Regionaal nutriëntenmanagement

# Regionaal nutriëntenmanagement

## Een verkenning van perspectieven en beperkingen

**G.L. Velthof**
**O. Oenema**

**Alterra-rapport 258**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2001**

REFERAAT

Velthof, G.L. en O. Oenema, 2001. *Regionaal nutriëntenmanagement; een verkenning van perspectieven en beperkingen.* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 258. 62 blz. 14 fig.; 5 tab.; 66 ref.

De van oudsher monofunctionele landbouw verandert steeds meer in een multifunctionele landbouw waarin meerdere functies van het landelijke gebied worden verweven. Met behulp van regionale nutriëntenmanagement kan worden ingespeeld op regio-specifieke landbouwkundige, milieukundige en economische randvoorwaarden die aan landbouw worden gesteld. In deze studie zijn perspectieven en beperkingen van regionaal nutriëntenmanagement verkend. Voor veel landbouwbedrijven is een forse inspanning nodig om aan de normen van het voorgenomen uniforme mestbeleid te voldoen. In sommige regio's zijn wellicht stringentere normen nodig en in andere regio's wellicht minder stringentere normen. Regionaal nutriëntenmanagement speelt hierop in. Perspectieven voor regionaal nutriëntenmanagement liggen vooral in het beheer van nutriëntenstromen tussen verschillende (landbouw)sectoren in een regio, de aanpak van specifieke milieuproblemen, regionale bemestingsadviezen, landbouwvoorlichting en waterbeheer.

Trefwoorden: fosfaat, mestbeleid, milieu, nutriëntenmanagement, optimaliseringsmodel, regio, stikstof.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 43,75 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 258. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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

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

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

Projectnummer 317-10201 [Alterra-rapport 258/HM/04-2001]

# Inhoud


Samenvatting en conclusies 7

1 Inleiding 9

2 Functies en milieukwaliteit van landelijk gebied 11

3 Nutriëntenstromen en -verliezen 15
3.1 Nutriënten en organische stof 15
3.2 Stikstof- en fosfaatverliezen naar het milieu 16
3.2.1 Stikstof 16
3.2.2 Fosfaat 17
3.3 N- en P-stromen in landbouwsystemen 17
3.3.1 Melkveehouderij 18
3.3.2 Akkerbouw 18
3.3.3 Intensieve varkenshouderij 20

4 Randvoorwaarden en actoren 21
4.1 Maatschappelijke, wettelijke en milieukundige randvoorwaarden 22
4.1.1 Internationaal 22
4.1.2 Nationaal 23
4.1.3 Regionaal 25
4.2 Landbouwkundige en economische randvoorwaarden en actoren 25

5 Input-output relaties van nutriënten 27
5.1 Benutting van nutriënten door het gewas 27
5.2 Nutriëntenverliezen naar het milieu 28
5.3 Emissiebeperking 30

6 Regionaal nutriëntenmanagement: een casestudy 33
6.1 Inleiding en doel 33
6.2 Beschrijving van regio en landbouwbedrijven 33
6.2.1 Strategieën van nutriëntenmanagement 33
6.2.2 Landbouwbedrijven 35
6.3 Materialen en methoden 36
6.4 Resultaten 38
6.4.1 Mestoverschot 38
6.4.2 Financiële consequenties van vermindering van nutriëntenverliezen 39
6.4.3 Effecten van strategieën van nutriëntenmanagement op de totale verliezen in de regio 40
6.4.4 Ruimtelijke variabiliteit van stikstof- en fosfaatverliezen in de regio 41

7 Perspectieven en beperkingen van regionaal nutriëntenmanagement 45
7.1 Inleiding 45
7.2 Perspectieven van aanvullend regionaal beleid 45
7.3 Hergebruik 46
7.4 Maatregelen gericht op specifieke milieuproblemen 49
7.5 Herinrichting en reconstructie 51
7.6 Regionale bemestingsadviezen 51

7.7 Waterbeheer 52

Referenties 55

# Samenvatting en conclusies

Om de verliezen aan nutriënten vanuit de landbouw naar het milieu terug te dringen, is in Nederland de laatste 10 jaren nutriëntenbeleid (ook wel mestbeleid of mineralenbeleid genoemd) gedefinieerd. Bij dit milieubeleid wordt vooralsnog sterk ingezet op een uniform of nationaal beleid (geldend voor geheel Nederland), maar soms is er duidelijk sprake van regionaal beleid. Het uniform nutriëntenbeleid in Nederland zal in de komende jaren sterk worden aangescherpt, hetgeen een sterke aanpassing in het nutriëntenmangement op landbouwbedrijven vraagt. De vraag die hierbij gesteld kan worden, of regionaal nutriëntenbeleid een meerwaarde heeft ten op zichte van een uniform nutriëntenbeleid en zo ja, wanneer en waar een regionaal nutriëntenbeleid voor de hand ligt. Regionaal nutriëntenmanagement wordt hier gedefinieerd als het nutriëntenmanagement in een bepaalde regio, waarbij naast de landbouwkundige functie ook rekening wordt gehouden met de andere functies van de regio. Met regionaal nutriëntenmanagement wordt gestreefd om voor alle functies binnen de regio de juiste milieukwaliteit betreffende nutriënten te verkrijgen.

Het doel van deze studie was:

- het geven van een overzicht welke factoren een rol spelen bij (regionaal) nutriëntenmanagement;
- het ontwikkelen van een instrument (model) waarmee het nutriëntenmanagement op regionaal niveau kan worden geoptimaliseerd;
- het uitvoeren van een casestudy als voorbeeld van optimalisering van regionaal nutriëntenmanagement;
- het aangeven van de perspectieven en beperkingen van regionaal nutriënten-management.

De belangrijkste conclusies van het onderzoek zijn:

- Het Nederlandse nutriëntenbeleid is nochtans sterk uniform/nationaal gericht zodat alle boeren aan dezelfde regels moeten voldoen en uit oogpunt van controle en handhaving.
- De van oudsher monofunctionele landbouw zal veranderen in een multi-functionele landbouw waarin meerdere functies worden verweven. Het scheiden van functies in het landelijk gebied is vaak lastig.
- Bij regionaal nutriëntenmanagement spelen een groot aantal actoren een rol die verschillende randvoorwaarden aan het nutriëntenmanagement stellen. Deze randvoorwaarden zijn te onderscheiden in wettelijke en milieukundige randvoorwaarden (zowel internationaal, nationaal als regionaal), landbouw-kundige en economische randvoorwaarden en maatschappelijke randvoor-waarden;
- Het verminderen van de nutriëntenverliezen gaat relatief gemakkelijk in een inefficiënt systeem met een hoge input en hoge verliezen dan in een efficiënt systeem met een relatief lage input en relatief lage verliezen. De inspanning die geleverd moet worden om het nutriëntenverlies te verminderen, neemt toe

naarmate de verliezen lager zijn. Door de stringente uniforme nutriëntenwetgeving in Nederland is regionaal een grote inspanning nodig om tot een verdere vermindering van de nutriëntenemissies naar het milieu te realiseren. Dit beperkt de mogelijkheden van regionaal nutriëntenmanagement.

- Er zijn duidelijke perspectieven voor het gebruik van modellen bij het optimaliseren van het nutriëntenmanagement in een regio, waarbij rekening wordt gehouden met verschillende (combinaties van) doelen en randvoorwaarden op het gebied van financiële opbrengst, N- en P-overschot, en specifieke nutriëntenverliezen naar het milieu. Een verdere verfijning van het regionaal nutriëntenmanagement kan worden verkregen indien bij de optimalisering rekening wordt gehouden met de ruimtelijke verdeling van het landgebruik en de nutriëntenemissies in de regio.

Het uniforme nutriëntenbeleid is slechts in beperkte mate gericht op de nutriëntenstromen tussen landbouwbedrijven onderling en tussen de landbouw en andere sectoren in de regio (agrarische industrie, consument, afvalverwerking). Voor regionaal nutriëntenmanagement bestaat mogelijk een rol voor het beheer van deze nutriëntenstromen. Er zijn duidelijke perspectieven voor regionaal nutrienten-management bij de recycling van nutriënten in de regio (mestafzet, hergebruik van organische meststoffen, voer in ruil voor mest). Verder zijn er perspectieven bij de aanpak van specifieke milieuproblemen, het opstellen regionale bemestingsadviezen en landbouwvoorlichting en waterbeheer.

# 1 Inleiding

Om de verliezen aan nutriënten vanuit de landbouw naar het milieu terug te dringen, is in Nederland de laatste 10 jaren nutriëntenbeleid (of mestbeleid, mineralenbeleid) gedefinieerd, zoals het Besluit Gebruik Dierlijke Mest (BGDM), Besluit Gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM) en Mineralen Aangifte Systeem (MINAS) (Anon., 1987; anon., 1991a; anon., 1995). Bij dit milieubeleid wordt vooralsnog sterk ingezet op een uniform of nationaal beleid (geldend voor geheel Nederland), maar soms is er duidelijk sprake van regionaal beleid (regionale verschillen in uitrijverbod van mest in BGDM, droge zandgronden in MINAS, milieubeschermingsgebieden). Het uniform nutriëntenbeleid in Nederland zal in de komende 3 jaar sterk worden aangescherpt, hetgeen een grote aanpassing in het nutriëntenmanagement op landbouwbedrijven vraagt. De vraag die hierbij gesteld kan worden, of regionaal nutriëntenbeleid een meerwaarde heeft ten op zichte van een uniform nutriëntenbeleid en zo ja, wanneer en waar een regionaal nutriëntenbeleid voor de hand ligt. Hierbij moeten andere regionale functies van het landelijk gebied en de hiervoor gestelde randvoorwaarden, zoals milieukwaliteit, economie en werkgelegenheid, in beschouwing worden genomen. Regionaal nutriëntenmanagement wordt hier gedefinieerd als het nutriëntenmanagement in een bepaalde regio, waarbij naast de landbouwkundige functie ook rekening wordt gehouden met de andere functies van de regio. Met regionaal nutriëntenmanagement wordt gestreefd om voor alle functies binnen de regio de juiste milieukwaliteit betreffende nutriënten te verkrijgen.

Het doel van deze studie is:

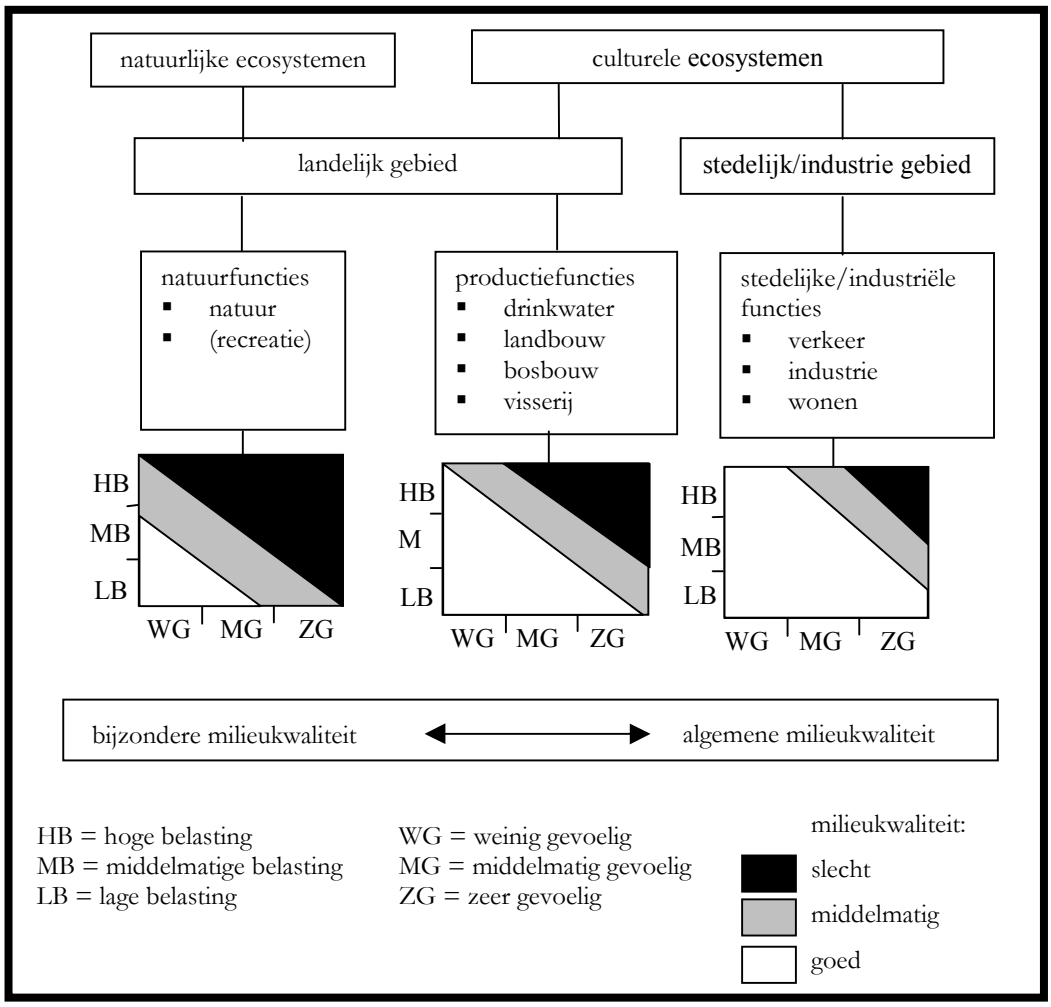
- het geven van een overzicht welke factoren een rol spelen bij (regionaal) nutriëntenmanagement;
- het opzetten van een instrument (model) waarmee het nutriëntenmanagement op regionaal niveau kan worden geoptimaliseerd en de mogelijkheden en beperkingen kunnen worden verkend;
- het uitvoeren van een casestudy als voorbeeld van optimalisering van regionaal nutriëntenmanagement;
- het aangeven van de perspectieven en beperkingen van regionaal nutriëntenmanagement;

Deze studie richt zich tot de melkveehouderij, de akkerbouw en de intensieve varkenshouderij. In hoofdstuk 2 wordt een kort overzicht gegeven van de verwevenheid van functies in het landelijk gebied en van de schaal- en tijdsaspecten die daarbij een rol spelen. In hoofdstuk 3 wordt een kort overzicht gegeven welke nutriënten belangrijk zijn en welke specifieke problemen er spelen bij de verschillende nutriënten. Verder worden de nutriëntenstromen en –verliezen in enkele landbouwsystemen in het kort beschreven. In het hoofdstuk 4 wordt aangegeven welke wettelijke, milieukundige, landbouwkundige en maatschappelijke randvoorwaarden moeten worden beschouwd bij het opstellen van regionaal nutriëntenmanagement en welke actoren er zijn. In hoofdstuk 5 worden input-output

relaties voor nutriënten weergegeven. In hoofdstuk 6 wordt een casestudy weergegeven, waarin het nutriëntenmanagement van een bepaalde regio met een model wordt geoptimaliseerd bij verschillende randvoorwaarden. In hoofdstuk 7 worden perspectieven en beperkingen van regionaal nutriëntenbeleid- en management aangeven en worden de belangrijkste conclusies van de studie weergegeven.

