIOM en BIOVEEM. Verder zijn er praktijkbedrijven geselecteerd uit het project PraktijkcijfersII. Deze bedrijven liggen verspreid over de zand- en lössgronden ('uitspoelingsgevoelige gronden') van Nederland (zie figuur 2.1). Er zijn 15 akkerbouw- of vollegrondsgroentenbedrijven, 19 melkveehouderijbedrijven en één gemengd bedrijf. Eén van de bedrijven is gedurende de opzet van het onderzoek afgevallen, omdat bij veldbezoek bleek dat op alle percelen van dit melkveehouderijbedrijf akkerbouwgewassen werden geteeld. De overgebleven 34 bedrijven betreffen 8 proefbedrijven, 18 voorloperbedrijven van de projecten Koeien en Kansen, Telen met Toekomst, BIOM en BIOVEEM en tenslotte 8 praktijkbedrijven.



Figuur 2.1 Ligging van de 35 bedrijven in Nederland

Het bemonsterde gebied beslaat in principe het gehele areaal van de bovengenoemde bedrijven, echter met uitzondering van de percelen die ten tijde van het eerste veldwerk een ander gewas bleken te hebben dan bekend was bij de loting van de proefplekken (zie ook par 3.1).

2.1.2 Doelvariabelen

Bij het ontwerp van de steekproefopzet is gebruik gemaakt van de proceskennis over nitraatuitspoeling. Gewas, vochtvoorziening en organisch stofgehalte in de bodem werden als belangrijkste factoren beschouwd. Informatie over deze factoren kon voorafgaand aan de bemonstering worden verkregen uit bodem- en Gt-kaarten en bedrijfsregistraties. Naast de factoren zijn er vooraf een aantal mogelijke verklarende variabelen gekozen, die op alle proefplekken moesten worden bepaald. Deze zijn: het bedrijfsoverschot (*BO*), perceeloverschotten (*PO*), *Nmin* in de bodem, bodemtype ter plaatse, stikstofmineralisatiecapaciteit (*Mincap*), denitrificatiecapaciteit (*Dencap*), Gt ter plaatse, gewastype en een of meer meteorologische variabelen (bijv. Neerslagoverschot). De veronderstelling was namelijk dat

$$N_{grw} = \text{Functie}(BO, PO, Nmin, Dencap, Mincap, Bodem, Gt, Gewas, Meteo) \quad [1]$$

De variabelen *BO* en *PO* komen via de bedrijfsgegevens beschikbaar en behoeven dus niet via de steekproef te worden opgenomen. Iets dergelijks geldt voor de *Meteo*-variabele(n), die beschikbaar komen via interpolatie van gegevens van de dichtstbijzijnde meteo-stations, danwel via bij het bedrijf geplaatste regenmeters. De overige variabelen moesten per steekproefplek worden bepaald. Bodemprofielbeschrijvingen en actuele grondwaterstanden en de bijbehorende schatting van de Gt werden bij elke proefplek geregistreerd. De wijze waarop de diverse doelvariabelen zijn bepaald wordt beschreven in hoofdstuk 3.

2.1.3 Doelgrootheden

De te bepalen doelgrootheden zijn de parameters in een of meer nog te selecteren regressiemodellen met *Ngrw* als te voorspellen variabele, en *BO*, *PO*, *Nmin*, *Dencap*, *Mincap*, *Bodem*, *Gt*, *Gewas*, *Meteo* als mogelijke verklarende variabelen. Deze parameters betreffen de regressie-coëfficiënten en de rest-spreiding.

2.2 Gebruikte voor-informatie

De belangrijkste bronnen van voor-informatie, gebruikt bij het ontwerpen van het monitoringsysteem zijn:

- de bodem- en Gt-kaart, schaal 1 : 50.000
- per bedrijf een kaart waarop de perceelsgrenzen en het gewas per perceel, zoals bekend uit de bedrijfsadministratie.
- het rapport “A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands” (ten Berge, 2001)

2.3 Nauwkeurigheidseisen

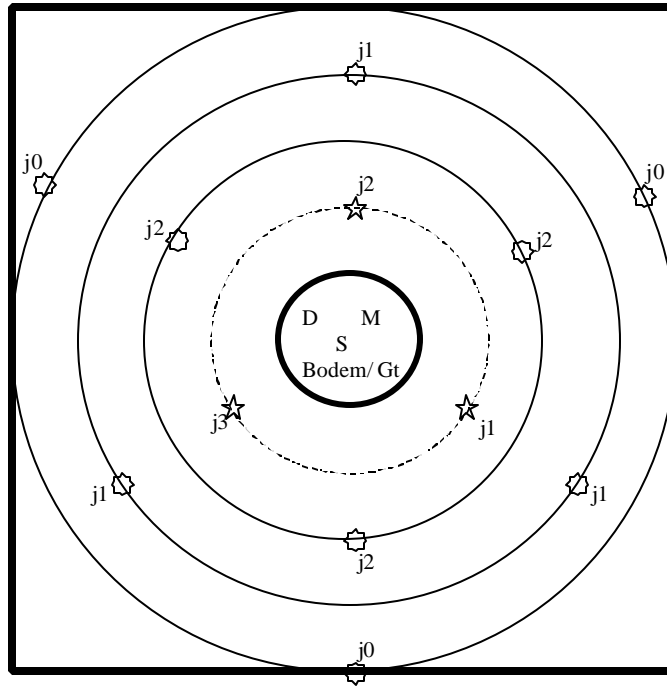
Er zijn vooraf geen expliciete eisen gesteld t.a.v. de nauwkeurigheid van de schattingen van de doelgrootheden. Echter, het beschikbare budget voor de monitoring voorzag in maximaal 480 proefplekken. Het ontwerp is erop gericht om, gegeven dit aantal, de diverse regressie-parameters zo nauwkeurig mogelijk te kunnen schatten.

2.4 Steekproefeenheid

Als ruimtelijke steekproefeenheden zijn vierkanten van 5 x 5 m gekozen, in dit rapport proefplekken genoemd. Dit houdt in dat het te bemonsteren gebied is gediscretiseerd volgens een vierkantsrooster met 5 m celgrootte. Van deze cellen kwamen slechts diegene in aanmerking voor monsternamen welke niet een perceelsgrens kruisten.

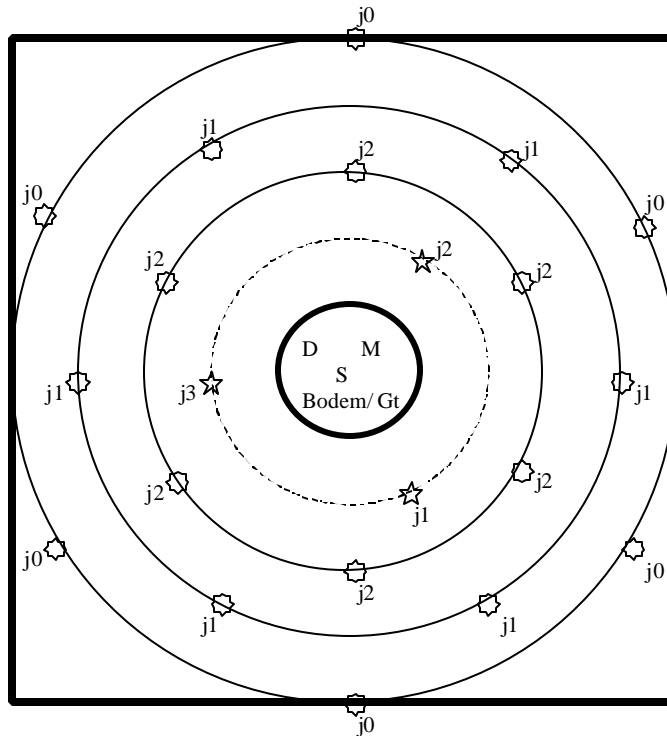
In het centrum van de proefplekken werden volgens een veldwerkprotocol de benodigde monsters genomen voor de bepaling van *Dencap*, *aanvullende metingen aan de bouwvoor* (in de figuur *Mincap*) en een boring verricht voor de bepaling van *Bodem* en *Gt*. De metingen die jaarlijks herhaald worden (*Ngrw* en *Nmin*) bevinden zich om het middelpunt heen. De locatie van monsterpunten voor nitraat in het grondwater of bodemvocht en de monsters voor *Nmin* in de bodem staan weergegeven in figuur 2.2.

De afmeting van 5 x 5 m leek een geschikt compromis tussen enerzijds de wens om de doelvariabelen zoveel mogelijk op dezelfde plaats te bepalen (teneinde zo weinig mogelijk ruis te introduceren t.g.v. ruimtelijke variatie op korte afstand), en anderzijds de wens om zo weinig mogelijk verstoring te krijgen door de monsternamen zelf.



- ☆ *Ngrw*, jaarlijks 1 monster in 3 jaren
- D *Dencap*
- M *Mincap*
- S *Sonde*
- ◻ *Nmin*, jaarlijks 1 mengmonster van 3 steken

j0 = jaar 2000
 j1 = jaar 2001
 j2 = jaar 2002
 j3 = jaar 2003



- ☆ *Ngrw*, jaarlijks 1 monster in 3 jaren
- D *Dencap*
- M *Mincap*
- S *Sonde*
- ◻ *Nmin*, jaarlijks 1 mengmonster van 6 steken

j0 = jaar 2000
 j1 = jaar 2001
 j2 = jaar 2002
 j3 = jaar 2003

Figuur 2.2 Bemonsteringsplan voor proefplekken op akkerbouw (boven) en grasland (onder). De bovenzijde van de figuur is naar het noorden gericht. De stralen van de cirkels in de figuur zijn resp. 0.5, 1, 1.5, 2 en 2.5 meter

2.5 Steekproefopzet in ruimte en tijd

2.5.1 Primaire ontwerpkeuzen

Er zijn twee primaire keuzen gemaakt die tezamen de steekproefopzet in belangrijke mate hebben bepaald:

- de keuze voor de ‘ontwerp-gebaseerde’ benadering, en dus niet de ‘model-gebaseerde’ benadering. Dit houdt in dat de proefplekken worden geloot volgens een bepaald schema, en dat de toe te passen statistische schattingsmethoden zijn gebaseerd op deze wijze van loten, dus niet op een (geostatistisch) model voor de ruimtelijk-temporele variaties. De redenen voor deze keuze zijn dat a) er relatief veel metingen nodig zijn voor het maken van een bruikbaar model, en b) de aannamen achter dergelijke modellen de uitkomsten sterk kunnen bepalen maar steeds voor discussie vatbaar zullen zijn.
- de keuze voor een ‘statisch’ systeem, en dus niet voor een ‘dynamisch’ of een ‘rotationeel’ systeem. Dit houdt in dat de eenmaal gelote proefplekken in de loop van de tijd in principe blijven gehandhaafd, en dus niet geheel of gedeeltelijk worden vervangen door andere. De redenen hiervoor zijn dat a) op deze wijze veranderingen in de tijd nauwkeuriger zijn vast te stellen, en b) er niet steeds nieuwe proefplekken behoeven te worden ingericht.