# 2 Functies en milieukwaliteit van landelijk gebied

De waardering voor de milieukwaliteit van gebieden is sterk afhankelijk van de functies die deze gebieden hebben. Gebieden met een natuurfunctie stellen hoge eisen aan de milieukwaliteit. De belasting van deze gebieden met nutriënten en verontreinigingen moet laag zijn om deze bijzondere milieukwaliteit te garanderen (Figuur 1). De eisen aan de milieukwaliteit van gebieden met een productiefunctie (landbouw, drinkwatervoorziening, bosbouw en visserij) ligt tussen die van gebieden met een natuurfunctie, die een bijzondere milieukwaliteit vragen, en die van gebieden met een stedelijke en/of industriële functie, die een algemene (basis) milieukwaliteit vragen. Gebieden met verschillende eisen aan de milieukwaliteit liggen vaak dicht bij elkaar. Daarom moet binnen een bepaald gebied rekening moet worden gehouden met de gestelde milieukwaliteit van de andere gebieden.




*Figuur 1. Schema voor de bepaling van de milieukwaliteit van gebieden (RIVM, 1991).*

Vroeger werd het landelijk gebied alleen gebruikt voor monofunctionele landbouw, maar de functies van het landelijke gebied nemen steeds toe, bijvoorbeeld voor bosbouw, natuurontwikkeling, recreatie, waterwinning, cultuurlandschap en wonen. Ook nemen de eisen die gesteld worden door steden, dorpen, industrie en infra structuur aan het landelijk gebied toe. Het strict scheiden van alle functies van het landelijk gebied is niet mogelijk. De monofunctionele landbouw zal daarom steeds meer moeten veranderen in een multifunctionele landbouw. Vereijken (1997) gaf aan dat er zes belangrijke maatschappelijke basisbelangen van landbouw zijn:

1. de voedselvoorziening voor de gehele bevolking;
2. basisinkomen/winst voor de boeren en hun bedrijven;
3. werkgelegenheid;
4. abiotische milieu (kwaliteit van bodem, water en lucht);
5. natuur en landschap (verscheidenheid aan flora en fauna, doelmatigheid en belevingswaarde van het landschap);
6. gezondheid en welzijn van mensen en dieren.

De huidige monofunctionele landbouw kenmerkt zich door veel aandacht voor de gevestigde belangen (1-3) en weinig aandacht voor opkomende belangen (4-6) (deze belangen worden vaak als beperkende voorwaarde gezien). Vereijken (1997) definieert multifuctionele landbouw als landbouw waarin alle zes basisbelangen zijn verweven. De multifunctionele landbouw zal in een toenemende mate worden geconfronteerd met het contrast tussen de toename aan behoefte aan voedsel enerzijds en de toenemende behoefte aan natuur en een schoon milieu anderzijds.

De verandering van een monofunctionele landbouw in een multifunctionele landbouw vraagt specifieke eisen en randvoorwaarden aan het nutriënten-management (hoofdstuk 4). Het belangrijkste doel van monofunctionele landbouw is het verkrijgen van een zo hoog mogelijke (financiële) opbrengst en het nutriëntenmanagement is daarop gericht. In een multifunctionele landbouw moet rekening gehouden met de belangen van de gehele regio en dit vraagt om een verandering van nutriëntenmanagement in de landbouw.

Bij het opzetten van beleid ten aanzien van nutriëntenverliezen naar het milieu moet het effect van de ruimtelijke en temporele schaal waarin het milieuprobleem optreedt worden meegenomen. Er kunnen vijf ruimtelijke schaalniveaus worden onder-scheiden waarop milieuproblemen optreden: locaal, regionaal, fluviaal (stroomgebied van een rivier), continentaal en mondiaal (Langeweg 1989). In tabel 1 worden de ruimtelijke schaalniveaus weergegeven waarop enkele milieuproblemen met nutriënten spelen. Voorbeelden van locale milieuproblemen zijn fosfaatverzadiging van de bodem en stankoverlast door ammoniak, van fluviale milieuproblemen eutrofiëring van oppervlaktewateren en van mondiale milieuproblemen de uitstoot van broeikasgassen. Bij bepaalde problemen is een verschuiving zichtbaar van de schaal waarop het optreedt. De eutrofiëring van het oppervlaktewater was vroeger bijvoorbeeld een locaal probleem, terwijl het tegenwoordig een nationaal en fluviaal probleem is (Heathwaite et al., 1993) en er zijn indicaties dat de eutrofiëring in toenemende mate op een continentale (Amazonegebied) en mondiale schaal

(zuidpool) optreedt. Een vergelijkbare verschuiving is zichtbaar bij de ammoniakemissie.

Naast de ruimtelijke schaal speelt ook de tijdschaal een belangrijke rol bij milieuproblemen. Er kunnen drie kenmerkende tijdsfasen worden onderscheiden in milieuproblemen (Langeweg, 1989):

- de aanlooptijd. Dit is de tijd vanaf het moment dat de verontreiniging groter is dan de natuurlijke ruis tot het moment dat er ongewenste effecten zichtbaar worden;
- de reguleringstijd. Dit is de tijd vanaf de erkenning van het probleem tot het uitvoeren van maatregelen.
- de hersteltijd. Dit is de tijd die nodig is voor herstel van een systeem tot een acceptabel niveau van de verontreiniging. Er kan hierbij onderscheid worden gemaakt tussen passief herstel (natuurlijke hersteltijd na het nemen van regulerende maatregelen) en actief herstel (tijd nodig voor sanering).

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de tijdschalen van verschillende milieuproblemen die (deels) gerelateerd zijn aan emissies van nutriënten uit de landbouw.

*Tabel 1. Ruimtelijke schaal waarop verschillende milieuproblemen met nutriëntenemissies uit de landbouw spelen.*

| Milieuprobleem | ruimtelijke schaal[1] |
|---|---|
| Contaminatie van ondiepe grondwater | Locaal |
| Accumulatie in bodem | Locaal |
| Stankoverlast door ammoniak | Locaal |
| Bodemdegradatie (uitputting) | Locaal, regionaal |
| Contaminatie van diepe grondwater | Locaal, regionaal, nationaal |
| Bodemverzuring | Locaal, regionaal, nationaal, continentaal |
| Eutrofiëring van oppervlaktewater | Locaal, regionaal, nationaal, fluviaal, continentaal |
| Vermesting van natuurlijke gebieden | Locaal, regionaal, nationaal, fluviaal, continentaal |
| Broeikasgasemissies | Continentaal, mondiaal |

[1] definities van schalen die in deze studie worden gebruikt:
locaal: < 10 km2
regionaal: 10-5000 km2
nationaal: landen
fluviaal: stromingsgebied rivieren + zeeën
continentaal: groep van landen binnen continent
mondiaal: gehele aarde

Milieuproblemen die op een locale en regionale schaal spelen, kunnen het meest efficiënt worden aangepakt met specifieke maatregelen die op de locale en regionale omstandigheden zijn toegesneden. Milieuproblemen die op nationaal, fluviaal, continentaal en mondiaal niveau spelen kunnen beter met nationaal en internationaal (continentaal) beleid worden aangepakt.

*Tabel 2. Tijdschalen in jaren van enkele milieuproblemen die (deels) gerelateerd zijn aan nutriëntenmanagement in de landbouw.*

| Schaal | Verontreiniging | Aanloop | Regulering | Passief herstel | Actief herstel |
|---|---|---|---|---|---|
| Lokaal | stank: atmosfeer | 5 | 10 | 5 | - |
| | verzuring: bodem | 15 | 10-25 | >100 | 25 |
| | zware metalen: bodem | 50 | 10-25 | >100 | 25 |
| Regionaal | nitraat: ondiep grondwater | 25 | 10-25 | 10 | - |
| | nitraat: diep grondwater | 50 | 10-25 | >100 | - |
| | nitraat: oppervlaktewater | 15 | 10-25 | 10 | 5 |
| | fosfaat oppervlaktewater | 15 | 10-25 | 50 | 25 |
| | ammoniak: atmosfeer | 25 | 10-25 | 5 | - |
| Nationaal | nitraat: diep grondwater | 50 | 10-25 | >100 | - |
| | nitraat: oppervlaktewater | 15 | 10-25 | 10 | 5 |
| | fosfaat oppervlaktewater | 15 | 10-25 | 50 | 25 |
| | ammoniak: atmosfeer | 25 | 10-25 | 5 | - |
| Fluviaal | nitraat: rivieren/zeeën | 50 | 25-50 | 25 | 15-25 |
| | fosfaat rivieren/zeeën | 50 | 25-50 | 75 | 25-50 |
| Continentaal | ammoniak: atmosfeer | 50 | 25-50 | 5 | - |
| Mondiaal | methaan: atmosfeer | 250 | 50-100 | 10 | - |
| | lachgas: atmosfeer | 250 | 50-100 | >100 | - |

# 3 Nutriëntenstromen en -verliezen

## 3.1 Nutriënten en organische stof

Onder nutriënten worden hier essentiële plantenvoedende stoffen verstaan. Er kunnen, naar de behoefte van een gewas, drie groepen van nutriënten worden onderscheiden (Marschner, 1995):

- macro-nutriënten: stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K)
- meso-nutriënten: calcium (Ca), magnesium (Mg) en zwavel (S)
- micro-nutriënten: borium (B), molybdeen (Mo), zink (Zn), ijzer (Fe), koper (Cu), mangaan (Mn) en chloor (Cl)

Voor een gebalanceerde plantenvoeding moeten alle nutriënten voldoende aanwezig zijn: een gebrek aan een bepaald nutriënt kan tot verminderde opbrengst en kwaliteit leiden. Daarnaast kan een gebrek aan een bepaald nutriënt leiden tot een remming van de opname van een andere nutriënt, waardoor er meer verliezen naar het milieu kunnen optreden. Nutriëntenmanagement moet daarom gericht zijn op alle nutriënten. In de intensieve landbouw in Nederland is de aanvoer van nutriënten meestal (veel) groter dan de opname door het gewas, zodat er bijna nooit daadwerkelijk sprake is van een gebrek. De overmatige aanvoer van nutriënten heeft geleid tot nutriëntenverliezen naar het milieu. In deze studie wordt de aandacht gericht op de twee nutriënten die zowel uit landbouwkundig als uit milieukundig oogpunt het belangrijkst zijn en waarop het huidige nutriëntenbeleid in Nederland is gebaseerd: stikstof (N) en fosfaat (P). Problemen met andere nutriënten, zoals de ophoping van zware metalen in de bodem, de uitspoeling van hardheid (Ca en Mg) en kalium naar het grondwater en het mogelijk ontstaan van gebrek aan zwavel en micro-nutriënten in gewassen, hebben op dit moment in het beleid een lagere prioriteit.

Organische stof in de bodem heeft een belangrijke rol bij de chemische bodemvruchbaarheid (positief effect op de nutriëntennalevering door de bodem op korte en langere termijn), fysische bodemvruchtbaarheid (positief effect op de structuur en waterhuishouding van de bodem) en biologische bodemvruchtbaarheid (positief effect op (micro-) organismen in de bodem). Voor een duurzame en efficiënte landbouw is een goede organischestof voorziening van de bodem belangrijk. Daarnaast is het vastleggen van $CO_2$ ('koolstofopslag') in bodem-organischestof een mogelijke maatregel in het beleid ten aanzien van klimaatverandering. In dit rapport zal daarom naast stikstof en fosfaat ook aandacht worden besteed aan organische stof.

## 3.2 Stikstof- en fosfaatverliezen naar het milieu

### 3.2.1 Stikstof

Stikstof is een mobiel element. Het komt voor in verschillende chemische vormen die afhankelijk van de concentraties nuttige dan wel schadelijke effecten hebben op het milieu. Hieronder wordt een kort overzicht gegeven van emissies van schadelijke stikstofverbindingen naar het milieu.

***Nitraatuitspoeling naar grondwater***
Nitraat is goed oplosbaar in water en wordt nauwelijks chemisch geadsorbeerd in de bodem. Nitraat spoelt daarom gemakkelijk met percolerend water naar diepere bodemlagen. Vanuit het bovenste grondwater wordt nitraat naar het diepe grondwater getransporteerd. Het nitraattransport naar lagen dieper dan 10 m kan tientallen jaren duren (Beekman en Laeven, 1996). Hoge nitraatconcentraties in het grondwater (hoger dan 50 mg nitraat per liter) maakt dit water ongeschikt voor directe menselijke consumptie. Nitraatuitspoeling treedt voornamelijk op in de perioden met een neerslagoverschot (in de herfst en winter en in extreem natte perioden in het groeiseizoen). Het risico op nitraatuitspoeling is groot indien in de herfst en winter nog veel nitraat in de bodem aanwezig is, met name in zandgronden. Hoge nitraatconcentraties in de bodem aan het eind van het seizoen kunnen worden verwacht bij ruime en inefficiënte stikstofbemesting via kunstmest en dierlijke mest, intensieve beweiding, achterblijven van stikstofrijke gewasresten (bijvoorbeeld bietenblad, koolsoorten) en gewassen met een relatief lage stikstofbenutting zoals aardappelen (Fraters et al., 1997; Neeteson, 1990; Ryden et al., 1984; Schröder, 1998).

***Stikstofuitspoeling naar het oppervlaktewater***
Een deel van de stikstof dat in het bovenste grondwater aanwezig is, wordt gedraineerd naar oppervlaktewater. In klei- en veengronden wordt meer stikstof naar het oppervlaktewater en minder stikstof naar het grondwater getransporteerd dan in zandgronden. Hoge nitraatconcentraties in het oppervlaktewater kan leiden tot eutrofiëring. Landbouwkundige handelingen die kunnen leiden tot een hoge nitraatuitspoeling naar het oppervlaktewater zijn dezelfde als hierboven genoemd bij nitraatuitspoeling naar het grondwater (Oenema & Roest, 1998; Steenvoorden et al., 1986)

***Ammoniakvervluchtiging***
Dierlijke mest en urine bevatten ureum en bij de hydrolyse van ureum tot ammonium kan ammoniak ontstaan, dat naar de atmosfeer kan vervluchtigen. De grootste ammoniakemissies treden op uit stallen, mestopslagen, uit de bodem vlak na meststoediening en uit urineplekken in beweid grasland (Bussink & Oenema, 1998; Huijsmans et al., 1997). De ammoniakvervluchtiging uit de meest gangbare kunstmeststoffen in Nederland is verwaarloosbaar (Velthof et al., 1990; Whitehead & Raistrick, 1990). De vervluchtigde ammoniak kan via natte en droge depositie in natuurlijke bodems en wateren terechtkomen en leiden tot eutrofiëring, vermesting en verzuring van deze systemen.

***Emissie van lachgas ($N_2O$) naar de atmosfeer***
Bij de microbiologische bodemprocessen nitrificatie en denitrificatie kan lachgas worden gevormd. Lachgas is een gas dat zowel een bijdrage levert aan het broeikaseffect als aan de afbraak van de ozonlaag (Crutzen, 1970 & 1994). De hoogste lachgasemissie treedt op onder natte omstandigheden in bodems met veel nitraat, zoals in de periode vlak na bemesting met kunstmest en dierlijke mest, in beweid grasland en aan het eind van het groeiseizoen in grasland en bouwland (Velthof, 1997).

***Emissie van $NO_x$ (stikstofoxyde (NO) + stikstofdioxyde ($NO_2$)) naar de atmosfeer***
Bij de microbiologische processen nitrificatie en denitrificatie die in de bodem optreden, kan $NO_x$ worden gevormd. De gasvormige stikstofverbindingen spelen een rol als katalysator bij atmosferische omzettingen (Crutzen, 1994) en kunnen een direct en indirect effect hebben op luchtverontreiniging en het broeikaseffect. Daarnaast wordt in de atmosfeer $NO_x$ uit salpterzuur gevormd, dat na depositie op de aarde een rol speelt bij bodemverzuring, vermesting en eutrofiëring. Bemesting kan leiden tot een toename van de $NO_x$-emissie (Veldkamp & Keller, 1997; Yamulki et al., 1995).

### 3.2.2 Fosfaat

Fosfaat is weinig mobiel in de bodem. Het komt voornamelijk voor als orthofosfaat ($HPO_4^{2-}$) gebonden aan ijzer, aluminium en organische stof. Het kan niet als gasvormige verbinding ontwijken. Fosfaat wordt in de bodem chemisch gebonden en accumuleert in de bodem indien de hoeveelheid fosfaat die met dierlijke mest en kunstmest wordt toegediend groter is dan de hoeveelheid die via de oogst wordt afgevoerd. Naarmate de bodem meer met fosfaat is verzadigd wordt de kans dat fosfaat uitspoelt naar het grondwater groter (Van der Zee et al., 1990). Fosfaat kan via drainage uit de bodem naar oppervlaktewater spoelen en tot eutrofiëring leiden (Oenema & Roest, 1998; Van der Molen et al., 1998b). Ook wordt fosfaat naar het grondwater getransporteerd, maar dit proces verloopt traag. De hoge bemesting met fosfaat met dierlijke mest en kunstmest in het recente verleden heeft vooral in bepaalde zandgronden geleid tot een sterke mate van fosfaatverzadiging.

## 3.3 N- en P-stromen in landbouwsystemen

Deze studie beperkt zich tot de melkveehouderij, de akkerbouw en de intensieve varkenshouderij. Alle drie zijn uit economisch oogpunt belangrijk en hebben een groot effect op de nutriëntenstromen in Nederland. Meer dan de helft van het oppervlakte van Nederland wordt gebruikt voor de landbouw, waarvan 53 procent wordt gebruikt als grasland en 42 procent voor de akkerbouw (Anon., 1998a).

### 3.3.1 Melkveehouderij

In de melkveehouderij worden nutriënten aangevoerd op het bedrijf via voer (krachtvoer en ruwvoer), kunstmest, klaver (biologische stikstofbinding), atmosferische depositie, dierlijke mest (bijvoorbeeld varkensmest naar maïsland) en vee. De afvoer van nutriënten vindt plaats via melk, vlees, vee, dierlijke mest en verliezen naar het milieu.

De aanvoer van stikstof en fosfaat is meestal (veel) groter dan de afvoer via dierlijke producten en mest, waardoor de stikstof- en fosfaatoverschotten op bedrijfsniveau hoog zijn. Belangrijke verliesposten van stikstofin melkveehouderijen zijn ammoniakvervluchtiging, nitraatuitspoeling, denitrificatie en lachgasemissie (Aarts et al., 1992; Bussink & Oenema, 1998; Garret, 1992; Jarvis, 1993; Velthof, 1997). Het grootste deel van het fosfaatoverschot accumuleert in de bodem. Bij voortdurende accumulatie kan fosfaat naar grond- en oppervlakte water uitspoelen (Van der Molen et al., 1998b).

Belangrijke items bij een verbetering van het nutriëntenmanagement in melkveehouderijen zijn (Aarts et al., 2000a & b; Van Dongen en Van Dijk, 1999):

- een verhoging van de benutting van stikstof en fosfaat in dierlijke mest;
- efficiëntere omzetting van stikstof uit voer in vlees en melk;
- minder aanvoer van kunstmest;
- vermindering van de ammoniakemissie uit stallen, mestopslag en mest toediening;
- vermindering van de stikstofverliezen tijdens beweiding;
- vruchtwisseling;
- wintergewassen bij maïs.

In biologische melkveehouderij wordt geen kunstmest gebruikt. De nutriënten worden aangevoerd via dierlijke mest, organische producten en biologische stikstofverbinding. De biologische melkveehouderijen hebben meestal een lager stikstof- en fosfaatoverschot dan de gangbare bedrijven (anon., 1999c; Schröder, 1999). Het risico op stikstof- en fosfaatverliezen is daardoor lager dan die in de gangbare melkveehouderij.

### 3.3.2 Akkerbouw

In de akkerbouw worden nutriënten aangevoerd via kunstmest, dierlijke mest, organische meststoffen (compost) en (soms) biologische stikstofbinding. De afvoer vindt voornamelijk plaats via de plantaardige oogstproducten en, in mindere mate, gewasresten of andere restproducten. De grootte van de stikstof en fosfaat-overschotten in de akkerbouw hangen sterk af van de bemesting en bedrijfsspecifieke factoren (soort gewassen, meststoffen). In het algemeen zijn de N-overschotten in de akkerbouw lager dan in de melkveehouderij. De belangrijkste verliesposten van

stikstof zijn nitraatuitspoeling, denitrificatie en (indien dierlijke mest wordt gebruikt) ammoniakemissie.

Belangrijke items bij een verbetering van het nutriëntenmanagement in akkerbouwbedrijven zijn (Schröder et al., 1996; Van Dijk & Wierda, 1998):

- beperken van de verliezen uit gewasresten;
- streven naar lagere hoeveelheden minerale stikstof in de bodem na de oogst;
- efficiëntere benutting van de nutriënten in dierlijke mest;
- verbeteren van de bemestingsadviezen;
- goede voorziening met organische stof (handhaven bodemvruchtbaarheid).

Er zijn verschillende van milieubewuste vormen van akkerbouw waarin door middel van een bepaald nutriëntenmanagement de verliezen naar het milieu zo veel mogelijk worden beperkt. Deze vormen kunnen verschillen in de eisen en doelstellingen. In tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de karakteristieken van enkele vormen van milieubewuste akkerbouw.

*Tabel 3. Karakteristieken van enkele vormen van milieubewuste akkerbouw (Köster, 1998).*

| | teelteisen –en doelstellingen | economische aspecten |
|---|---|---|
| Geïntegreerde Akkerbouw | • aandacht voor kostenbesparing en kwaliteitsverbetering<br>• behoud van opbrengst<br>• beperking gebruikt pestiden en kunstmest<br>• beperking milieubelasting<br>• veel vormen: vrijheid voor akkerbouwer<br>• geen expliciete normen voor natuur en landschap | • kostenbesparing |
| Biologische landbouw[1] | • geen pesticiden<br>• geen kunstmest<br>• diervriendelijk<br>• overschrijding milieu normen niet geheel uitgesloten<br>• geen expliciete normen voor natuur en landschap | • opbrengsten zijn lager<br>• hogere prijs voor producten<br>• subsidies |
| Milieukeur akkerbouw | • gebaseerd op milieudoelen, bijvoorbeeld nitraatrichtlijn<br>• bemesting specifiek gericht op teelt- en milieueisen<br>• normen voor natuurbeheer, slootkant en perceelsrand | • hogere prijzen voor de producten met milieukeur |
| Beheers-Landbouw | • gericht op beheer van natuur, landschap, akkerranden, milieu<br>• grote verschillen (lichte tot zware maatregelen) | • vergoeding door ministerie LNV |
| Landbouw in grondwater-Beschermings-gebieden | • geen landbouw binnen waterwingebieden (vlak bij grondwaterwinput)<br>• strenge eisen aan grondwaterbeschermingsgebieden (gesitueerd rond waterwingebieden): vermindering emissies naar grondwater<br>• provinciale verordeningen | • vergoeding door provincie voor opgelegde beperkingen |

[1] Binnen biologische akkerbouw zijn twee vormen te onderscheiden: biologische dynamische akkerbouw en ecologische akkerbouw. De regelgeving voor nutriënten komt voor beide vormen overeen. Het grootste verschil is dat de biologisch dynamische landbouw op antroposofische grondslagen is gebaseerd.

### 3.3.3 Intensieve varkenshouderij

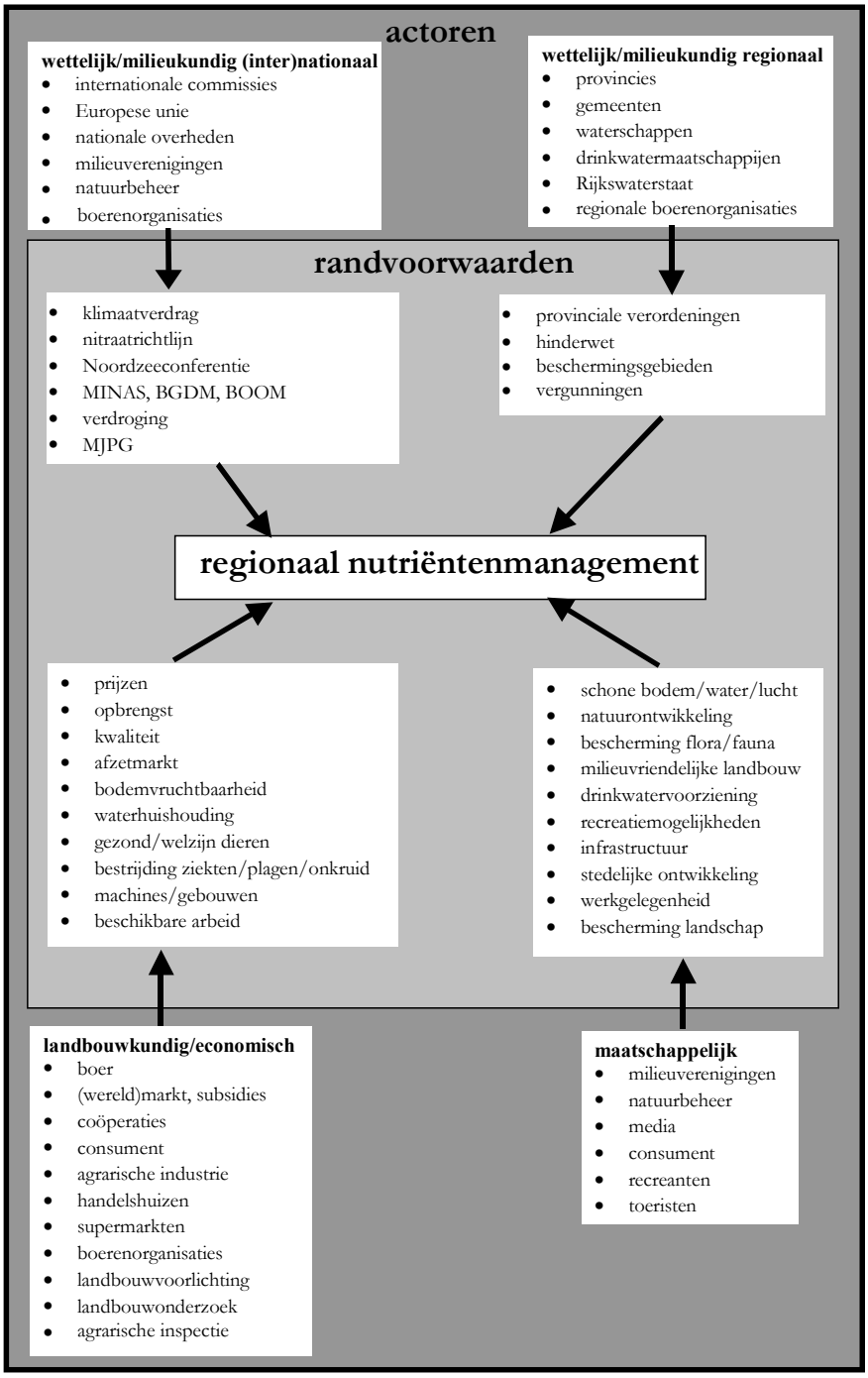
In de intensieve varkenshouderij worden nutriënten voornamelijk aangevoerd via voer en vee en, indien er maïs wordt geteeld, ook kunstmest. De belangrijkste afvoerposten zijn vee en dierlijke mest. De stikstof- en fosfaatbalansen van de intensieve varkenshouderij hangen sterk af van de hoeveelheid mest die afgevoerd kan worden; op het eigen bedrijf is meestal geen of slechts in beperkte mate plaats voor dierlijke mest. De belangrijkste verliespost van stikstof op intensieve varkenshouderijen is ammoniakvervluchtiging uit de stal en mestopslag. Indien het bedrijf ook nog maïsland bezit waaraan veel dierlijke mest wordt toegediend dan kunnen de stikstofverliezen uit het maïsland via ammoniakvervluchtiging, denitrificatie en nitraatuitspoeling ook aanzienlijk zijn.