Het feit dat een statisch systeem is gekozen maakt dat de opzet van de ruimtelijk/temporele steekproef is te splitsen in een ruimtelijk en een temporeel gedeelte, welke afzonderlijk van elkaar kunnen worden beschreven.

2.5.2 Ruimtelijke steekproefopzet

Er is gekozen voor een gestratificeerde aselechte steekproef, waarbij uit elk van de strata (deel-gebieden) een enkelvoudige aselechte steekproef is getrokken (met gelijke kansen en zonder ‘teruglegging’) van een tevoren bepaald aantal proefplekken. De reden voor deze keuze was dat, enerzijds op deze manier de gegevensverzameling in principe gestuurd kon worden in de richting van een goede dekking van de eigenschappen-ruimte, nodig voor nauwkeurige schatting van de doelgrootheden, en anderzijds de steekproefopzet nog eenvoudig bleef (een belangrijk voordeel voor het veldwerk en voor de statistische verwerking van de gegevens).

Statificering

In paragraaf 2.1.2 is beschreven dat vochtvoorziening, organisch stofgehalte en gewas naar verwachting onderscheidende factoren zijn voor het niveau van nitraatuitspoeling. Deze factoren zijn vertaald naar strata voor bodemgroepen, Gt-groepen en gewasgroepen. De indeling in groepen, zoals hieronder is weergegeven, is gebaseerd op het verwachte effect op de nitraatuitspoeling.

Indeling in 4 grondsoorten:

- L: Lössgronden
- Z1: Zandgronden met veel organische stof of een dikke bovengrond (zoals enkeerdgronden, moerige gronden)
- Z2: Zandgronden met relatief veel organische stof en een hoog leemgehalte (zoals de meeste beekerdgronden, sommige gooreerdgronden, zandgronden met een kleidek, keileemgronden)
- Z3: Overige zandgronden (sommige beekerdgronden, meeste gooreerdgronden, podzolgronden)

Indeling in 3 Gt-groepen:

- Gt-groep 1: GHG (Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand) ondieper dan 40 cm – mv. (Gt I, II, II*, IIb, III, III*, V, V*)
- Gt-groep 2: GHG tussen 40 en 80 cm – mv. (Gt IIc, IV, VI)
- Gt-groep 3: GHG dieper dan 80 cm – mv. (Gt IVc, VII, VII* en VIII)

Indeling in 6 gewasgroepen:

- g: grasland
- m: snijmaïs op melkveehouderijbedrijven,
- t: boerenkool, bloemkool, chinese kool, knolselderij, korrelmaïs, spitskool, ijsbergsla, CCM en MKS
- a: aardappel, koolraap, koolrabi, kropsla, prei, radijs, snijmaïs, spinazie en ui
- b: broccoli, knolvenkel, luzerne, peulvruchten, rode kool, spruitkool, suikerbiet, voederbiet en witte kool
- r: aardbei, andijvie, asperge, bospeen, gerst, haver, rode biet, rogge, schorseneer, tarwe, witlof en wortel

Dit leidt tot maximaal 60 combinaties van bodem-Gt-gewas, maar niet alle combinaties komen daadwerkelijk voor. Deze combinaties worden hier verder clusters genoemd. Aangezien het belangrijk was de gegevensverzameling ook te kunnen sturen over bedrijven, is als stratificering gekozen de combinatie van bedrijf en cluster. Dit houdt in dat alle 5 x 5 m cellen binnen een bedrijf welke dezelfde bodem-Gt-gewas combinatie hebben, tezamen één stratum vormen. Uit elk van deze strata werden dus een aantal cellen geloot om als proefplek te dienen. (N.B.: de strata zijn gedefinieerd m.b.v. de factor 'gewas' zoals deze uit de bedrijfsgegevens bekend was ten tijde van de loting; de stratificering veranderd dus niet in de loop van de tijd.)

Verdeling van proefplekken over de strata

Het onderzoeksbudget voorzag in de inrichting van 480 proefplekken. Deze proefplekken moesten zo evenredig mogelijk worden verdeeld over het areaal van de strata (clusters binnen bedrijven). Hiertoe werden de proefplekken eerst verdeeld over de deelnemende bedrijven, evenredig met het areaal van de bedrijven. Vervolgens werden de proefplekken, die per bedrijf waren toegekend verdeeld over de binnen het bedrijf aanwezige strata. Ook hier werd gestreefd naar een evenredige verdeling met het areaal, maar gezien de randvoorwaarde dat alle strata, die binnen een bedrijf voorkomen ook worden bemonsterd en het feit dat de verdeling van

punten over de strata worden afgerond op hele getallen, is dit streven niet overal gehaald.

De aantallen proefplekken per bedrijf binnen een stratum worden berekend volgens:

$$n_{sb} = \frac{A_{sb}}{A_s} \cdot n_s$$

waarin

n_{sb} = aantal proefplekken in stratum s binnen bedrijf b;

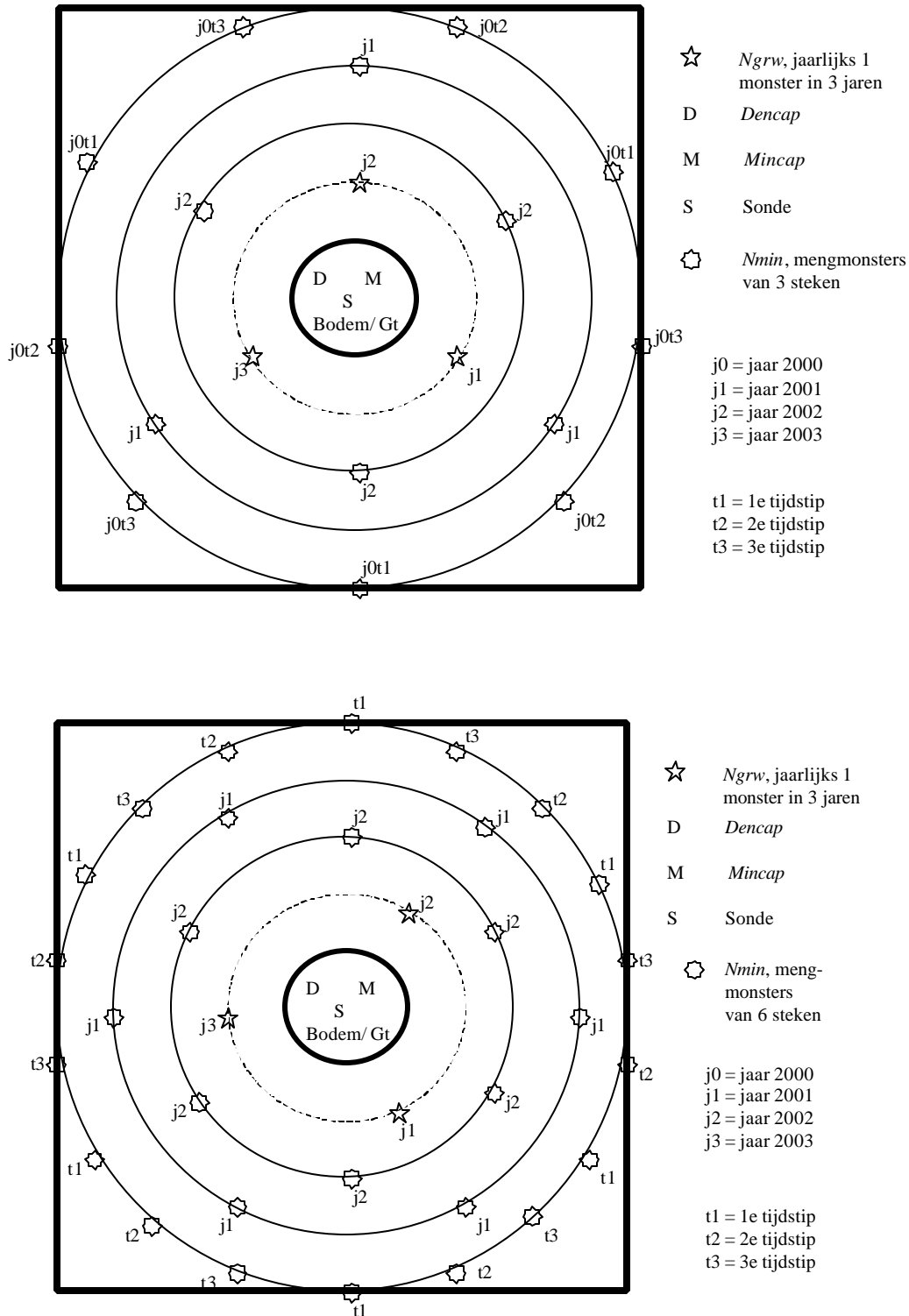
A_{sb} = oppervlak van stratum s binnen bedrijf b.

In de praktijk werd voor de loting van steekproefplekken van elk bedrijf een geografisch bestand gemaakt waarop de grenzen van de percelen en van de strata staan aangegeven. Hierover werd een rooster van 5 x 5 m gelegd. De cellen hiervan zijn potentiële proefplekken, echter alle cellen die werden doorsneden door een of meer perceels- of gewasgrenzen vallen af. Uit de overblijvende 'homogene' cellen van het stratum binnen het bedrijf werd een aselechte steekproef van n_{sb} cellen getrokken, plus 25 % extra cellen die dienden als reserve voor die gevallen waarin bij het eerste bezoek aan het bedrijf bleek dat op de betreffende cel niet het verwachte gewastype stond, cq. had gestaan.

Om subjectieve beslissingen bij de keuze van invallers te vermijden werden de reserve-cellen genummerd in de volgorde waarin zij zijn geloot, en ze zijn ook in die volgorde gebruikt voor invallen.

2.5.3 Temporele steekproefopzet

Het gehalte N_{min} is in de tijd zeer variabel, waardoor het optimale moment van N_{min} -bemonstering in het najaar moeilijk te bapalen is. Het zou kunnen dat het gekozen tijdstip voor de N_{min} -bemonstering te vroeg of te laat is om een goede relatie met de nitraat in het grondwater te hebben. Om, in ieder geval achteraf, te kunnen toetsen of er een grote fout is gemaakt met de bemonstering in oktober of november is in 2000 en in 2001 een deel (50%) van de proefplekken niet alleen in oktober/november bemonsterd voor een N_{min} -bepaling, maar ook in december-januari en februari. Dit 'tijdstippenonderzoek' werd, om kosten te besparen, in ongeveer de helft van de bedrijven geconcentreerd. De ruimtelijke configuratie van monsterpunten met tijdstippenonderzoek wordt getoond in figuur 2.3



Figuur 2.3 Bemonsteringsplan voor proefplekken met *Nmin*-bemonstering op meerdere tijdstippen voor akkerbouw (boven) en grasland (onder)

2.6 Afwijkingen bij de uitvoering t.o.v. de opzet

Na de zomer van 2000 waren 27 van de 35 bedrijven bekend en voor deze 27 bedrijven is de hierboven beschreven procedure gevolgd en is in het najaar bemonsterd voor Nmineraal. Toen later dat najaar bekend was welke bodemtypen, grondwatertrappen (Gt's) en gewassen op de bemonsterde proefplekken daadwerkelijk voorkwamen, kon gericht gezocht worden naar aanvullende bedrijven met vooral die bodem-Gt-gewas-combinaties waar nog proefplekken op nodig waren. Nadat die bedrijven gevonden waren binnen de PraktijkcijfersII-bedrijven zijn uiteindelijk niet de hele bedrijven beschouwd voor het loten van nieuwe proefplekken, maar alleen de ontbrekende strata. Daardoor kan het nu voorkomen dat er van enkele bedrijven slechts op een zeer klein aantal percelen proefplekken zijn geloot. Op die aanvullende bedrijven kon pas begin 2001 gestart worden met veldwerkzaamheden en zijn dus geen Nmin-bepalingen beschikbaar voor het eerste meetseizoen.

3 Gegevens verzameling op proefplekniveau

De verzameling van gegevens is uitgevoerd volgens de richtlijnen van de steekproefopzet. De inrichting van de proefplekken, zoals deze in hoofdstuk 2 staat beschreven, is op alle proefplekken toegepast. Ook de gegevensverzameling binnen de proefplekken is vooraf goed beschreven in protocollen, zodat de bemonstering volgens vastgestelde procedures kon verlopen. In het protocol werd de ruimtelijke configuratie van monsterpunten binnen een proefplek beschreven en de te hanteren methode voor bemonstering. Verder schreef het protocol ook voor in welke gevallen een beoogde steekproefplek moest worden vervangen door een gelote reserve plek.

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de proefplekken in het veld werden gezocht en beschreven. Verder wordt beschreven hoe de bemonstering heeft plaatsgevonden en wat voor bepalingen aan de monsters zijn gedaan. De bemonstering betreft hier de volgende gegevens per proefplek:

- bodemprofielbeschrijving en grondwatertrap
- gehalte aan minerale N in de bodem (N_{min}) in het najaar
- nitraat in het bovenste grondwater of in het bodemvocht in het voorjaar
- denitrificatiecapaciteit
-
- mineralisatiecapaciteit en diverse metingen aan de bouwvoor

De bemonstering en de bepalingen die zijn uitgevoerd om deze gegevens te verkrijgen, worden in de onderstaande paragrafen behandeld. Tevens wordt beschreven welke weersgegevens zijn verzameld. In hoofdstuk 4 wordt aandacht besteed aan alle bedrijfsgerelateerde (management)gegevens

3.1 Plaatsbepaling van de proefplekken en monsterpunten

De proefplekken zijn vooraf geloot, dus de coördinaten waren bekend voordat het veld bezocht werd. In het veld werd met een GPS-apparaat en kaart de plaats met de gegeven coördinaten zo nauwkeurig mogelijk bepaald, zonder dat er op urineplekken, gewasrijen of andere bijzonderheden werd gelet. Er werd dus niet gezocht naar voor het perceel representatieve plekken. Het centrum van een proefplek werd gemarkeerd door een elektromagnetische spoel in te graven, die later (voor een volgende bemonstering) met een bijbehorende detector weer kon worden teruggevonden. De centra werden (waar mogelijk) tevens gemarkeerd met een bamboestokje.

Voordat werd overgegaan tot het markeren van de proefplek of de bemonstering ervan, werd eerst beoordeeld of de proefplek wel of niet werd geaccepteerd. De proefplek werd niet geaccepteerd als:

- de proefplek op een perceel lag dat minder dan drie jaren (de looptijd van Sturen op Nitraat) bij het bedrijf zou blijven (controle bij de bedrijfsleider)

- het centrum van de proefplek zich binnen 4 meter afstand van een perceels- of gewasgrens bevond, waarbij ook rekening werd gehouden met eventuele toekomstige wijzigingen in perceels-, gewas- of bedrijfsgrenzen.
- de proefplek, om welke reden dan ook, niet voor monsternamen toegankelijk was
- de proefplek op een gedempte sloot of op een bedrijfspad lag
- de proefplek in het lössgebied op een helling lag
- zich op de proefplek een ander gewas type bevond dan volgens zijn stratumindeeling zou moeten
- de proefplek door de monsternemer werd beoordeeld als “dit kan niet de bedoeling zijn”

Als een proefplek verviel, werd de reden van vervallen op het veldformulier genoteerd en werd de proefplek vervangen door de eerste nog niet gebruikte reserveproefplek binnen het betreffende stratum en het bedrijf.

Binnen een proefplek werden de monsterpunten uitgezet volgens de figuren 2.2-2.3

3.2 Bodemprofielbeschrijving en grondwatertrap

Als een proefplek werd geaccepteerd, werden gegevens van de proefplek op monsterformulieren opgenomen. Het ging hierbij in eerste instantie om kenmerken als afstand tot een drain of greppel, indien deze aanwezig waren, de grondwaterstand en het gewas (winter en zomer). Vervolgens werd er een bodembeschrijving gemaakt volgens de handleiding bodemgeografisch onderzoek (ten Cate *et al*, 1995). De grondwatertrap en bodemtype werden voor elke proefplek in het veld gevestigd.

3.3 Gehalte aan minerale N in de bodem (N_{min}) in het najaar

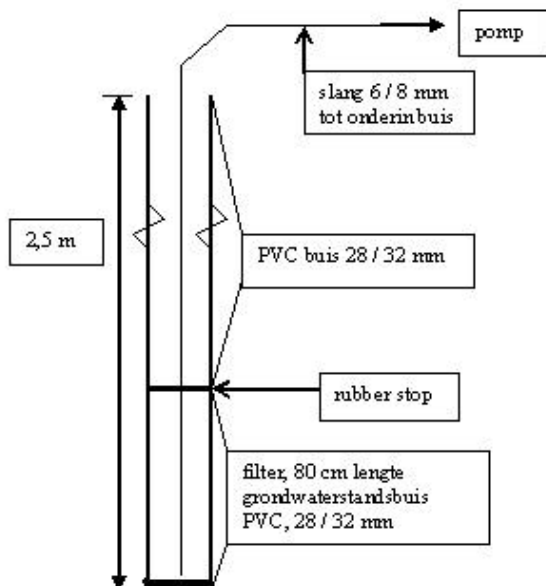
Het gehalte aan minerale N in de bodem (N_{min}) wordt ieder najaar, doorgaans in oktober, gemeten. Er werd bij elke bemonsteringsronde steeds een mengmonster gemaakt op elk van de drie te bemonsteren diepten (0-30, 30-60 en 60-90 cm). De onderlinge afstand tussen de steken varieerde per jaar. Op proefplekken in de akkerbouw of maïs werden de mengmonsters samengesteld uit 3 steken. Op zowel niet-beweid als beweid grasland werden 6 steken gemengd. Er werd bij het zoeken naar de monsterpunten niet gezocht naar plekken met wel of juist geen urineplekken. Voor het nemen van het monster werd wel gecontroleerd of er sprake was van een (restant van een) mestflat of een urineplek, eerst visueel, vervolgens door een in situ EC-meting van de bovengrond. Hiervoor werd een klein gat voorgeboord, waar de EC-sensor precies in past. Gedurende 5 seconden werd de EC gemeten van de veldvochtige grond. Als de geregistreerde EC groter was dan 100 mS, werd er verondersteld dat er in een urineplek werd gemeten. Op iedere proefplek werd genoteerd hoeveel van de zes monsters in een mestflat waren genomen.

De monsters werden gekoeld opgeslagen tot de aflevering bij het laboratorium, uiterlijk in de week van monstername. De monsters zijn geanalyseerd op N-NO₃ en N-NH₄ (samen Nmin) d.m.v. een 1:2,5 (v/v) extractie met 1 M KCl (Houba *et al.*, 1997; procedure 9.3).

3.4 Nitraat in het bovenste grondwater of in het bodemvocht in het voorjaar

Eén van de hypothesen van dit onderzoek was dat de overtollige stikstof die in het najaar in de bodem is achtergebleven gedurende de winter uitspoelt naar het grondwater. Om na te gaan of er een relatie tussen nitraat in het grondwater en het landbouwkundig handelen in het voorgaande jaar bestaat werd op alle proefplekken in het voorjaar een monster genomen van het grondwater. Wanneer het grondwater dieper stond dan 1,50 meter, werd niet het grondwater, maar het bodemvocht bemonsterd, omdat het dieper liggende grondwater naar verwachting niet zozeer een relatie heeft met het voorgaande jaar, maar een afspiegeling is van meerdere jaren. Het streven was om alle watermonsters in maart/april te nemen. Door de MKZ-crisis is in 2001 de bemonstering pas in het late voorjaar gebeurd.

In het veld werd eerst geboord tot het grondwaterniveau, waarna nog 80 cm dieper werd geboord. In dit boorgat werd een monsternamelans geplaatst (zie figuur 3.1). Nadat het boorgat eerst enkele malen was leeggepompt, werd er een monster van 30 ml 'in-line' door een filtreereenheid (0,45 µm) in een potje geleid. Als het grondwater tussen 120 en 150 cm diep stond werd er slechts tot 200 cm diep bemonsterd (de bemonsterde laag was dan dus minder dan 80 cm). Als bij het boren na 150 cm nog geen grondwater werd aangetroffen, werd van de bodemlaag tussen 120 en 180 cm een grondmonster genomen. Als binnen deze laag alsnog grondwater werd aangetroffen werd de laag tussen 120 cm en het grondwater bemonsterd.