Belangrijke items bij een verbetering van het nutriëntenmanagement in intensieve varkenshouderijen zijn (Cahn et al., 1998; Misselbrook et al., 1998; Mroz et al., 1995; Verdoes & Zonderland, 1999):

- vermindering stikstof- en fosfaatuitscheiding via faeces en urine door verbetering voersamenstelling;
- vermindering ammoniakvervluchtiging in stallen en mestopslagen;
- indien maïsland (of andere gewassen) aanwezig zijn: bemesten volgens bemestingsadviezen;
- zorgdragen voor een goede afzet en bestemming van de dierlijke mest.

# 4 Randvoorwaarden en actoren

Bij het plannen en uitvoeren van nutriëntenmanagement op regionale schaal spelen een groot aantal randvoorwaarden en actoren een rol (Figuur 2). In dit hoofdstuk wordt hierop nader ingegaan.




*Figuur 2. Belangrijke actoren en randvoorwaarden die bij regionaal nutriëntenmanagement een rol spelen.*

## 4.1 Maatschappelijke, wettelijke en milieukundige randvoorwaarden

Uit de maatschappij worden in toenemende mate eisen en randvoorwaarden gesteld aan het landelijk gebied, zoals de vraag naar een schone bodem, lucht en grond- en oppervlaktewater, recreatiemogelijkheden, natuurontwikkeling, milieuvriendelijke productiemethoden, stedelijke ontwikkeling en infrastuctuur. Maatschappelijke actoren zijn onder andere milieuverenigingen, natuurbeheer, media, consument en recreanten/toeristen. De maatschappelijke behoeften uiten zich in wettelijke en milieukundige randvoorwaarden.

Aan de landbouw worden een groot aantal wettelijke en milieukundige randvoorwaarden gesteld. Deze randvoorwaarden kunnen in drie categorieën worden opgesplitst:

1. Financiële prikkels, systemen met boetes en/of subsidies (bijvoorbeeld Mineralen Aangifte Systeem MINAS). Het voldoen aan de gestelde randvoorwaarden is financieel aantrekkelijk.
2. Geboden en verboden (bijvoorbeeld het uitrijverbod in de winter). Aan deze randvoorwaarden moet worden voldaan, anders kunnen strafrechtelijke sancties volgen.
3. Voorlichting en overtuiging (bijvoorbeeld code van goede landbouwpraktijk). Door middel van voorlichting worden boeren aangezet om op vrijwillige basis het nutriëntengebruik om hun bedrijf te optimaliseren en de verliezen naar het milieu te verminderen.

Bij de wettelijke en milieukundige randvoorwaarden kan een onderscheid worden gemaakt tussen randvoorwaarden op internationaal en nationaal niveau (uniforme wetgeving en beleid ) en op regionaal (provinciaal en gemeentelijk) niveau (Figuur 2).

### 4.1.1 Internationaal

Op internationaal niveau zijn allerlei afspraken gemaakt over beperking van bepaalde emissies van nutriënten en andere verbindingen uit de landbouw. De doelstellingen die in internationaal kader zijn gemaakt, moeten door middel van nationaal en regionaal beleid worden gerealiseerd. De volgende internationale afspraken hebben een duidelijke invloed op het nutriëntenmanagement in de landbouw:

- Nitraatrichtlijn (EU). In de nitraatrichtlijn zijn afspraken gemaakt om de emissies van nitraat uit de landbouw naar grondwater en oppervlaktewater te beperken (Anon., 1991b). In de Nitraatrichtlijn staan richtlijnen weergegeven voor het gebruik van kunstmeststoffen en dierlijke mest (Code voor Goede Landbouw praktijk). Aan de gift van dierlijke mest wordt een maximum gesteld (gebruiksnormen).
- De Noordzee Conferentie en Parijs Conventie en Oslo Commissie (PARCOM, OSCOM and OSPAR). Hierin zijn afspraken gemaakt om de emissies van nutriënten naar de zee en kustgebieden te verminderen uit bronnen op het land, inclusief de landbouw (De Walle & Sevenster, 1998).

- Klimaatverdrag (mondiaal). In het kader van het Kyoto-protocol zijn afspraken gemaakt voor het terugdringen van broeikasgasemissies (UNFCCC, 1997). Nederland moet de emissies van broeikasgasemissies in 2008-2012 hebben teruggedrongen met 8 procent ten opzichte van 1990. De landbouw is een belangrijke bron van lachgas ($N_2O$) en methaan ($CH_4$) en landbouwgronden zijn een potentiële opslagplaats voor koolstof. Een deel van de maatregelen die genomen moeten worden om aan het Kyotoprotocol te voldoen, zullen worden genomen in de landbouw.

De belangrijkste actoren op het gebied van internationaal milieubeleid zijn de Verenigde Naties, de Europese Unie, internationale commissies zoals PARCOM, OSCOM en OSPAR. en milieuverenigingen en organisaties voor natuurbeheer die op mondiale schaal optreden, zoals Greenpeace en Wereld Natuur Fonds.

### 4.1.2 Nationaal

Nederland neemt sinds halverwege de jaren '80 maatregelen om de negatieve invloeden van het gebruik van nutriënten (en met name dierlijke mest) te verminderen. De eerste fase (1987-1990) van de uniforme of nationale wetgeving beoogde een stabilisatie van de Nederlandse mestproductie en vermindering van ammoniakemissie, in de tweede fase (1990-1997) ging het om een expliciete vermindering van de milieubelasting en in derde fase (1998-2003) wordt een situatie beoogd waarin de aanvoer van stikstof en fosfaat is afgestemd op de behoefte van de gewassen, waarbij een beperkt overschot is toegestaan. In deze derde fase wordt het Nederlandse beleid sterk gestuurd door de Nitraatrichtlijn van de Europese Unie, die er is op gericht om grondwater en oppervlaktewater te beschermen tegen stikstof (en met name nitraat).

De aandacht van het Nederlandse beleid ligt primair op het terugdringen van de ammoniakvervluchtiging, nitraatuitspoeling naar het grondwater, nitraat- en fosfaattransport naar oppervlaktewateren en fosfaataccumulatie in bodems en in mindere mate op de belasting van landbouwgronden met zware metalen door organische meststoffen. Het terugdringen van broeikasgassen zal in de nabije toekomst in toenemende mate belangrijk worden in het nutriëntenbeleid. De volgende besluiten, regelingen en beleid op het gebied van nutriënten zijn in Nederland momenteel belangrijk. De meeste van deze wetten, besluiten en regelingen vallen onder de Wet Bodembescherming en de Meststoffenwet.

- Meststoffenbesluit 1997

Met de Meststoffenbeschikking wordt het verhandelen en het op de markt brengen van (nieuwe) meststoffen gereguleerd. De chemische samenstelling van (nieuwe) meststoffen moet voldoen aan wettelijk vastgestelde eisen en de landbouwkundige waarde en milieukundige nevenaspecten moeten door middel van wetenschappelijk onderzoek zijn geëvalueerd.

- Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen (BGDM)

In BGDM zijn bepalingen opgenomen omtrent de uitrijperioden en de toediening van dierlijke mest: geen mesttoediening in de winterperiode en alleen toediening met emissie-arme toedieningstechnieken (technieken die leiden tot een lage

ammoniakemissie, zoals mestinjectie, zodebemesting en onderploegen van mest). Ook staan in BGDM gebruiksnormen (maximale giften) voor het gebuik van dierlijke mesten in natuurgebieden gegeven.

- Besluit Kwaliteit en Gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM)

In BOOM zijn bepalingen opgenomen voor het gebuik van organische meststoffen, uitgezonderd dierlijke meststoffen. Het gaat hierbij onder andere om compost, champost, zuiveringsslib en zwarte grond. In BOOM worden eisen gesteld aan de kwaliteit (onder andere chemische samenstelling) van deze organische meststoffen en wordt de aanvoer van deze meststoffen naar landbouwgronden beperkt. Belangrijke doel van BOOM is het beperken van de aanvoer van zware metalen naar landbouwgronden.

- Mineralen Aangifte Systeem (MINAS)

Via MINAS moeten boeren de belangrijkste aan- en afvoerposten van stikstof en fosfaat op hun bedrijf registreren (Tabel 4). Er wordt een bepaald overschot toegelaten, de zogenaamde verliesnorm. Indien het overschot groter is dan de verliesnorm, dan moet de boer een heffing betalen. De hoogte van de heffing is dusdanig dat het aantrekkelijker is om het overschot te beperken dan om de heffing te betalen. MINAS is een mineralenbalans op bedrijfsniveau en de boer kan zelf bepalen op welke wijze hij het stikstof- en fosfaatoverschot terugbrengt. MINAS wordt gefaseerd in gevoerd.

- EU Nitraatrichtlijn

Nederland wordt door de EU verplicht om in kader van de Nitraatrichtlijn naast bovengenoemde wetgeving en regelingen ook een aanvullende regeling voor de aanvoer van dierlijke mest naar landbouwgronden (uitgedrukt in kg stikstof per ha per jaar) op te nemen. Vanaf 2003 is de maximale toe te dienen hoeveelheid mest voor bouwland 170 kg N per ha per jaar. Voor grasland wordt de mogelijkheid tot grotere hoeveelheden dierlijke mest (250 kg N per ha per jaar) besproken met de Europese Unie (derogatie). De maximaal toe te dienen hoeveelheid dierlijke mest per ha is gekoppeld aan de hoeveelheid landbouwdieren. Deze regeling heeft daardoor een groot effect op de Nederlandse veehouderij. De individuele boer moet zorgdragen voor de afzet van de mest die niet op zijn eigen bedrijf kan worden toegediend; hiertoe moeten mestafzetcontracten met bijvoorbeeld akkerbouwers worden opgesteld.

De belangrijkste actoren op het gebied van nationaal milieubeleid zijn ministeries (LNV, VROM, V&W), boerenorganisaties (LTO), milieuverenigingen en natuurbeheer (figuur 2).

*Tabel 4. Aan- en afvoerposten die in MINAS worden beschouwd.*

| Aanvoer | Afvoer |
|---|---|
| Stikstofkunstmest | Dierlijke producten: zuivel, vlees, eieren, wol |
| Dierlijke mest | Vee |
| Overige organische mest | Plantaardige producten |
| Vee | Dierlijke mest (naar andere bedrijven) |
| Krachtvoer/ruwvoer | Ruwvoer (naar andere bedrijven) |
| Bijproducten | Ammoniakemissie uit stallen: stikstofcorrectie per dier** |
| Biologische stikstofbinding | |
| | Verliesnorm* |
| Verschil tussen aan- en afvoer = overschot waarover overschotsheffing moet worden betaald | |

*de hoogte van de verliesnorm is verschillend voor bouwland en grasland

**correctie factor voor bedrijven met meer dan 2 grootvee eenheden (GVE) per ha

### 4.1.3 Regionaal

Op regionaal niveau wordt het nutriëntengebruik (en de landbouw in het algemeen) beïnvloed en gestuurd door een groot aantal randvoorwaarden, zoals

- beleid op gebied ammoniak en stank;
- drinkwatervoorziening (regels binnen waterwingebieden en grondwater-beschermingsgebieden);
- bodembeschermingsgebieden;
- natuurontwikkeling;
- ecologische hoofdstructuur;
- ruimtelijke ordening;
- vergunningen in het kader van de hinderwet en milieuwetgeving (wet van milieubeheer, bijvoorbeeld eisen aan bouw van stallen en mestopslag);
- plattelandsontwikkeling;
- uit productie nemen van landbouwgronden.

Het regionale beleid is meestal toegespitst op de problemen die binnen de regio spelen en daardoor kunnen er verschillen in beleid bestaan tussen regio's. Een deel van het regionale beleid wordt in het kader van het nationale beleid uitgevoerd. Actoren bij het regionaal nutriëntenbeleid zijn gemeenten, provincies, waterchappen, Rijkswaterstaat, drinkwatermaatschappijen en regionale boerenorganisaties (gewestelijke LTO's), coöperaties en natuurbeschermingsorganisaties (Figuur 2).

## 4.2 Landbouwkundige en economische randvoorwaarden en actoren

De belangrijkste randvoorwaarden van een landbouwbedrijf is dat het rendabel is en dat het de boer en eventuele werknemers voldoende inkomen verschaft. De wijze waarop dit inkomen wordt verkregen, kan sterk verschillen tussen bedrijven. Soms heeft een boer een inkomen uit andere activiteiten (bijvoorbeeld kampeerboerderij of een baan elders). De belangrijke randvoorwaarden zijn

- de vraag naar producten;
- de prijzen van producten;
- de opbrengst en kwaliteit van het oogstproduct;
- een goede afzetmarkt voor de oogstproducten en eventuele bijproducten (bijvoorbeeld mest);
- een goede bodemkwaliteit en waterhuishouding;
- een goede gezondheid en welzijn van de dieren;
- een goede bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden in gewassen; en
- een voldoende aanwezigheid en inzet van mankracht (loonwerk), gebouwen en machines.

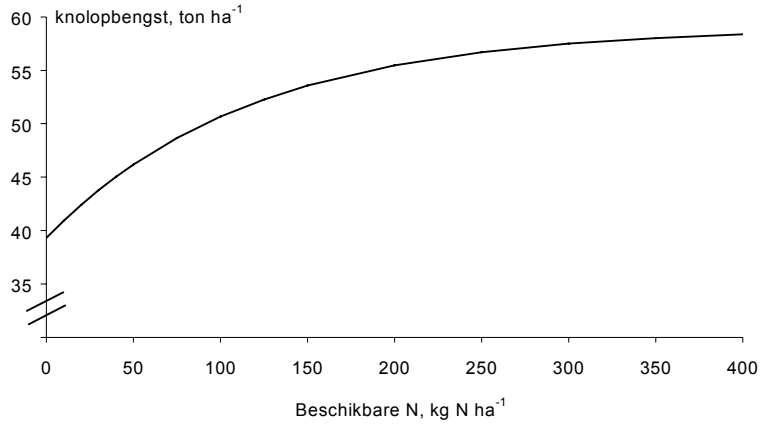
Er zijn naast de individuele boer een groot aantal landbouwkundige actoren zoals de wereldmarkt, de Europese markt en subsidies, boerenorganisaties, coöperaties, consumenten en de agrarische industrie en handel (figuur 2). Veel van deze actoren zijn betrokken bij de voedselproductie en stellen bepaalde eisen aan producten uit de landbouw.

# 5 Input-output relaties van nutriënten

Voor het beperken van de emissie van nutriënten naar het milieu door aanpassingen van het nutriëntenmanagement is een goed inzicht noodzakelijk in de relaties tussen de aanvoer van nutriënten via bemesting en de afvoer via oogstproducten en verliezen naar het milieu. In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de landbouwkundige aspecten en daarna op de milieukundige aspecten. Vervolgens wordt in een discussie geëvalueerd wat de consequencies zijn van de input-output relaties van nutriënten op de effectiviteit van nationaal en regionaal nutriëntenbeleid.

## 5.1 Benutting van nutriënten door het gewas

De relatie tussen de beschikbare hoeveelheid van een nutriënt en de opbrengst van het gewas kan worden beschreven volgens de wet van de verminderde meeropbrengsten (Mitscherlichmodel), zoals in de responscurve uit figuur 3 wordt weergegeven. Bij een lage beschikbaarheid van het nutriënt in de bodem, leidt bemesting tot een initieel sterke verhoging van de opbrengst, waarna de curve afvlakt en er een maximum wordt bereikt. Verdere toediening van het nutriënt heeft geen effect op de opbrengst of kan in sommige gevallen leiden tot opbrengstverlaging, bijvoorbeeld door zoutschade of toxische effecten. Bij huidige bemestingsadviezen wordt de economisch optimale gift van het nutriënt bepaald uit de responscurve (figuur 3). Hierbij wordt de financiële meeropbrengst die door een bepaalde gift wordt verkregen, afgewogen tegen de meststofkosten van de additionele gift. Bij sommige gewassen wordt niet alleen de totale opbrengst beschouwd, maar wordt ook de kwaliteit van het oogstproduct meegenomen. Zo nemen het suikergehalte van suikerbieten en het onderwatergewicht van fabrieksaardappelen af bij hoge N-giften. In de huidige bemestingsadviezen wordt gestreefd naar de economisch optimale meststofgift.

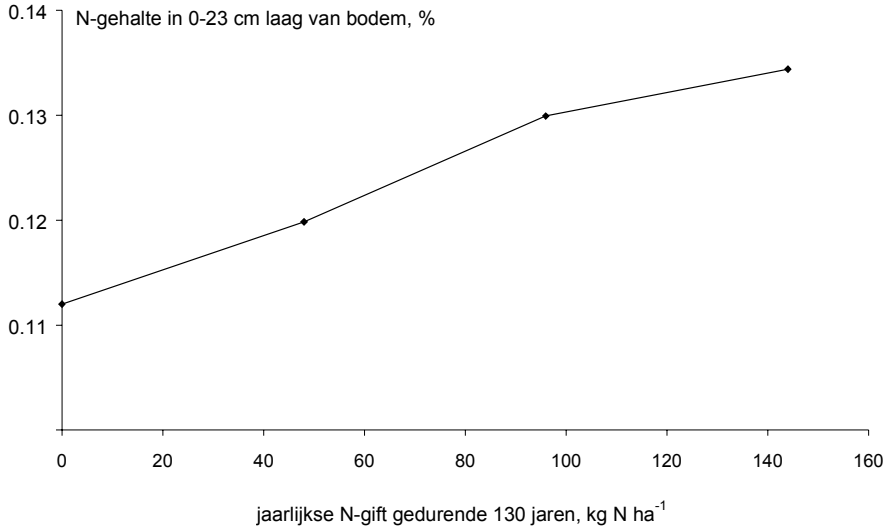



*Figuur 3. Relatie tussen de hoeveelheid beschikbare stikstof en de opbrengst van aardappelen (naar Neeteson, 1989).*

De opname van nutriënten is sterk gerelateerd aan de opbrengst en de opnamecurve (relatie tussen de nutriënteninput en de nutriëntenopname door het gewas) heeft een vergelijkbaar patroon als de opbrengstcurve (relatie tussen de nutriënteninput en de opbrengst van het oogstproduct; bv. figuur 3). De maximale opname van het nutriënt wordt meestal bij een hogere gift bereikt dan de maximale opbrengst: het gehalte aan het nutriënt in het gewas neemt daarom toe bij een toenemende gift.

## 5.2 Nutriëntenverliezen naar het milieu

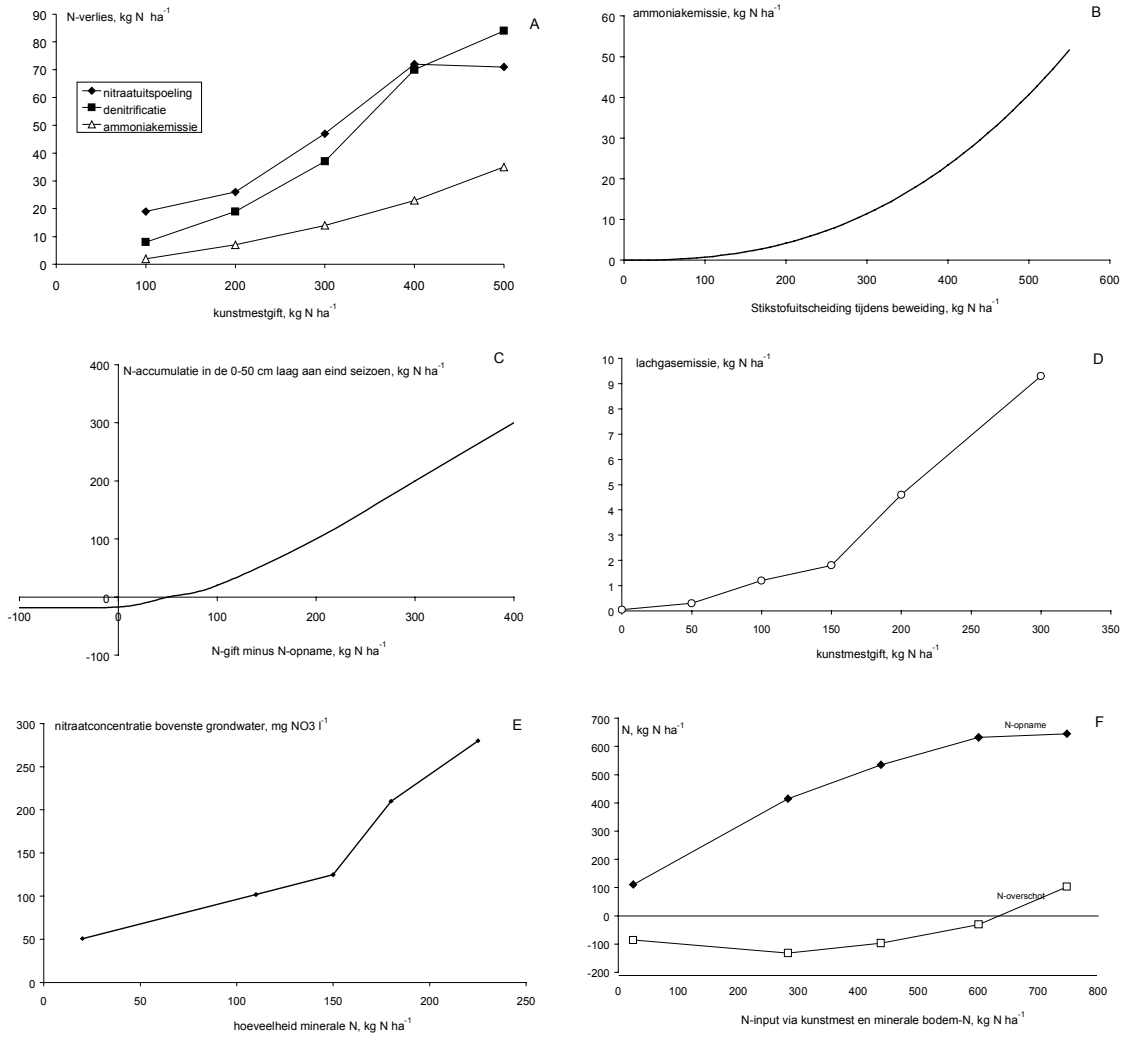
Het deel van de beschikbare nutriënten dat niet door het gewas wordt opgenomen en niet via de oogst of beweiding wordt afgevoerd, blijft in de bodem achter of gaat verloren naar het milieu. Fosfaat is weinig mobiel en het is bekend dat maïspercelen waaraan vroeger veel mest is toegediend tegenwoordig hoge fosfaattoestanden hebben. Stikstof is veel mobieler dan fosfaat en de verliezen naar het milieu zijn groter. Maar ook een deel van de stikstof accumuleert in de bodem in de vorm van organische stof. De maïspercelen hebben vaak een relatief hoog organisch stikstof gehalte als gevolg van de hoge giften van vroeger (Schröder, 1998). Ook in akkerbouwland kan een verschil in stikstofaanvoer leiden tot een verschil in stikstofgehalte van de bodem, zoals in figuur 4 weergegeven voor tarwe.




*Figuur 4. Relatie tussen de jaarlijkse stikstofgift gedurende 130 jaar en het stikstof-gehalte in de bodem van een tarweperceel. Het stro werd elk jaar afgevoerd (Glendining et al., 1992).*

De nutriënten die niet met het oogstproduct worden afgevoerd en die niet als stabiele verbindingen (bijvoorbeeld geadsorbeerd fosfaat of organische stikstof) in de bodem aanwezig blijven, gaan verloren naar het milieu. Uit veel studies is gebleken dat de nutriëntenverliezen meer dan proportioneel toenemen bij een toenemende input aan nutriënten. In figuren 5A t/m F worden voorbeelden gegeven van relaties tussen de N-input en N-verliezen. Dit zijn relaties die gelden voor de bodem op erceelsniveau. Op bedrijfsniveau kunnen vergelijkbare relaties tussen N-aanvoer en de N-verliezen

naar het milieu worden vastgesteld. Op bedrijfsniveau spelen naast de verliezen uit de bodem ook verliezen uit de stal en mestopslag een belangrijke rol.