Figuur 3.1 Monsternamelans

In het laboratorium zijn de bodemmonsters, waarvan het bodemvocht moest worden geanalyseerd, geëxtraheerd met demiwater (1:1 v/v) en vervolgens is het totaal nitraatgehalte van de bodemvochtexttracten en de grondwatermonsters vastgesteld met een flow-injectie analyser. De nitraatconcentraties van het bodemvocht zijn vervolgens gecorrigeerd voor het vochtgehalte en het toegevoegde water. Van het grondwater werd tevens het gehalte aan DOC (opgelost organisch koolstof) bepaald, omdat dit een indruk kan geven van de hoeveelheid reduceerbaar materiaal dat uitspoelt samen met het nitraat en verantwoordelijk kan zijn voor de denitrificatie in de ondergrond. Daarnaast werden van het grondwater de pH en het ijzer- en mangaangehalte vastgesteld. Beide laatste parameters geven een indicatie voor het gereduceerd zijn van het monster en kunnen mogelijk een laag nitraatgehalte van het grondwater verklaren.

3.5 Denitrificatiecapaciteit

Nitraat, dat uit de bovenste bodemlagen uitspoelt, kan worden omgezet door denitrificatie. Om een indicatie te krijgen van de denitrificatiecapaciteit van de bodem, werden op vijf diepten in het bodemprofiel ringmonsters genomen, waaraan de potentiële denitrificatie werd bepaald. Deze monsters werden direct naast het boorpunt voor de profielbeschrijving genomen. De bemonstering werd uitgevoerd in oktober, november en december 2000. Een deel van de proefplekken was op dat moment nog niet bekend, dus moest de bemonstering van deze plekken worden uitgesteld tot het volgende voorjaar. In verband met de MKZ-crisis is die bemonstering pas in het late voorjaar van 2001 uitgevoerd.

De bemonstering vond plaats in duplo. Met een onderlinge afstand van 25 cm werden twee boringen gedaan, voor het nemen van de ringmonsters. De monsters werden genomen in metalen ringen (100 cm³) op 5 dieptes: 2-7 cm, 13-18 cm, 23-28 cm, 50-55 cm en 70-75 cm. De monsters werden overgebracht naar het laboratorium. In het laboratorium werd de potentiële denitrificatiecapaciteit bepaald aan de hand van de acetyleen-inhibitietechniek. Hiervoor werden de twee (duplo)ringen in een pot geplaatst, waarna er een overmaat nitraat (75 ml KNO₃; 0.046 mol/l) aan werd toegevoegd. De pot werd luchtdicht afgesloten en anaëroob gemaakt met N₂. Er werd acetyleen aan de pot toegevoegd (6 vol.%), waarna de monsters werden geïncubeerd gedurende 40 tot 45 uur bij 15°C. De N₂O-concentraties na incubatie werden gemeten met een gasmonitor. Bij de berekening van de denitrificatiecapaciteit (g N/kg grond/dag) werd gecorrigeerd voor het volume van de gasmonitor, maar niet voor het vochtgehalte in het monster.

3.6 Aanvullende metingen bouwvoor

In het centrum van de proefplekken, naast de monsterpunten voor de denitrificatiecapaciteit, werden mengmonster van 5 steken genomen van de bouwvoor voor diverse eenmalige bepalingen. In graslanden is de bodemlaag van 0 tot 25 cm bemonsterd en in maïsland en bouwland is de bodem van 0 tot 10 cm

bemonsterd. Aan de monsters werden verschillende analyses verricht. Deze bepalingen worden samengevat onder de noemer 'mineralisatiecapaciteit'.

Onder deze noemer Mineralisatiecapaciteit van de bouwvoor vallen meerdere bepalingen, die allemaal een indicatie kunnen geven van de mineralisatiecapaciteit van de bodem. Het gaat om potentiële mineralisatie, potentiële denitrificatie, totaal C, totaal N, hot-KCl-N en opgelost organisch N en C. De potentiële mineralisatie is hier gedefinieerd als de N-mineralisatie tijdens aërobe incubatie van grond onder laboratoriumomstandigheden, gedurende vier weken (Keeney, 1982; Velthof et al., 2001). De potentiële mineralisatie kan afwijken van de actuele mineralisatie in het veld, omdat daar meestal andere vocht- en temperatuurcondities heersen. De potentiële denitrificatie in deze bepalingmethode is de denitrificatie tijdens strikt anaërobe incubatie van grond in aanwezigheid van een overmaat nitraat, gedurende drie dagen. De sturende factor bij de bepaling van de potentiële denitrificatie is de aanwezigheid van afbreekbare organische stof als energiebron voor denitrificerende; naarmate er meer afbreekbare organische stof aanwezig is, is de potentiële denitrificatie groter (Focht, 1978; Bijay-Singh *et al.*, 1988). De potentiële denitrificatie geeft een risico op denitrificatieverliezen onder (zeer) natte omstandigheden en wijkt dus af van de actuele denitrificatie in het veld, omdat strikt anaërobe condities in het veld alleen tijdens korte perioden zullen optreden.

De bemonstering vond plaats in de periode oktober 2000 tot mei 2001 (door de MKZ-crisis was het niet mogelijk om de bemonstering eerder af te ronden. De monsters voor het mengmonster werden binnen een straal van 0,5 meter genomen. Alle monsters zijn gedroogd bij 40°C en gezeefd over een 2 mm-zeef. De potentiële mineralisatie en denitrificatie zijn bepaald nadat de monsters weer bevochtigd zijn. Deze biologische meetmethoden (incubatie van bodemmonsters) kosten relatief veel tijd en zijn duur. Daarom zijn naast de incubatiemetingen ook variabelen met snelle chemische methoden gebruikt, die mogelijk als indicator gebruikt kunnen worden. In tabel 3.3.1 wordt een overzicht en een korte beschrijving gegeven van de metingen, die zijn uitgevoerd. Alle analyses zijn uitgevoerd aan bij 40° C gedroogde grond. Aangezien er maar een beperkte hoeveelheid bodemmonster aanwezig was, zijn niet alle bepalingen uitgevoerd voor alle monsters en is van hetzelfde bodemmonster eerst de potentiële mineralisatie bepaald en daarna de potentiële denitrificatie.

Tabel 3.1 Korte beschrijving van uitgevoerde bepalingen

Bepaling	Korte beschrijving	Referentie
Potentiële mineralisatie	Incubatie van grond bij 20 °C en 60% van de vloeigrens in zakjes van polyethyleen. Potentiële mineralisatie is de toename in 4 weken van minerale N (0,01M CaCl ₂).	Hassink (1995) Velthof <i>et al.</i> (2001)
Potentiële denitrificatie	Anaërobe incubatie bij 20 °C in een met nitraat aangerijkte grond met behulp van acetyleeninhibitietechniek. Meting van N ₂ O-toename met foto-acoestische gasmonitor na 1, 2 en 3 dagen. De gemiddelde potentiële denitrificatiesnelheid is de toename in N ₂ O-concentratie in 3 dagen.	Bijay-Singh <i>et al.</i> (1988) Velthof <i>et al.</i> (2001)
Totaal C	Bepaald volgens Kurmies-methode	Houba <i>et al.</i> (1997)
Totaal N	Spectrofotometrisch na destructie van grond met mengsel van zwavelzuur, salicylzuur en H ₂ O ₂	Houba <i>et al.</i> (1997)
Hot-KCl-methode	Extractie van de grond gedurende 4 uur met 2M KCl bij 100 °C. Bepaling van NH ₄ . Indicator is toename in NH ₄ ten opzicht van de initiële hoeveelheid (bepaald in 0,01M CaCl ₂) door de extractie met hot KCl.	Gianello & Bremner (1986) Groot & Houba (1995) Velthof <i>et al.</i> (2001)
Opgelost organische N	extractie met 0,01M CaCl ₂ en de bepaling organische N in extract	Groot & Houba (1995) Houba <i>et al.</i> (2000) Velthof <i>et al.</i> (2001)
Opgelost organische C	extractie met 0,01M CaCl ₂ bepaling organische C in extract	Houba <i>et al.</i> (2000)

Naast de parameters uit de tabel zijn in het 0.01 M CaCl₂-extract van alle monsters ook pH, P-extraheerbaar en Na. Daarnaast is P-totaal bepaald. Deze parameters waren niet gerelateerd aan mineralisatie en denitrificatie en zijn in de regressie-analyse voor Sturen op Nitraat niet gebruikt

3.7 Meteo-gegevens

Naast de bodemkenmerken en de gegevens over het bedrijfsmanagement zijn ook meteorologische gegevens verzameld. Neerslag- en temperatuurmetingen zijn uitgevoerd op de bedrijven. Verdampingsgegevens zijn niet op de bedrijven gemeten, hiervoor zijn gegevens van het dichtstbijzijnde KNMI-weerstations gebruikt.

Op alle bedrijven zijn weatherlink weerstations geplaatst, die temperatuur en neerslag registreerden. De plaatsing van de stations vond grotendeels plaats in januari en februari 2001. Op een aantal bedrijven is het later geworden en door de MKZ-crisis zijn die weerstations in juli 2001 pas in werking gesteld. Op de proefboerderijen zijn al weerstations aanwezig, waarvan de gegevens gebruikt worden. Daar zijn geen weatherlink stations geplaatst.

De neerslagcijfers werden over de dag gesommeerd en de temperatuur omgezet in een minimum, een maximumwaarde en een gemiddelde temperatuur. De neerslagcijfers zijn vervolgens omgezet in neerslagsommen over het groeiseizoen (periode 1: 1 april t/m 30 september) en het uitspoelingsseizoen (periode 2: 1 oktober t/m 31 maart). Aangezien de weerstations in 2000 nog niet actief waren, zijn voor de periode

april 2000 tot april 2001 gewogen gemiddelden van de twee dichtstbijzijnde KNMI-stations gebruikt. De neerslagsom is voor alle punten binnen een bedrijf gelijk.

Naast de neerslagsom is ook voor het neerslagoverschot over de periodes 1 en 2 berekend volgens:

$$\text{Neerslagoverschot}_{(m)} = \text{Neerslag}_{(m)} - (E_{\text{ref}(m)} * F_{(m)})$$

(m) = maand

E_{ref} = referentieverdamping

F = gewasfactor

Hiervoor zijn de referentieverdampingsgegevens gebruikt van een nabij KNMI-weerstation. De referentieverdamping is voor alle gewasgroepen gecorrigeerd met een gewasfactor. Het neerslagoverschot is voor alle proefplekken van een bedrijf en met een zelfde gewasgroep gelijk.