*Figuur 5. Voorbeelden van relaties tussen:*

*A. stikstofgift via kunstmest en de nitraatuitspoeling, denitrificatie en ammoniakvervluchtiging uit beweid grasland (Garret et al., 1992);*

*B. stikstofuitscheiding en ammoniakvervluchtiging tijdens beweiding (Bussink, 1996);*

*C. stikstofgift via kunstmest minus N-opname en de hoeveelheid minerale bodem-N in het najaar in grasland; deze hoeveelheid gaat meestal grotendeels verloren tijdens de winter (Prins, 1983);*

*D. stikstofgift via kunstmest en de lachgasemissie uit grasland (Velthof, 1997);*

*E. hoeveelheid minerale stikstof in bodem in voorjaar + toegediend via kunstmest/dierlijke mest en de nitraatconcentratie in het grondwater op 1 m diepte in het najaar in maïsland (Schröder, 1998).*

*F. N-input via kunstmest + minerale bodem-N en de N-afvoer via het geoogst gras en het N-overschot (=N-input – N-opname) van grasland (naar Oenema et al., 1999).*

De plaatsen binnen een landbouwbedrijf waar verliezen optreden, kunnen sterk verschillen tussen landbouwbedrijven. De plaats hangt onder andere af van:

- type bedrijf
- aantal dieren
- soort gewassen
- grondsoort
- grondwaterstand
- stal- en mestopslagsysteem
- soort nutriëntenmanagement

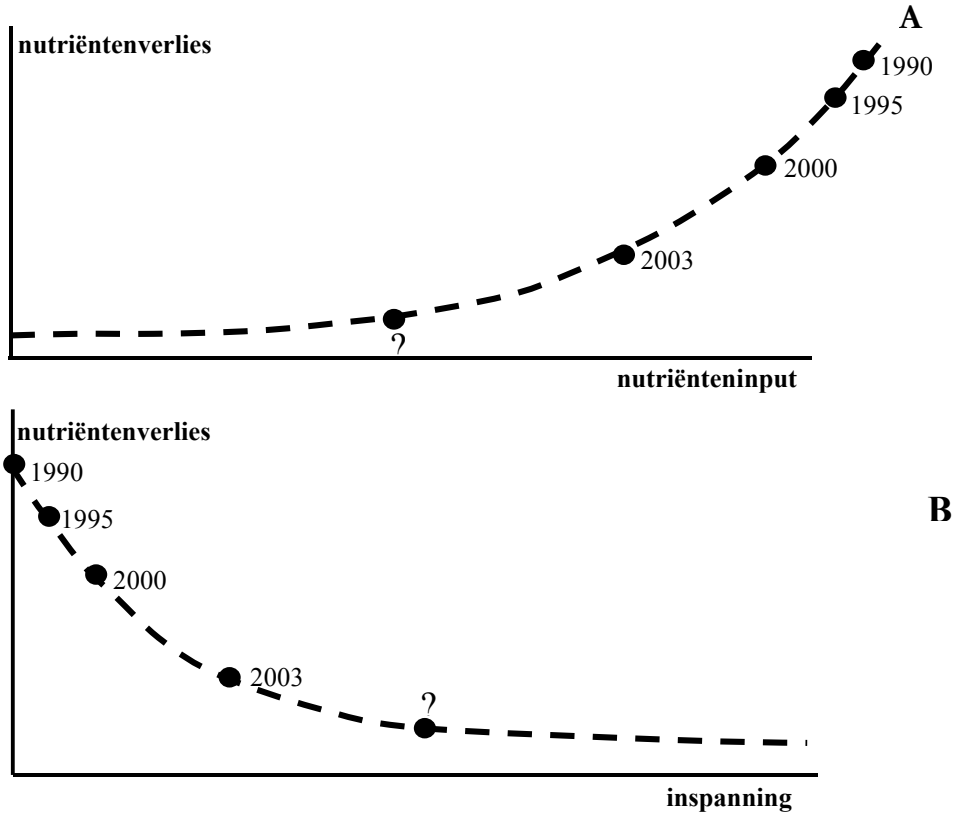
De toename in verlies aan nutriënten bij een toenemende input aan nutriënten wordt grotendeels veroorzaakt doordat de opname van het nutriënt door een gewas eerst lineair toeneemt bij toenemende gift, dan afvlakt en daarna gelijk blijft (Figuur 3).In het traject waarbij de nutriënten opname afvlakt, nemen de verliezen naar het milieu toe en in het traject waarbij een toenemende gift niet meer gepaard gaat met een toenemende opname, gaan de verliezen sterk omhoog.

De relaties tussen de fosfaatinput en de fosfaatuitspoeling uit bodems is meestal minder duidelijk, omdat fosfaat in de bodem sterk wordt geadsorbeerd en daardoor een sterke vertraging optreedt in de effecten. Bij fosfaat moeten de milieueffecten op een veel langere termijn worden beschouwd dan bij het mobiele stikstof. Er zijn indicaties dat de de fosfaatuitspoeling uit bodems meer dan proportioneel toeneemt met de fosfaatinput via meststoffen (Heckrath et al., 1995; Schoumans et al., 2000).

## 5.3 Emissiebeperking

In figuur 6 wordt schematisch de relatie tussen de input van een nutriënt en de verliezen naar het milieu weergegeven. Deze figuur geeft aan dat het verminderen van het nutriëntenverlies met traditionele maatregelen relatief gemakkelijk gaat in een inefficiënt systeem met een hoge input en hoge verliezen dan in een efficiënt systeem met een relatief lage input en relatief lage verliezen. De inspanning die geleverd moet worden om het nutriëntenverlies te verminderen, neemt toe naarmate de verliezen lager zijn (figuur 6). Dit kan een financiële inspanning zijn, maar ook in inspanning uit oogpunt van mankracht, vaardigheden en kennis van de boer. In de figuren zijn globaal ook jaartallen aangegeven voor de fasen waarin de Nederlandse landbouw zich bevindt. In Nederland is sinds begin jaren '90 uniformbeleid gevoerd om de nutriëntenverliezen uit de landbouw terug te dringen (zie vorig hoofdstuk). De eerste jaren zijn allerlei maatregelen uitgevoerd die relatief weinig inspanning kosten, maar een relatief groot effect hebben op de nutriëntenverliezen (bijvoorbeeld BGDM-wetgeving: maximale gift aan dierlijke mest, het niet mogen uitrijden van mest in de winter, het verplicht onderwerken/injecteren van mest). Deze maatregelen zijn snel op grote schaal ingevoerd en hebben in de periode 1990-1995 tot een vermindering van de nutriëntenverliezen geleid bij een relatief geringe inspanning. BGDM is aangescherpt en vanaf 1998 is MINAS in de veehouderij ingevoerd, waardoor de nutriëntenverliezen in de periode 1998-2003 verder zullen afnemen. Door het

invoeren van MINAS in alle sectoren en het gefaseerd verlagen van de verliesnormen en de mogelijke additionele maatregelen die genomen moeten worden om aan de EU-Nitraatrichtlijn te voldoen zullen de nutriëntenverliezen vanaf 2000 sterker moeten worden beperkt. Dit zal steeds meer inspanning kosten en een deel van de landbouwbedrijven in Nederland zal hier moeilijk aan kunnen voldoen met traditionele maatregelen. Dit betekent dat landbouwsystemen onder invloed van het stringente uniforme nutriëntenbeleid in een traject belanden, waarin het zeer veel inspanning kost om een verdere vermindering van de nutriëntenverliezen te realiseren met traditionele maatregelen. Hierbij kan worden afgevraagd of het zelfs mogelijk is om na volledige invoering van het uniforne nutriëntenbeleid de nutriëntenverliezen met traditionele middelen nog verder te verminderen zijn binnen de gangbare landbouwsystemen. Alleen door middel van systeemanalyses en -innovaties in combinatie met technische maatregelen kunnen aan de strenge eisen van het uniforme beleid worden voldaan (bijvoorbeeld Aarts et al., 2000a&b). De vraag die dan ook gesteld kan worden is welke rol regionaal nutriëntenmanagement kan of moet spelen. In de volgende hoofdstukken wordt nader ingegaan op de mogelijkheden voor regionaal nutriëntenmanagement.




*Figuur 6. A: Schematische relatie tussen de input aan nutriënten in een landbouwsystem (landbouwgrond) en de verliezen van het nutriënt. B: Schematische relatie tussen de inspanning die geleverd moet worden met traditionele maatregelen om het verlies aan nutriënten te verminderen en het gerealiseerde nutriëntenverlies. De getallen geven het jaartal voor de gemiddelde Nederlandse landbouw.*

# 6 Regionaal nutriëntenmanagement: een casestudy

## 6.1 Inleiding en doel

De specifieke omstandigheden in een regio, zoals bodemtype, aanwezigheid van natuur, steden en oppervlaktewater, stellen grenzen aan het nutriëntengebruik van een multifunctionele landbouw. Het nutriëntengebruik in de verschillende landbouwbedrijven binnen een regio moeten daarom worden geoptimaliseerd naar de milieukundige en economische doelstellingen en randvoorwaarden die in de regio worden gesteld. Daarbij moet rekening worden gehouden met de landbouwkundige en economische eisen en doelstelling van de boeren. Het nutriëntenmanagement binnen een regio moet aan een groot aantal doelstellingen en randvoorwaarden voldoen. Lineaire programmeringsmodellen zijn bruikbare instrumenten voor regionale studies naar milieueffecten van landbouw en het optimaliseren van het nutriëntenmanagement (Jansen et al., 1999; Velthof et al., 1996).

In dit hoofdstuk wordt een analyse gemaakt van het nutriëntenmanagement in een (fictief) gebied op zandgrond, waaraan stringente eisen worden gesteld. Daartoe is een lineair programmeringsmodel (LP-model) opgesteld, waarmee het nutriënten-management van bedrijven binnen in één regio kan worden geoptimaliseerd, rekening houdend met de gestelde doelstellingen en randvoorwaarden. Als voorbeeld is een casestudy uitgevoerd waarin het nutriëntenmangement van landbouwbedrijven in een regio van 10 $km^2$ wordt geoptimaliseerd bij verschillende doelstellingen en randvoorwaarden.

## 6.2 Beschrijving van regio en landbouwbedrijven

De optimaliseringsstudie werd uitgevoerd voor een regio van 10 $km^2$ met 34 landbouwbedrijven. De regio is representatief voor zandgrond met intensieve landbouw zoals in Noord Brabant voorkomt. Er zijn drie landbouwsystemen binnen de regio onderscheiden: melkveehouderij (48 procent van het oppervlak), akkerbouw (40 procent van het oppervlak) en intensieve vleesvarkenshouderij (12 procent van het oppervlak). Er zijn verschillende strategiëen van nutriëntenmanagement geanalyseerd. In de studie is uitgegaan van een schematische ruimtelijke verdeling van het landgebruik zoals weergegeven in figuur 7.

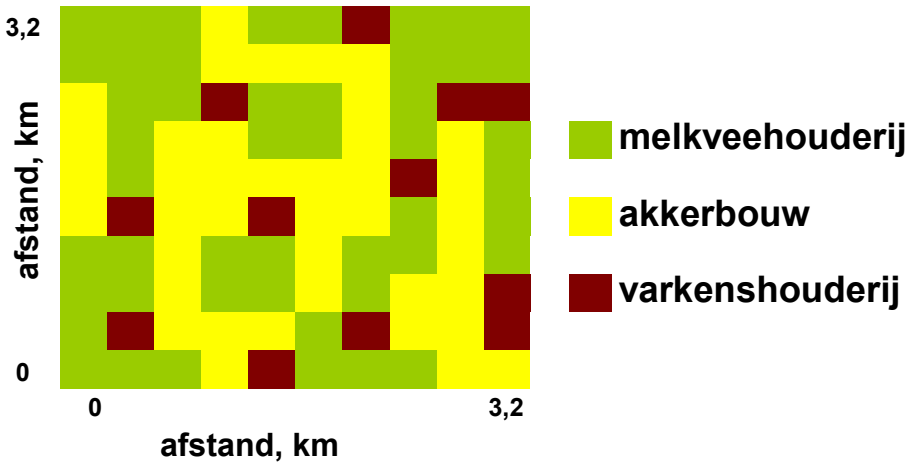
### 6.2.1 Strategieën van nutriëntenmanagement

Voor elke landbouwsysteem zijn drie strategieën van nutriëntenmanagement onderscheiden (tabel 5):

- Strategie I is de huidige strategie en is gericht op een maximaal arbeidsinkomen, waarbij zo goed mogelijk wordt voldaan aan de huidige uniforme nutriënten-wetgeving (jaar 2000);

- Strategie II heeft als doel het verbeteren van de benutting van nutriënten (en met name stikstof en fosfaat) en het verminderen van de verliezen van nutriënten naar het milieu door het implementeren van best management maatregelen op bedrijfsniveau. Maatregelen die hiertoe behoren zijn het opvolgen van alle richtlijnen en adviezen op het gebied van het rantsoen van de dieren, bemesting, mestopslag en –toediening, beheer van grassland en bouwland, verzorging van de gewassen, inkuilen en grondbewerking (Aarts et al., 2000a&b; Oenema & Van den Pol-Van Dasselaar, 1999).
- Strategie III heeft als doel het verder verbeteren van de nutriëntenbenutting en het verder verminderen van de nutriëntenverliezen naar het milieu door het implementeren van systeeminnovaties en -optimalisering. Maatregelen die hiertoe behoren zijn het strict opvolgen van de richtlijnen en adviezen, het sterk verminderen van de aankoop van ruw- en krachtvoer, aanpassingen aan stal- en mestopslagsystemen, uitwisseling van voer en mest tussen veehouderijen en akkerbouwbedrijven en verhoging van de productie per eenheid dier of gewas (Oenema & Van den Pol-Van Dasselaar, 1999).
- Strategie III is dezelfde strategie als III+, maar een extra randvoorwaarde is dat alle dierlijke mest die in de regio wordt geproduceerd ook binnen de regio wordt afgezet en gebruikt. Er wordt dus geen mestoverschot in de regio geaccepteerd. Indien er een onoplosbaar mestoverschot in de regio ontstaat, worden varkenshouderijen omgezet in akkerbouwbedrijven.

In tabel 5 wordt naast de stikstof- en fosfaatbalansen ook een schatting gegeven van de verschillende stiktofverliezen, de koolstofvastlegging en de methaanemissie. De gegevens en schattingen in tabel 5 zijn gebaseerd op statistische gegevens, en gegevens van praktijk- en proefboerderijen en literatuur (Aarts et al. 1992; Aarts et al., 2000a & b; Aendekerk et al., 1995; Anon., 1997; Anon., 1998a&b; Anon., 1999a&b; Berentsen et al., 1992; Bussink, 1996; Husted, 1994; LEI, 1999; Reijneveld, 2000; Schröder et al., 1996; Schröder, 1998; Velthof, 1997).