4 Bedrijfs- en perceeloverschotten

De kandidaat-indicatoren perceeloverschot en bedrijfsoverschot vallen onder de noemer bedrijfsgegevens. Alle gegevens die nodig zijn om deze overschotten te berekenen zijn beschreven in de volgende paragrafen. Voor de data-analyse voor de periode zomer 2000-voorjaar 2001 zijn deze bedrijfsgegevens nodig voor het groeiseizoen van 2000. Ook is het bij de data-analyse interessant om te onderzoeken of factoren die in belangrijke mate bijdragen aan de uiteindelijke hoogte van het perceels- en/of bedrijfsoverschot ook variatie in de gemeten nitraatconcentraties kunnen verklaren. Daarom zijn voor alle proefplekken gegevens in de database opgenomen over bijvoorbeeld bemesting en bij grasland beweiding.

4.1 Verzameling en bewerking van bedrijfs- en perceelsgegevens in de melkveehouderij

Op bedrijfsniveau worden het werkelijk bedrijfsoverschot en het overschot volgens de MINAS-systematiek onderscheiden. Beide zijn in essentie 'poortbalansen': ze vertegenwoordigen de som van een aantal aan- en afvoertermen, stromen die het bedrijf binnenkomen resp. verlaten. De beide bedrijfsbalansen worden hier eerst behandeld.

Vervolgens wordt aandacht besteed aan het vaststellen van 'bodembalansen'. Het overschot op de bodembalans vormt onderdeel van het totale bedrijfsoverschot. Voor melkveehouderijbedrijven is het vaststellen van het bodemoverschot een vrij complexe zaak, zeker waar deze per perceel gespecificeerd moet worden. In mindere mate geldt dit ook voor de bodembalans op 'gewasniveau', d.w.z. voor het totale grasland-areaal of maïs-areaal (evt. totaal bouwlandareaal) binnen het bedrijf. De systematiek gehanteerd bij het vaststellen van bodembalansen wordt eveneens in dit hoofdstuk gepresenteerd.

Een aantal posten op de perceelsbalans is behept met grote onzekerheid. Soms is dit het gevolg van incomplete registratie van alle benodigde gegevens, maar termen als opname van weidegras of depositie van weidemest zijn zelfs op grond van nauwkeurige boekhoudingen moeilijk te kwantificeren. Een belangrijke variabele bij het kwantificeren van deze 'weideposten' is het aantal dierweide-uren. Omdat deze vaak wel nauwkeurig bekend is, in tegenstelling tot de ermee geassocieerde balansposten, is bij het vaststellen van relaties tussen kandidaat-indicatoren gebruik gemaakt van de mogelijkheid om het aantal dierweide-uren als verklarende variabele op te nemen. Hetzelfde geldt voor de mestgiften per perceel, zowel 'totaal' als gespecificeerd naar kunstmest- en dierlijke-mestgiften

In Tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de beschikbare gegevens voor de deelnemende melkveehouderijbedrijven. Vermeld is het onderzoeksnetwerk ('cate-

gorie') waar het bedrijf aan deelneemt, en per variabele is aangegeven of deze voor het betreffende bedrijf beschikbaar was.

Tabel 4.1 Beschikbare gegevens voor de melkveehouderijbedrijven aangegeven per type data. (2000 =0; 2001=1)

Naam	Categorie	Data											
		N-overschot Bedrijf		N-overschot MINAS		N-balans bodem per perceel		Kunst-mest	Organische mest	Dierweide-uren			
Tijert	Bacteriën en mineralen			0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Lankhorst	Bioveem/prak.c.II	0	1		1	0	1	0	1	0	1	0	1
Van Liere	Bioveem	0			1	0	1	0	1	0	1	0	1
Teurlings	Duinboeren			0	1	0	1	0	1	0	1	nvt	nvt
De Kleijne	Koeien & Kansen	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Eggink	Koeien & Kansen	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Hoefmans	K&K	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Hoven	K&K	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Kuks	K&K	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Menkveld	en K&K	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Wijnbergen													
Pijnenborg-Van Kempen	K&K	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Schepens	K&K	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Van Laarhoven	K&K	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Derks	Praktijkcijfers II	0	1	0	1		1	0	1	0	1	nvt	Nvt
Nicolaes	Praktijkcijfers II		1	0	1	0	1	0	1	0	1	nvt	nvt
Wanroij	Duinboeren			0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Aver Heino	Proefbedrijf			0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Cranendonck	Proefbedrijf			0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
De Marke	Proefbedrijf			0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

4.1.1 Bedrijfsbalans: 'werkelijk' en 'volgens MINAS'

Het bedrijfsoverschot wordt berekend door een balans te maken tussen de totale aan- en afvoer van stikstof op het bedrijf. De benodigde gegevens worden betrokken uit de bedrijfsboekhouding. Het bedrijfsoverschot wordt uitgedrukt hetzij als 'werkelijk bedrijfsoverschot' of als MINAS-overschot. In Tabel 4.2 staan de balansposten die bij de berekening van beide overschotten worden meegeteld.

De term 'netto toelaatbare dierverliezen' wordt in de berekening van de MINAS-balans meegenomen ter correctie voor dierverliezen en wordt in mindering gebracht op het bedrijfsoverschot. In tegenstelling tot de berekening van het MINAS-bedrijfsoverschot wordt bij het werkelijke overschot deze correctie achterwege gelaten.

Het netto dierverlies, uitgedrukt in kg N per ha, wordt als volgt berekend:

$$\text{Netto dierverlies} = (\text{aantal melkkoeien} * 30) + (\text{aantal pinken} * 20.5) + (\text{aantal kalveren} * 9.7) - (\text{aantal ha grasland} * 60)$$

Bij een negatieve uitkomst van deze uitdrukking wordt het netto dierverlies op nul gesteld.

Tabel 4.2 Overzicht balansposten voor het opstellen van het werkelijk bedrijfsoverschot en het MINAS-overschot voor stikstof

Balansposten	Werkelijk bedrijfsoverschot	MINAS-overschot
<i>Aanvoer</i>		
Vee	+	+
Krachtvoer	+	+
Ruwvoer	+	+
Bijproducten	+	+
Kunstmest	+	+
Organische mest	+	+
Klaver	+	-
Depositie	+	-
<u>Totaal</u>		
<i>Afvoer</i>		
Vee	+	+
Melk	+	+
Ruwvoer	+	+
Bijproducten	+	+
Organische mest	+	+
Netto toelaatbare dierverliezen	-	+
<u>Totaal</u>		
<i>Voorraadverandering</i>		
Vee + aanwas	+	-
Krachtvoer	+	-
Ruwvoer	+	-
Bijproducten	+	-
Kunstmest	+	-
Organische mest	+	-

4.1.2 Bodembalansen

4.1.2.1 De bodembalans van grasland

De hierboven gepresenteerde balansen hebben betrekking op (aspecten van) het gehele bedrijf. Een volgende stap is balansen op te stellen voor delen van het bedrijf. Relevante subsystemen zijn de bodem onder grasland en de bodem onder bouwland. In paragraaf 4.1.2.3 komt de bodembalans van het grasland aan de orde.

4.1.2.2 De bodembalans van bouwland

Voor de bodembalans van bouwland zijn alle geteelde gewassen op een bedrijf (voedergewassen en akkerbouwgewassen) samengevoegd. Voor de melkveehouderij is het gewas in de meeste gevallen ($\pm 90\%$) maïs, al dan niet met grasonderzaai.

4.1.2.3 Bodembalansen op perceelsniveau (perceelsbalansen)

Methode

De hier beschreven methode voor het opstellen van een perceelsbalans is overgenomen uit Oenema *et al.* (2002). Voor het opstellen van een perceelsbalans is een nauwkeurige perceelsregistratie noodzakelijk. Melkveehouders dienen daartoe gegevens bij te houden over bemesting, beweiding en voederwinning. De registratie wordt door de melkveehouder, binnen Koeien & Kansen-verband, uitgevoerd met het Bemesting Advies Programma 'BAP-manager'. BAP-manager is in eerste instantie bedoeld voor de advisering van de bemesting. Per snede geeft BAP-manager een advies voor de graslandbemesing. Naast een adviesfunctie vervult BAP-manager binnen Koeien & Kansen een belangrijke rol bij de registratie. Zo worden naast de bemesting ook het gebruik, de verzorging, de opbrengst, de hoeveelheid gewasbeschermingsmiddelen en de berekening van grasland en voedergewassen met dit programma vastgelegd. Door de bedrijven die niet deelnemen aan Koeien & Kansen worden verschillende vormen van registratie gebruikt, van BAP tot notitieblokken. De verwerking van deze gegevens tot een perceelsbalans komt hieronder aan de orde.

Organische mest

De melkveehouder registreert per snede en per perceel hoeveel mest en welke mestsoort wordt toegediend. Het berekenen van de hoeveelheid N toegediend in organische mest gebeurt als N-totaal (N). Door middel van een werkingscoëfficiënt van 0,76 is de werkzame fractie van de organische mest berekend. N vertegenwoordigt alle N in de organische mest, na aftrek van vervluchtigingsverliezen. N bestaat uit N die direct beschikbaar komt in de vorm van N-mineraal (N_{min}) en uit de organisch gebonden N (N_{org}) die deels op een later tijdstip beschikbaar komt. Bij de berekening van N wordt de hoeveelheid mest (in BAP geregistreerd in m³) vermenigvuldigd met het N-gehalte van de mestsoort (N_{org} + N_{min}) en vervolgens gecorrigeerd voor emissieverliezen tijdens toedienen. De emissieverliezen zijn onder andere afhankelijk van de toedieningstechniek, de hoogte van de mestgift, en van de grondsoort (Steenvoorden *et al.*, 1999). Smits *et al.* (2001) hebben voor de 'Koeien & Kansen'-bedrijven de emissieverliezen bij toediening (kg N/ha) als bedrijfsgemiddelde berekend. Voor de overige bedrijven is gebruik gemaakt van de waarden uit Steenvoorden *et al.* (1999). Deze verliezen zijn hier uitgedrukt als een fractie x van de uitgereden mest-N. De hoeveelheid N toegediend in de vorm van organische mest per perceel is berekend als:

$$N \text{ organische mest} = (\text{aantal m}^3 \cdot \text{N-gehalte per mestsoort}) \cdot (1 - x)$$

Kunstmest

Net als bij organische mest registreert de melkveehouder de N-kunstmestgiften per snede en per perceel. De hoeveelheid N per perceel is de som van N-kunstmestgiften per snede, verminderd met 2,7% emissieverliezen.

Weidemest

Bij het berekenen van de hoeveelheid N uit weidemest worden twee informatiebronnen gebruikt:

de totale hoeveelheid weidemest op het bedrijf;
registratie van de beweiding per perceel (aantal dieren, aantal dagen, uren per dag, diergroep)

Oenema *et al.* (2000) beschrijft de berekening van de hoeveelheid weidemest op het bedrijf; deze volgt uit de bedrijfskringloop. De tweede informatiebron, de registratie van de beweiding, wordt gebruikt om de weidemest te verdelen over de percelen. Het aantal 'dierweidedagen' per perceel maakt de 'beweidingsdruk' zichtbaar en deze wordt als 'gewicht' gebruikt om de productie van weidemest per perceel te bepalen. De berekening van het aantal 'dierweidedagen' per perceel gebeurt als volgt:

$$\text{Dierweidedagen} = \text{aantal dieren} * \text{aantal dagen per dier} * \text{Nproductiefactor}^2 * (\text{aantal weideuren per dag} / 24)$$

De berekening van de hoeveelheid N uit weidemest per perceel is nu als volgt:

$$\text{N weidemest} = \frac{\text{N weidemest bedrijf} * (\text{dierweidedagen perceel} / \text{dierweidedagen bedrijf})$$

Depositie

Depositie is de hoeveelheid N die uit de atmosfeer de bodem verrijkt. Vanwege het ontbreken van perceelsspecifieke data wordt in dit geval de geschatte depositie op regioniveau gebruikt (Oenema *et al.*, 2000).

Klaver

Het schatten van het aandeel klaver in gras geeft een indicatie van de binding van atmosferische stikstof. Het aandeel klaver wordt vermenigvuldigd met 0,9 om te corrigeren voor het verschil tussen het bedekkingspercentage en het drogestof aandeel (R.L.M. Schils, pers. med.). Vervolgens wordt er per maai- en weidesnede berekend hoeveel ton drogestof klaver daarbij zat. Er is gerekend met de aanname dat klaver 45 kg N bindt per ton drogestof.

Netto voederverliezen

Netto voederverliezen bestaan uit beweidingsverliezen en maaiverliezen. De beweidingsverliezen zijn afhankelijk van het gebruikte beweidingssysteem en wordt als percentage van de bruto hoeveelheid weidegras per perceel berekend. Ook de maaiverliezen worden als percentage van de bruto hoeveelheid te maaien gras per perceel berekend. De percentages voor berekening van de beweidings- en maaiverliezen staan in Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Uitgangspunten voor het berekenen van de maai- en beweidingsverliezen (naar Anonymous, 1997)

Systeem	% verlies van bruto product
Maaien	6
Beperkt weiden	15
Onbeperkt weiden	20
Zomerstalvoeding	7

² Nproductiefactoren: 1 melkkoe = 1; 1 jongvee < 1 jaar = 0.34; 1 jongvee > 1 jaar = 0.71; 1 schaap = 0.12; 1 mestvarken = 0.11

Bruto kuilvoer

Bruto kuilvoer bestaat uit gras (graskuil en hooi) en overige (voeder)gewassen. De bruto kg opbrengst per perceel wordt door de melkveehouder geschat (in kg droge stof per ha) bij het maaien van een perceel, bij inscharen of bij de oogst. De berekening van de N-opbrengst is als volgt:

$$N \text{ (kuilvoer)} = \text{kg ds} * (\text{RE-gehalte}^3 \text{ (kuil)voersoort} / z)$$

$z = 6,25$; omrekeningsfactor van RE naar N

Het RE-gehalte van een kuilvoersoort is het jaargemiddelde van het bedrijf.

Bruto weidegras

Bij het berekenen van de hoeveelheid N uit weidegras worden drie informatiebronnen gebruikt:

- de totale hoeveelheid weidegrasopname op het bedrijf;
- registratie van de beweiding per perceel (aantal dieren, aantal dagen, uren per dag, diergroep);
- beweidingsverliezen

Oenema *et al.* (2000) beschrijft de berekening van de weidegrasopname op het bedrijf. De tweede informatiebron, de registratie van de beweiding, wordt gebruikt om de opname weidegras te verdelen over de percelen. Het aantal 'dierweidedagen' per perceel maakt de 'beweidingsdruk' zichtbaar en samen met de totale hoeveelheid weidegras op een bedrijf kan daardoor de weidegrasopname per perceel bepaald worden (procedure analoog aan berekening van weidemest, zie aldaar). De bruto productie van weidegras is de som van de opname van weidegras vermeerderd met de beweidingsverliezen (zie voederverliezen).

De berekening van het aantal 'dierweidedagen' per perceel gebeurt hetzelfde als bij de berekening van weidemest. Echter, in dit geval wordt er niet gerekend met N-productie factoren, maar met GVE factoren⁴. GVE factoren geven ook de verhouding weer tussen de verschillende diercategorieën, maar zijn berekend adhv verschillen in voeropname in plaats van verschillen in N-uitscheiding.

³ RE-gehalte = ruw eiwit gehalte van kuilvoer in g/kg ds.

⁴ GVE = Grootvee Eenheid. 1 melkkoe = 1 GVE; 1 jongvee < 1 jaar = 0.22; 1 jongvee > 1 jaar = 0.44; 1 schaap = 0.1 GVE.

Tabel 4.4 Benodigde gegevens voor het opstellen bodembalans op bedrijfs- en perceelsniveau en de meest voorkomende beperkingen

Gegevens	Bron	Detailniveau benodigde informatie		
		Bedrijfs-niveau	Perceels-niveau	Voorkomende beperkingen
Areaal gras	Algemene gegevens	X		
Areaal voedergewassen	Algemene gegevens	X		
Oppervlakte meetpercelen	Algemene gegevens		X	
N-gehalte org. mest	Mestanalyse BLGG	X		Ontbrekende analyses
Hoeveelheid org. mest toegediend	BAP	X	X	
Aan/afvoer mest	Bedrijfsboekhouding	X		
Toedieningsmethode	BAP		X	
Voorraadmutatie mest		X		Soms niet bekend
Start weideperiode	Graslandkalender	X		Gebrekkige registratie
Einde weideperiode	Graslandkalender	X		Gebrekkige registratie
Weideuren per dag	Veehouder	X	X	
Beweidingsstelsel	Veehouder	X	X	
Weidemest	Berekening	X	X	
N-binding luzerne/bonen	Berekening		X	
Klaver (kg N/ha)	Berekening		X	
Depositie (kg N/ha)	Regiotabellen	X		
Maaipercantage	Graslandkalender	X	X	
Hoeveelheid graskuil	Partijmeting BLGG / opgave boer	X		Ontbrekende partijmetingen
Voorraadmutatie kuilvoer				Ontbrekende partijmetingen
Ruw eiwitgehalte graskuil	Kuilanalyse BLGG	X		Ontbrekende analyses
Ruw eiwitgehalte voedergewassen	Kuilanalyse BLGG	X		Ontbrekende analyses
Jongvee < 1jr	Algemene informatie	X		
Jongvee > 1 jr + droge koeien	Algemene informatie	X		
Aantal melkkoeien	Algemene informatie	X		

De kandidaat-indicatoren perceeloverschot en bedrijfsoverschot vallen onder de noemer bedrijfsgegevens. Alle gegevens die nodig zijn om deze overschotten te berekenen zijn beschreven in de volgende paragrafen. Voor de data-analyse voor de periode zomer 2000-voorjaar 2001 zijn deze bedrijfsgegevens nodig voor het groeiseizoen van 2000. Ook is het bij de data-analyse interessant om te onderzoeken of factoren die in belangrijke mate bijdragen aan de uiteindelijke hoogte van het perceels- en/of bedrijfsoverschot ook variatie in de gemeten nitraatconcentraties kunnen verklaren. Daarom zijn voor alle proefplekken gegevens in de database opgenomen over bijvoorbeeld bemesting en bij grasland beweiding.

4.2 Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

4.2.1 Verzameling van gegevens

Deelnemende bedrijven

Evenals bij de melkveehouderij zijn voor deze sectoren voornamelijk onderzoeks- en praktijkbedrijven gekozen die reeds deelnemen aan bestaande projecten (tabel 4.5). Deze projecten zijn Telen met Toekomst (TmT), BIOM (biologische landbouw) en Praktijkcijfers II, en hebben onder andere tot doel om de verliezen van stikstof naar het milieu te beperken. Sturen op Nitraat maakt gebruik van de teeltregistratie ten behoeve van deze projecten. Waar nodig wordt over ontbrekende gegevens direct met de deelnemers gecommuniceerd. Op de totaal 15 deelnemende akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven liggen 216 meetpunten.

Tabel 4.5. Lijst van deelnemende bedrijven.

Categorie	Naam	locatie (prov.)	bijzonderheden
Proefbedrijven	PPO-t Kompas	Valthermond (Dr)	Kernbedrijf TmT, akkerbouw op dalgrond
	PPO-Kooijenburg	Marwijksoord (Dr)	Biologische akkerbouw op zandgrond – BSO
	PPO-Vredepeel	Vredepeel (L)	Kernbedrijf TmT, akkerbouw op zandgrond
	PPO-Horst	Horst-Meterik (L)	Kernbedrijf TmT, groenteteelt op zandgrond
	Wijnandsrade	Wijnandsrade (L)	Proefboerderij Akkerbouw op löss
Deelnemers Telen met Toekomst	Herbert	Bergentheim (Ov)	Praktijkbedrijf akkerbouw
	Reijnders	Klijndijk (Dr)	Praktijkbedrijf akkerbouw, deels biologisch
	Reijns	Alphen (NB)	Praktijkbedrijf akkerbouw
	Kouwenberg	Beek&Donk (NB)	Praktijkbedrijf vollegrondsgroenten
Deelnemers BIOM	de Wenning	Orvelte (Dr)	Praktijkbedrijf biologische akkerbouw & groenten
	Van Lierop	Mierlo (NB)	Praktijkbedrijf biologische groenten
Toegevoegd bedrijf	Huyts	Voerendaal (L)	Praktijkbedrijf akkerbouw
Deelnemers Praktijkcijfers II	Landgoed Wellsmeer	Well (L)	Praktijkbedrijf akkerbouw met groenten
	Bussemaker	Geesbrug (Ov)	Praktijkbedrijf groenten met akkerbouw
	Luring	Onstwedde (Gr)	Praktijkbedrijf akkerbouw

Registratie van gegevens op bedrijfsniveau

Op dit niveau worden de volgende gegevens verzameld:

- Naam bedrijf
- Totaal bedrijfsareaal
- Areaal dat voor MINAS meegerekend kan worden (dwz. exclusief huurland waarvoor geen gebruikersverklaring is afgegeven)
- Bouwplan (aandeel van gewassen over het totale bedrijfsareaal in hectares)

Registratie van gegevens op perceelsniveau

De informatie die op perceelsniveau wordt verzameld staat in tabel 4.6. In plaats van perceelsniveau, zou eigenlijk gesproken moeten worden van meetpuntniveau omdat met name op groentebedrijven soms meerdere gewassen op hetzelfde perceel naast elkaar worden geteeld.