*Figuur 7. Schema van het pure landbouwgebied van 10 km², bestaande uit melkveehouderijen (48% van het oppervlak), akkerbouwbedrijven (40% van het oppervlak) and varkenshouderijen (12% van het oppervlak).*

### 6.2.2 Landbouwbedrijven

De melkveehouderijen hebben een gemiddelde melkproductie van 13000 kg per ha, 1,8 melkkoeien per ha en 2,4 GVE per ha. Het gemiddelde oppervlak per bedrijf is 40 ha. De melkveehouderijen bestaan gemiddeld uit 30 ha grasland en 10 ha maïsland. In de huidige situatie wordt zowel ruwvoer als krachtvoer aangekocht. In strategie II wordt er bemest volgens het bemestingsadvies, wordt minder ruwvoer en –krachtvoer aangekocht, wordt de mest efficiënter toegediend en wordt de ammoniakemissie teruggedrongen. In strategie III wordt de voeding van de dieren sterk verbeterd, wordt lager dan het advies bemest, wordt rekening gehouden met de N-mineralisatie uit de bodem en mest en wordt geen kunsmest gebruikt op maïsland.

De akkerbouwbedrijven hebben een gewasrotatie van consumptieaardappelen (knolopbrengst 48 ton per ha) - wintertarwe (korrelopbrengst: 7,5 ton per ha) – suikerbieten (bietenopbrengst: 54 ton per ha) – wintertarwe. De stro van de wintertarwe wordt verkocht en afgevoerd. Er wordt zowel kunstmest als dierlijke mest gebruikt op de bedrijven. Het gemiddelde oppervlak van de akkerbouw-bedrijven is 40 ha. Maatregelen die worden genomen in strategie II zijn het bemesten volgens het bemestingsadvies, efficiënt gebruik van dierlijke mest (geen najaarstoediening, direct onderploegen van de mest, verminderen van de kunstmest-gift met de werkzame stikstof uit dierlijke mest) en het één keer telen van een groenbemester (wintergewas) in de rotatie. In strategie III wordt de bemesting verder aangescherpt, wordt twee keer een groenbemester geteeld na wintertarwe, wordt rekening gehouden met de N-mineralisatie uit de bodem, gewasresten, groenbemesters en dierlijke mest, worden efficiënte technieken voor toediening van meststoffen (onder andere rijenbemesting) toegepast, worden efficiënte bemestingsstrategieën toegepast (Stikstof Bijmestsysteem: NBS) en wordt extra aandacht besteed aan beregening in de zomer.

De varkenshouderijen zijn bedrijven met vleesvarkens met gemiddeld 2000 vleesvarkens per bedrijf per jaar. De bedrijven hebben gemiddeld 10 ha maïsland. Het maïsland (totale opbrengst 38 ton per ha) van deze bedrijven wordt bemest met dunne varkensmest van het eigen bedrijf en met stikstof- en fosfaatkunstmest. Het grootste deel van de dunne varkensmest die op het bedrijf wordt geproduceerd, kan niet op het bedrijf zelf worden gebruikt en moet worden afgezet naar andere bedrijven binnen of buiten de regio. De snijmaïs wordt volledig van het bedrijf afgevoerd. De gehalten in de afgevoerde mest zijn in de huidige situatie 1,9 g P en 7,2 kg N per kg mest. Maatregelen die bij strategie II worden genomen zijn het implementeren van richtlijnen betreffende de rantsoenen van de varkens, het verminderen van stikstof en fosfaataanvoer via krachtvoer en lagere kunstmest en dunne varkensmestgiften aan maïsland en het beperken van de ammoniakemissie in de stallen en bij toediening aan maïsland. In strategie III wordt het rantsoen verder aangepast, wordt geen kunstmest gebruikt op maïsland, wordt de ammoniakemissie verder teruggedrongen uit de stallen en mestopslag en wordt meer mest naar andere bedrijven afgezet.

In de modelberekeningen is uitgegaan van de economische parameters uit 1997. Deze parameters kunnen sterk variëren, met name voor de vleesvarkenshouderijen. Na 1997 is een sterke daling van het arbeidsinkomen van varkenshouders opgetreden. De financiële consequencies van het sluiten van bedrijven of het omzetten van het ene bedrijfssysteem in het andere (bijvoorbeeld varkenshouderij in akkerbouw) zijn nu niet meegenomen, maar kunnen ook relatief eenvoudig als optie in model worden gerealiseerd. De strategieën met bijbehorende kentgetallen zijn gebaseerd op realistische waarden en verschillende praktijkbedrijven realiseren deze waarden (Reijneveld, 2000; Van Dongen & van Dijk, 1999; Van Dijk en Wierda, 1998).

## 6.3 Materialen en methoden

Voor het optimaliseren van het nutriëntenmanagement in een regio is een lineair programmingsmodel (LP) opgesteld. Dit model is gebruikt om het nutriëntenmanagement van de verschillende landbouwsystemen binnen de regio te optimaliseren, uitgaande van verschillende economische en milieukundige doelen en randvoorwaarden. De gegevens uit tabel 5 zijn gebruikt als invoergegevens van het optimimaliseringsmodel. Er zijn scenario's berekend voor de vier verschillende strategieën van nutriëntenmanagement: I, II, III, and III+. De studie is gericht op de analyse van de effecten van regionaal nutriëntenmanagement op het regionale mestoverschot, de financiële consequencies en effecten op de nutriëntenverliezen in de regio.

*Tabel 5. Karakteristieken en kengetallen van landbouwbedrijven in de casestudy. Bij elk type landbouwbedrijf worden drie strategieën van nutrientenmanagement I, II en III) onderscheiden.*

| | Melkveehouderij | | | Akkerbouw | | | Vleesvarkenshouderij | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **I** | **II** | **III** | **I** | **II** | **III** | **I** | **II** | **III** |
| **Areaal, ha** | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 10 | 10 | 10 |
| **Financiële opbrengst*, gld ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 2300 | 2100 | 1700 | 1500 | 1450 | 1350 | 5600 | 5000 | 3600 |
| **N-aanvoer kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | | | | | | | | | |
| *atmosferische depositie* | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| *ruw- en krachtvoer* | 150 | 63 | 58 | 0 | 0 | 0 | 3535 | 3450 | 3400 |
| *dieren* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 338 | 338 | 338 |
| *kunstmest* | 175 | 159 | 91 | 175 | 125 | 100 | 60 | 30 | 0 |
| *dierlijke mest* | 0 | 0 | 0 | 125 | 115 | 75 | 0 | 0 | 0 |
| *biologische N-binding* | 5 | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| *overige* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *totaal* | 370 | 267 | 199 | 342 | 282 | 217 | 3973 | 3858 | 3778 |
| **N-afvoer, kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | | | | | | | | | |
| *plantaardige producten* | 0 | 0 | 0 | 150 | 140 | 135 | 215 | 215 | 215 |
| *dierlijke producten* | 75 | 75 | 75 | 0 | 0 | 0 | 1436 | 1436 | 1436 |
| *mest* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1473 | 1500 | 1700 |
| *overige* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 24 | 24 |
| *Totaal* | 75 | 75 | 75 | 150 | 140 | 135 | 3148 | 3175 | 3375 |
| **N-overschot, kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 295 | 192 | 124 | 192 | 142 | 82 | 825 | 683 | 403 |
| **P-aanvoer, kg P ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | | | | | | | | | |
| *atmosferische depositie* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| *ruw-en krachtvoer* | 31 | 16 | 13 | 0 | 0 | 0 | 650 | 620 | 610 |
| *dieren* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 | 74 | 74 |
| *kunstmest* | 15 | 8 | 2 | 25 | 15 | 10 | 13 | 0 | 0 |
| *dierlijke mest* | 0 | 0 | 0 | 35 | 25 | 20 | 0 | 0 | 0 |
| *overige* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *totaal* | 47 | 25 | 16 | 61 | 41 | 31 | 738 | 695 | 685 |
| **P-afvoer**, kg P ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | | | | | | | | | |
| *plantaardige producten* | 0 | 0 | 0 | 26 | 24 | 24 | 31 | 31 | 31 |
| *dierlijke producten* | 17 | 16 | 14 | 0 | 0 | 0 | 313 | 313 | 313 |
| *mest* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 339 | 327 | 327 |
| *overig* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 |
| *Totaal* | 17 | 16 | 14 | 26 | 24 | 24 | 688 | 677 | 677 |
| **P-overschot, kg P ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 30 | 9 | 2 | 35 | 17 | 7 | 50 | 18 | 8 |
| **$NH_3$-emissie, kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 74 | 48 | 31 | 19 | 17 | 11 | 578 | 478 | 282 |
| **Denitrificatie, kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 118 | 77 | 50 | 58 | 43 | 25 | 99 | 82 | 48 |
| **$NO_3$-uitspoeling grondwater, kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 66 | 43 | 28 | 112 | 77 | 43 | 139 | 121 | 72 |
| **$NO_3$-uitspoeling oppervlaktewater, kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 15 | 10 | 6 | 10 | 7 | 4 | 19 | 15 | 9 |
| **N-accumulatie in bodem, kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 22 | 14 | 9 | -6 | -1 | -1 | -9 | -13 | -9 |
| **C-vastlegging, kg C ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 332 | 216 | 140 | -88 | -22 | -16 | -139 | -195 | -128 |
| **$CH_4$-emissie, kg $CH_4$ ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 31 | 31 | 31 | 0 | 0 | 0 | 1618 | 1618 | 1618 |
| **$N_2O$-emissie, kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 7,1 | 4,6 | 3,0 | 3,5 | 2,6 | 1,5 | 5,9 | 4,9 | 2,9 |
| **$NO_X$-emissie, kg N ha$^{-1}$ jr$^{-1}$** | 3,5 | 2,3 | 1,5 | 1,7 | 1,3 | 0,7 | 3,0 | 2,5 | 1,5 |

*Arbeidsinkomen in 1997 = financiële opbrengst van de producten (melk, vlees, gewasproducten etc.) minus de variabele kosten (aangekocht voer, kunstmest, mest, toedieningsapparatuur, medicijnen etc.) minus de vaste kosten (gebouwen, apparatuur, mestopslag). Eventuele MINAS-heffingen zijn niet opgenomen en er is aangenomen dat er geen kosten (of winsten) zijn voor de akkerbouwer aan het gebruik van dunne varkensmest.
**1 kg P = 2,29 kg $P_2O_5$

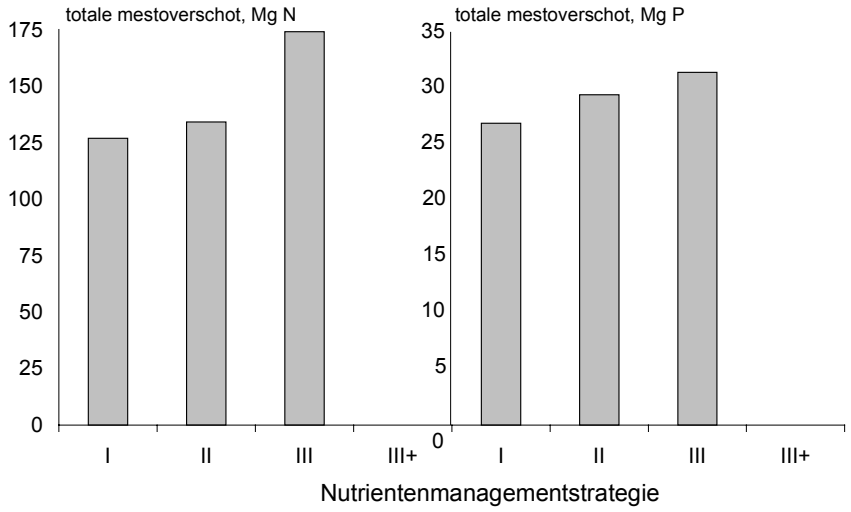
## 6.4 Resultaten

### 6.4.1 Mestoverschot

Alle dunne rundermest die op de melkveehouderijen wordt geproduceerd, wordt op het grasland en maïsland van deze bedrijven gebruikt. Er hoeft geen mest te worden afgevoerd. Slechts een klein deel van de op de varkenshouderijen geproduceerde dunne varkensmest kan op het maïsland van deze bedrijven worden gebruikt. Het grootste deel van de dunne varkensmest moet dus naar andere bedrijven binnen of buiten de regio worden afgezet. Aangezien op de melkveehouderijen geen ruimte is voor extra mest, moet de dunne varkensmest worden afgezet naar akkerbouwbedrijven en vollegrondsgroentenbedrijven binnen of buiten de regio. In figuur 8 wordt het totale meststoverschot in de regio (uitgedrukt in Mg N en Mg P; 1 Mg = 1000.000 g = 1 ton) weergegeven indien alle bedrijven de strategie I, II of III implementeren en indien de akkerbouwbedrijven geen mest uit andere regio's aanvoeren. Deze figuur laat duidelijk zien dat het mestoverschot in de regio toeneemt naarmate het nutriëntenmanagement verbetert. Er zijn drie factoren die hierbij een rol spelen:

- de varkenshouders gebruiken minder mest op hun maïsland;
- de ammoniakemissie in de varkenshouderijen wordt sterk verminderd, waardoor de dunne varkensmest meer N bevat;
- de akkerbouwers gebruiken minder dierlijke mest om de stikstof- en fosfaatverliezen naar het milieu terug te dringen.