Voor interpretatie van de N_{min}-bodem in najaar 2000 en NO₃-grondwater in voorjaar 2001 worden de teeltactiviteiten gedurende de periode vanaf de oogst 1999 tot maart 2001 (exclusief bemesting hoofdgewas 2001) het meest relevant geacht.

Een deel van de verzamelde gegevens is niet strikt noodzakelijk voor het opstellen van een N-balans maar wel belangrijk voor inschatting van het risico van N-verlies en karakterisering van het bedrijf. De genoemde data zijn meestal probleemloos te verzamelen als de ondernemer een goede registratie bijhoudt.

Tabel 4.6 Registratie gegevens op perceelsniveau

Gegeven	Opmerkingen
1. oppervlak perceel of teelt	Een perceel kan meerdere teelten naast elkaar en in de tijd hebben. Dit compliceert de registratie op basis van uitsluitend perceelsnamen /codes.
2. voorvrucht	Gewas geteeld vóór de hoofdvruucht.
3. gewas (hoofdvruucht)	Bij bladgroenten kan dit ook een dubbelteelt zijn, elk met eigen bemesting, ed.
4. zaai/pootdatum	
<u>Bemesting organische mest</u>	
5. mestsoort	
6. hoeveelheid (ton/ha)	
7. toedieningsdatum	
8. toedieningswijze	I.v.m. N-verliezen door ammoniakvervluchtiging
9. Ntot-gehalte (kg/ton)	Doorgaans bekend i.v.m. MINAS, anders worden standaardwaarden genomen.
10.Nmin-gehalte (kg/ton)	Vaak niet gemeten en daarom geschat op basis van standaardverhouding tussen Nmineraal en Ntotaal
11.gemeten of geschat	Ja/nee (heeft betrekking op Ntot en Nmin-gehalte organische mest)
<u>Bemesting kunstmest-N</u>	
12.hoeveelheid (kg N/ha)	
13.toedieningsdatum	In sommige gevallen (zoals bij NBS) is meerdere malen bemest.
<u>Andere N-bronnen</u>	
14.soort	Deze post wordt meegenomen als N-aanvoer > 10 kg N/ha (zoals schuimaarde, pootgoed, N-binding bij vlinderbloemigen en perspotjes bij sommige groenten).
15.hoeveelheid (kg N/ha)	Doorgaans zijn standaardgehalten / waarden per soort genomen.
16.toedieningsdatum	
<u>Oogst hoofdproduct</u>	
17.ton/ha vers materiaal	
18.N-gehalte kg/ton	Doorgaans zijn standaardgehalten per type product genomen.
<u>Oogst bijproduct (bij afvoer)</u>	
19.ton/ha vers materiaal	
20.N-gehalte kg/ton	Doorgaans zijn standaardgehalten per type product genomen.
<u>nagewas 2000</u>	
21.zaadatum	Indien van toepassing.
22.bemesting	Registratie van gegevens 5 tot en met 11
23.datum onderploegen nagewas	

Al deze gegevens zijn opgeslagen in FARM (een registratieprogramma van PPO-AGV voor bedrijfsgegevens) en daarmee zijn de hieronder besproken N-balansen berekend. Met de huidige versie van FARM kunnen de balansen alleen per teeltjaar worden berekend. Dat wil zeggen vanaf oogst hoofdgewas tot oogst hoofdgewas. Deze opzet is voor de hand liggend vanuit landbouwkundig oogpunt (berekening van werkzame stikstof) maar houdt geen rekening met het effect van mesttoediening in het najaar op de Nmin-voorraad van de bodem in de periode oktober – december en de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater in het daarop volgende voorjaar. Gelukkig is najaarstoediening van dierlijke mest weinig gebruikelijk op de zand- en lössgronden en zijn op de percelen waar de meetpunten van Sturen op Nitraat liggen in het najaar van 2000 géén dierlijke-mestgiften geregistreerd.

Een ander punt van aandacht is dat de MINAS-balans formeel berekend wordt per kalenderjaar (waarbij een verrekening mogelijk is met de afgelopen 2 jaren). Bovendien bepaalt de datum waarop de (kunst)mest op het bedrijf komt voor welk jaar het als aanvoerpost geldt, en niet de datum van toepassing. Dat FARM de MINAS-balans berekent per teeltjaar maakt niets uit voor het eindresultaat zolang bouwplansamenstelling en bemesting over de jaren heen gelijk blijft.

4.2.2 Perceelsbalansen

Omdat een akkerbouw- en groentebedrijf in deze context gezien kan worden als de som van de individuele percelen en teelten, worden de balansen eerst op perceelsniveau en vervolgens op bedrijfsniveau besproken.

Werkelijk N-overschot

Het werkelijk overschot op perceelsniveau (of teeltniveau als een perceel is opgedeeld in meerdere teelten) wordt als volgt berekend:

$$\text{Werkelijk N-overschot} = (\text{N-org.mest} + \text{N-diversen} + \text{N-kunstmest} + \text{N-binding} + \text{N-depositie}) - \text{werkelijke N-afvoer}$$

De post N-diversen verwijst naar N-aanvoer via uitgangsmateriaal, perspotjes, stro, beregening, etc. die buiten MINAS vallen. Deze post is doorgaans minder dan 10 kg N/ha. Voor de N-binding door vlinderbloemigen wordt gerekend met aanvoerforfaits zoals ze voor MINAS vanaf 2002 gelden (bijvoorbeeld 30 kg N/ha voor stamslabonen en 50 kg N/ha voor conservenerwt). De N-depositie (via de lucht en neerslag) is onder meer afhankelijk van de veedichtheid in een gebied. De waarden zijn ontleend aan het RIVM. De werkelijke N-afvoer is berekend als het product van de hoeveelheid afgevoerd materiaal en het N-gehalte.

MINAS-overschot

De balansberekening voorgeschreven door het MINAS-beleid is:

$$\text{MINAS-N-overschot} = (\text{N-organische mest} + \text{N-kunstmest} + \text{N-binding}) - \text{forfaitaire N-afvoer}$$

Deze balans onderscheidt zich van de vorige doordat de posten diversen en depositie zijn weggelaten en in plaats van de werkelijke afvoer is gerekend met een forfaitaire afvoer van 165 kg N/ha (behalve voor de voedergewassen).

In het onderzoek wordt ook gekeken naar de relaties van N_{min}- en nitraat-hoeveelheden met de totale N-aanvoer en werkzame N-aanvoer op perceelsniveau.

Totale N-aanvoer

Deze parameter wordt berekend als som van alle aanvoerposten die in bovenstaande tekst zijn aangegeven voor berekening van het werkelijk N-overschot.

Werkzame N-aanvoer

Een deel van de N die via organisch materiaal wordt aangevoerd komt in hetzelfde seizoen als minerale N voor het gewas vrij, terwijl het resterende deel pas in de navolgende jaren door mineralisatie vrijkomt. Voor dierlijke mest is een werkingscoëfficiënt geschat van 0,2 tot 0,8 afhankelijk van het toedieningstijdstip, -wijze en de soort mest (Anon, 1999). De werkingscoëfficiënt verwijst naar de fractie van de totale N-aanvoer via dierlijke mest die hetzelfde effect geeft als kunstmest. De werkzame N-aanvoer wordt als volgt berekend:

$$\text{Werkzame N-aanvoer} = (\text{N-org.mest} * \text{werkingscoëfficiënt}) + \text{N-kunstmest.}$$

4.2.3 Bedrijfsbalansen

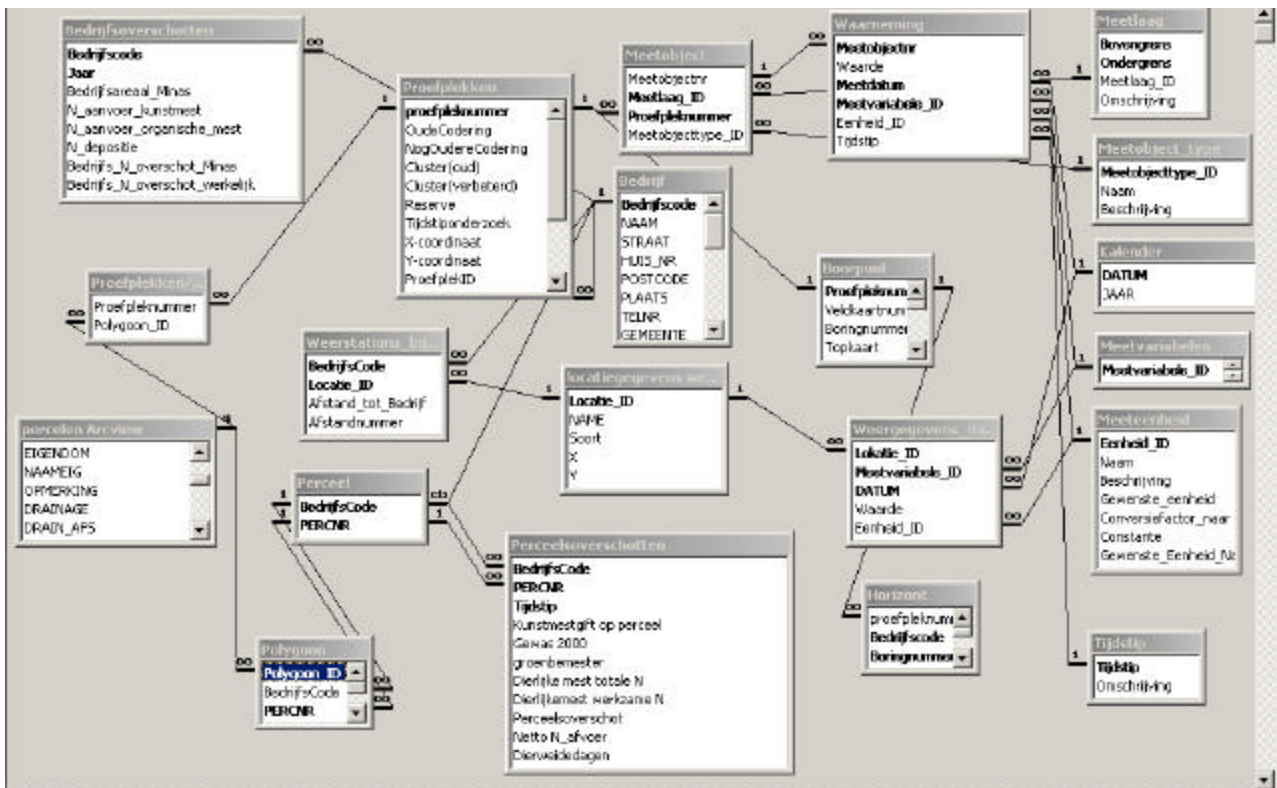
De bedrijfsoverschotten zijn berekend als som van de overschotten op de individuele percelen gedeeld door het totale bedrijfsareaal. Bij berekening van het MINAS N-overschot wordt ervan uitgegaan dat het bedrijfsareaal (al het gebruikte land) in zijn geheel als MINAS-oppervlak mag worden meegerekend. Dit is niet altijd het geval waardoor het MINAS-overschot toe kan nemen. Dit aspect valt echter buiten het kader van dit onderzoek.

5 Databeheer

Alle verzamelde gegevens zijn samengebracht in één database. Dit hoofdstuk geeft een korte inleiding op de databasestructuur, inhoud en mogelijkheden voor uitvoeren van gegevens. Voor een meer uitgebreide beschrijving en achtergronden van de database wordt verwezen naar Sturen op Nitraat rapport nr 5 (Dousma, 2002)

5.1 Structuur van de database

De database is opgezet als een verzameling tabellen, waarin de gegevens worden opgeslagen en die onderling aan elkaar gekoppeld kunnen worden. In figuur 5.1 zijn de verschillende tabellen van de database weergegeven. In de kop van iedere tabel staat de tabelnaam, in het vakje daaronder staan diverse *veldnamen*. Veldnamen kunnen worden gezien als de kolomkopjes, zoals ze in tabellen voorkomen



Figuur 5.1 Relatiediagram van de STOPNIT-database

De vetgedrukte veldnamen geven de *primaire sleutel* van de betreffende tabel aan. Deze sleutel slaat op een veldnaam of een combinatie van meerdere veldnamen, die in die tabel slechts één keer mogen voorkomen. De primaire sleutel zorgt ervoor dat er geen duplicaten in je database kunnen worden ingevoerd. Een voorbeeld hiervan in de tabel meetlaag is dat de bovengrens 0 cm vaker mag voorkomen en de

ondergrens 30 cm ook, maar de combinatie van ondergrens 0 cm en ondergrens 30 mag slechts 1 keer voorkomen.

De tabellen in figuur 5.1 zijn met elkaar verbonden door lijnen. Deze lijnen geven aan welke tabellen een relatie met elkaar hebben, waarmee ze gegevens aan elkaar doorgeven en wat voor soort relatie dat is. Een lijn met aan de ene kant een 1 en aan de andere kant een 8 betekent dat een tabelregel aan de “1-kant” meerdere keren voor kan komen in een tabel aan de “8-kant”. Bijvoorbeeld, *meetlaag ID* in de tabel meetlaag komt in die tabel maar 1 keer voor, maar in de tabel Meetobject wordt meerdere keren naar meetlaag verwezen. Een voorbeeld van een 1-op-1-relatie is de relatie tussen proefplek en boorpunt. Op iedere proefplek is slechts een boorpunt beschreven en het is in deze database ook niet mogelijk om -per ongeluk- meerdere profielbeschrijvingen toe te kennen aan een proefplek.

5.2 Database onderdelen

In de database zijn gegevens van verschillende schaalniveaus opgeslagen. Dit gaat heel goed omdat gegevens op proefplekniveau, via perceel weer aan bedrijven zijn gekoppeld. De database is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Bedrijfsgegevens (bedrijfsniveau).
- Weersgegevens (bedrijfsniveau).
- Perceelsgegevens (Perceelsniveau).
- Bodemkundige gegevens (proefplekniveau).
- Meetgegevens (meetobjectniveau).
- Basisinformatie/keuzetabellen

De bedrijfsgegevens bestaan vooral uit administratieve gegevens, zoals adres en contactpersonen. Maar hier horen ook kaartjes bij, die in een ArcView-format zijn opgeslagen. De kaartjes geven inzicht in de lokatie van het bedrijf en de percelen en bevatten perceelsnummers, zoals deze verder in de database worden gebruikt.

De weersgegevens worden op bedrijfsniveau verzameld en ook zo opgeslagen. In figuur 5.1 is te zien dat weersgegevens via weerstation direct aan bedrijfscodes zijn gekoppeld.

De perceelsgegevens bevatten niet alleen ruimtelijke informatie, zoals de lokatie, afmetingen en drainage, maar ook de perceeloverschotten en alle informatie die nodig is om de overschotten te berekenen. Perceelsinformatie wordt via de tabel perceel aan een bedrijf gekoppeld.

De tabel proefplek bevat slechts ruimtelijke informatie over de lokatie van de proefplek en is via perceel aan de bedrijven gekoppeld. Voor iedere proefplek is in deze tabel aangegeven tot welk stratum de proefplek behoort. De bodemgegevens zijn verzameld op proefplekniveau en deels ook op proefplekniveau opgeslagen. Dit blijkt uit de 1-op-1-relatie tussen proefplek en boorpunt. Echter per boorpunt zijn

meerdere horizonten (bodemplagen) beschreven. Deze zijn in een aparte tabel geplaatst, maar via boorpunt weer aan de proefplekken gekoppeld.

De meetgegevens zijn op proefplekniveau verzameld, maar omdat deze op verschillende diepten zijn uitgevoerd en aan verschillende meetobjecttypen (bodem, grondwater), zijn er voor iedere proefplek meerder meetobjecten met een vastgelegde meetlaag en meetobjecttype. De meetgegevens voor bodem, grondwater en bodemvocht zijn toegekend aan meetobjecten.

Aan de rechterkant van figuur 5.1 staan zogenaemde keuzetabellen. Deze bevatten geen informatie over waarnemingen, maar bieden een soort basislijstjes voor bijvoorbeeld meetlagen en meeteenheden. Het gebruik van deze keuzetabellen voorkomt enerzijds dat er een soort wildgroei aan gebruikte eenheden in de database plaatsvindt, maar anderzijds bevordert het ook de zoeksnelheid.

5.3 Uitvoer van gegevens

De afzonderlijke tabellen zijn, door het gebruik van de koppelingen, op zichzelf onleesbaar. Door gebruik te maken van zoekopdrachten is het echter zeer eenvoudig om iedere gewenste combinatie van gegevens op te vragen. Hierbij kunnen naar wens per proefplek, meetlaag of meettijdstip alle gegevens of slechts gemiddelden worden uitgevoerd. De zoekopdrachten en niet de zoekresultaten worden in de database opgeslagen, waardoor bij het opnieuw opvragen van de gegevens direct alle beschikbare, ook nieuw ingevoerde gegevens worden uitgevoerd. In de database zijn al een groot aantal standaard zoekopdrachten opgenomen. Bij specifieke wensen kunnen relatief eenvoudig nieuwe zoekopdrachten gemaakt worden.

Literatuur

- Anonymus, 1997. Handboek voor de rundveehouderij. CABRI, Lelystad. 520 p.
- Anononiem, 1999. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Publicatie nr. 95 PAV (PPO) – Lelystad
- Berge, H.F.M ten (editor), 2001. A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands. Reeks Sturen op Nitraat 2. Plant Research International, Wageningen. Report 31.
- Bijay-Singh J.C., J.C. Ryden & D.C. Whitehead, 1988. Some relationships between denitrification potential and fractions of organic carbon in air-dried and field-moist soils. *Soil Biology and Biochemistry* 20, 737-741.
- Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J.Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19A.
- Dousma, F, 2002. Opzet database Sturen op Nitraat. Reeks Sturen op Nitraat 5. Alterra, Wageningen. Rapport 317.
- Focht, D.D., 1978. Methods for analysis of denitrification in soils. *In* Nielsen D.R. & MacDonald J.G. (eds.) *Nitrogen in the environment* Vol 2 pp. 433-490, Academic Press, New York.
- Gianello G. & J.M. Bremner, 1986. A simple chemical method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 17, 195-214.
- Groot J.J.R. & V.J.G. Houba, 1995. A comparison of different indices for nitrogen mineralization. *Biology and Fertility of Soils* 19, 1-9.
- Hassink J., 1995. Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soil. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen, 250 pp.
- Houba V.J.G., J.J. van der Lee & I. Novomzamsky , 1997. Soil analysis procedures; Other procedures (Soil and Plant Analysis, part 5B), Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen, 217 p.
- Houba V.J.G., E.J.M. Temminghoff, G.A. Gaikhorst & W. van Vark, 2000. Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31, 1299-1396.
- Keeney D.R., 1982. Nitrogen-availability indices. *In*: Page AL, Miller RH & Keeney DR (eds.) *Methods of Soil analysis*, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, ASA-SSSA, Madison, 711-733.
- Noij, G.J., E. Hees, P. Dekker, R. Schils, J. Schröder & H. ten Berge, 2001. Onderzoeksvoorstel. Reeks Sturen op Nitraat 1. Wageningen UR.
- Oenema, J. H.F.M. ten Berge, C.J. de Jong en B. Fraters, 2002. Stikstofoverschotten in “Koeien en Kansen” en de relatie met nitraatconcentratie in grond- en oppervlaktewater. Analyse stikstofoverschotten in 1997-2000 en nitraat concentraties in 1999-2001. Plant Research International, Wageningen
- Oenema, J., H.F.M. Aarts & B. Habekotté, 2000. Nutrient cycle dairy farms 'Cows & Opportunities' in the original situation. Rapport No 9, Plant Research International, Wageningen, 26 pp. (In Dutch).

- Oenema, J., G.J. Koskamp & P.J. Galama, 2001. Guiding commercial farms to bridge the gap between experimental and commercial dairy farm; the project 'Cows & Opportunities. Netherlands Journal of Agricultural Science 49: 277-296.
- Steenvoorden, J.H.A.M., W.J. Bruins, M.M. van Eerdt, M.W. Hoogeveen, N. Hoogervorst, J.F.M. Huijsmans, H. Leneman, H.G. van der Meer, G.J. Monteny & F.J. de Ruijter, 1999. Monitoring van nationale ammoniakemissies uit de landbouw; Op weg naar een verbeterde rekentechniek. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Reeks Milieuplanbureau 6, 142 pp.
- Smits, M.C.J., G.J. Monteny, J. Oenema & H.F.M. Aarts, 2000. Monitoring ammonia emissions on dairy farms in the framework of Dutch nutriënt policy. In: K. Amaha & K. Ichito (Eds), Proceedings of the 2nd Dutch-Japanese Workshop on Precision Dairy Farming. Nishinasuno, Japan, pp. 81-89.
- Velthof, GL, O Oenema en JA Nelemans (2001) Vergelijking van indicatoren voor stikstofmineralisatie in bouwland. Meststoffen 2000, 45-52.