Het verbeteren van het nutriëntenmanagement in de regio heeft dus als gevolg dat het mestoverschot in de regio toeneemt. Als de mest niet buiten de regio kan worden afgezet, moet de oplossing binnen de regio worden gevonden. Een verdere verbetering van het nutriëntenmanagement zal niet leiden tot een daling van het mestoverschot. Het verbeteren van de veevoeding en het veranderen van het landgebruik zijn mogelijk maatregelen om het mestoverschot in de regio te beperken.

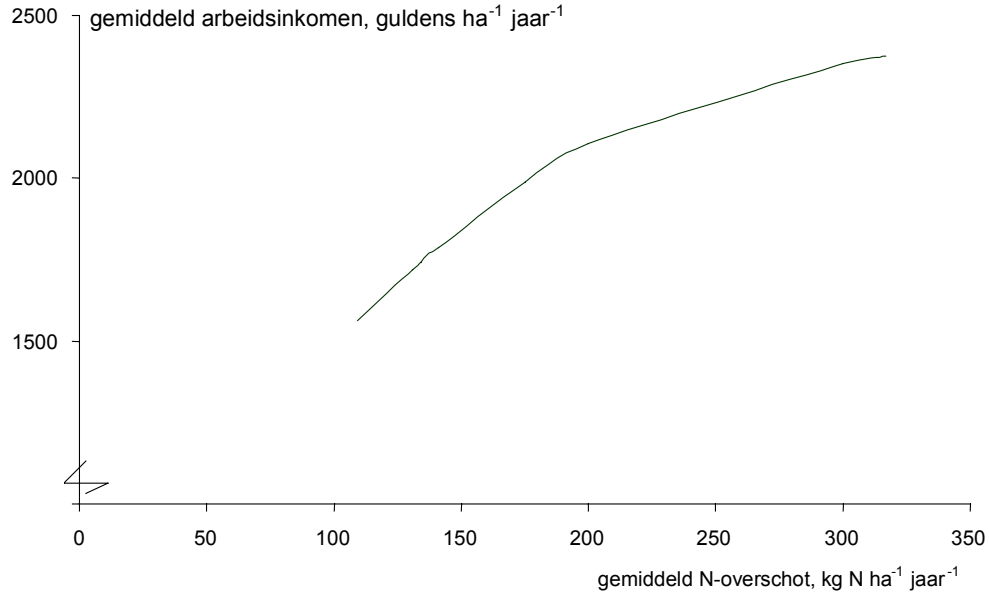



*Figuur 8. Totale mestoverschot in de regio, uitgedrukt in Mg N en Mg P voor de vier nutriëntenmanagementstrategieën.*

Hiertoe behoort het uitbreiden van het het areaal aan akkerbouw ten koste van het areaal varkenshouderijen. In de regio met 400 ha akkerbouw met strategie III is slechts plaats voor twee intensieve varkenshouderijen met strategie III, zonder dat er een mestoverschot in de regio ontstaat (strategie III+). Dit betekent voor dit voorbeeld dus dat 10 van 12 varkenshouderijen moeten worden gesloten. Deze ingijpende maatregel heeft grote financiële consequenties. Andere oplossingen zijn het extensiveren van de varkenshouderijen en het combineren van akkerbouw en varkenshouderij (gemengde bedrijven). Ook bij deze oplossing zal het aantal vleesvarkens in de regio sterk moeten afnemen.

### 6.4.2 Financiële consequenties van vermindering van nutriëntenverliezen

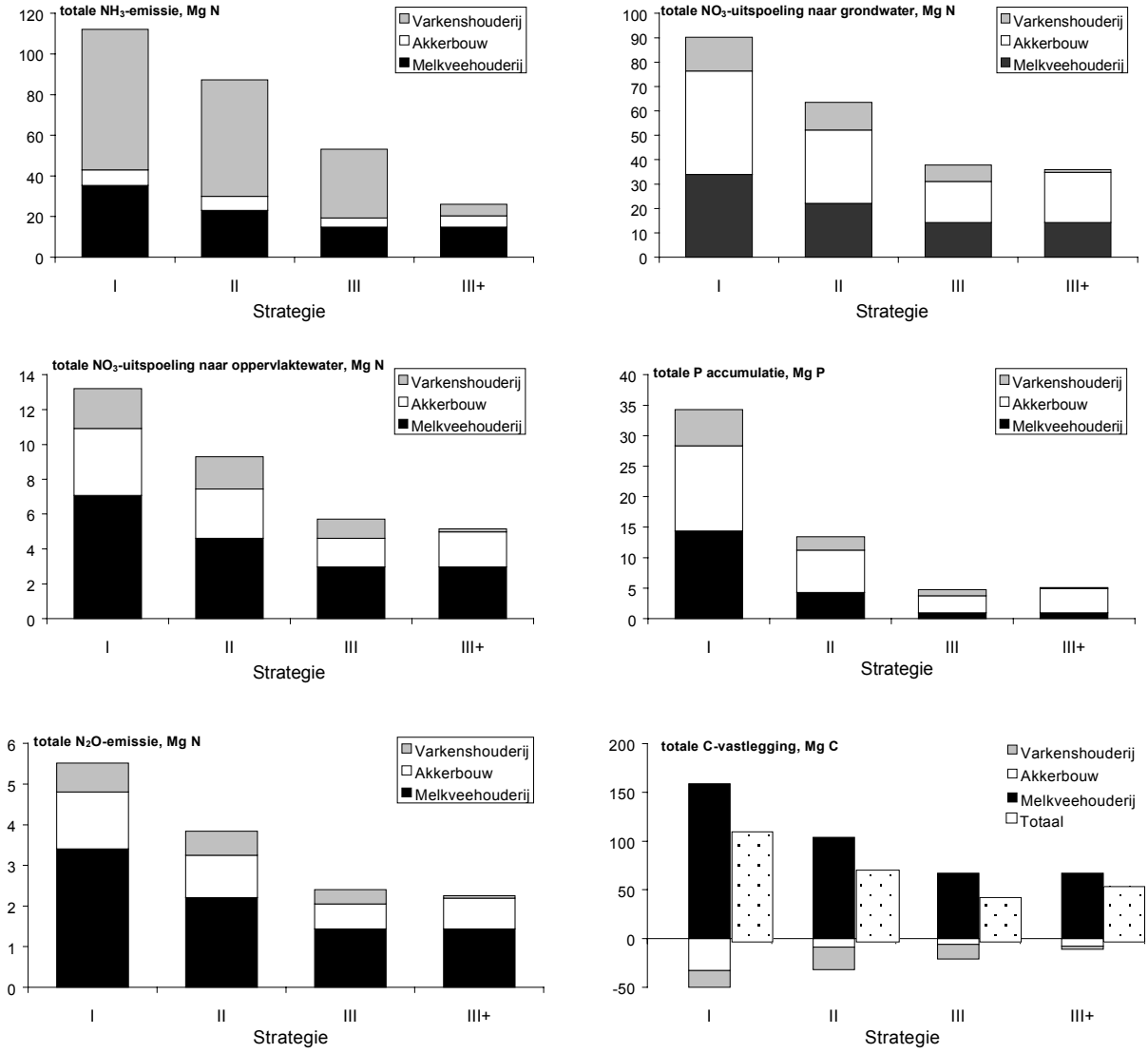
Het arbeidsinkomen neemt af indien het nutriëntenmanagement wordt verbeterd om de stikstof- en fosfaatverliezen naar het milieu te verminderen (tabel 5). Het implementeren van best management maatregelen (strategie II) leidt tot een sterke vermindering van de stikstof- en fosfaatverliezen, met relatief geringe kosten. Een verdere vermindering van de verliezen (strategie III), leidt tot een toename van de kosten. Dit blijkt ook uit figuur 9, waarin de relatie wordt gegeven tussen het gemiddelde N-overschot in de regio en het gemiddelde arbeidsinkomen. Als het gemiddelde N-overschot afneemt van 350 kg N per ha tot ongeveer 200 kg N per ha neemt het gemiddelde arbeidsinkomen af van fl. 2380,- tot fl. 2100,- (fl 1,87 per kg N). Een verdere verlaging van het gemiddelde N-overschot van 200 to 100 kg N per ha leidt tot een sterkere daling van het gemiddelde arbeidsinkomen van fl 2100,- to fl 1560,- (fl 5,40 per kg N).




*Figuur 9. Relatie tussen het gemiddelde N-overschot van de regio en het gemiddelde arbeidsinkomen van de regio.*

### 6.4.3 Effecten van strategieën van nutriëntenmanagement op de totale verliezen in de regio

In figuur 10 worden de resultaten weergegeven van de berekende ammoniakemissie, nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater, fosfaataccumulatie in de bodem, lachgasemissie en koolstofvastlegging in de bodem in de regio bij de verschillende landbouwbedrijven en nutriëntenmanagementstrategieën.




*Figuur 10. Totale ammoniakemissie, nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater, P-accumulatie in de bodem, lachgasemissie en koolstofvastlegging in de bodem in de regio van 10 km2 voor de verschillende landbouwbedrijven en nutriëntenmanagementstrategieën (zie tabel 5).*

Er wordt aangenomen dat het fosfaatoverschot overeenkomt met de fosfaataccumulatie in de bodem en dat de fosfaatuitspoeling lager dan 1 kg P per ha per jaar is. De volgorde bij de ammoniakemissie is varkenshouderij > melkveehouderij >> akkerbouw. Bij de

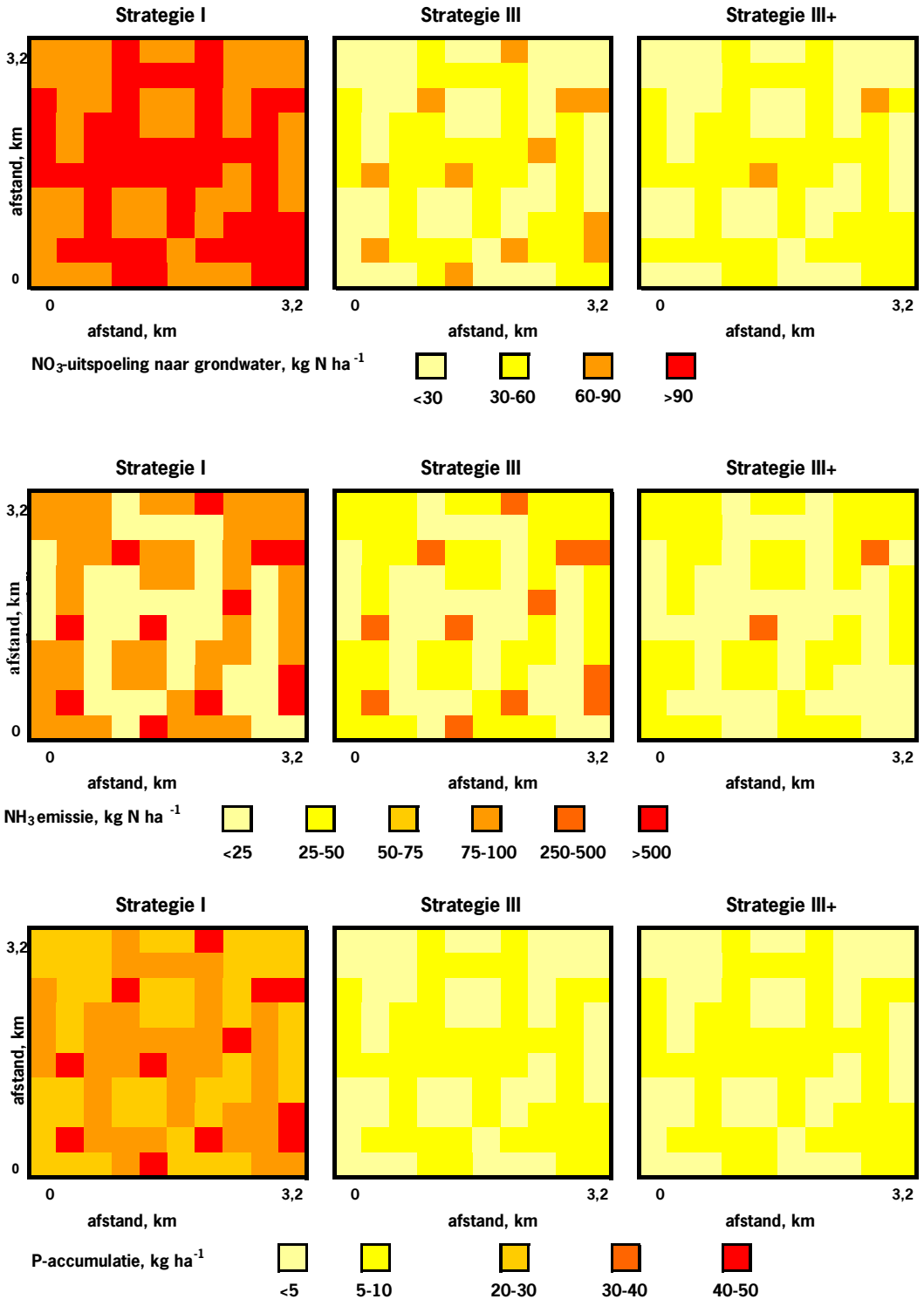
nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater, fosfaataccumulatie en lachgasemissie is de volgorde melkveehouderij > akkerbouw >> varkenshouderij. Bij de koolstofvastlegging geldt dat in grasland een accumulatie van organisch koolstof optreedt en dat netto koolstofmineralisatie optreedt in bouwland. Over de gehele regio gezien treedt er netto koolstofvastlegging op.

Een verbetering van het nutriëntenmanagement resulteert in vermindering (tot meer dan 50 procent) van de ammoniakemissie, nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater, fosfaataccumulatie in de bodem en van de lachgasemissie. De koolstofvastlegging neemt echter ook met 50 procent af. Een vermindering van het aantal varkensbedrijven leidt tot een sterke vermindering van de ammoniakemissie, terwijl de effecten op de overige verliesposten relatief gering zijn.

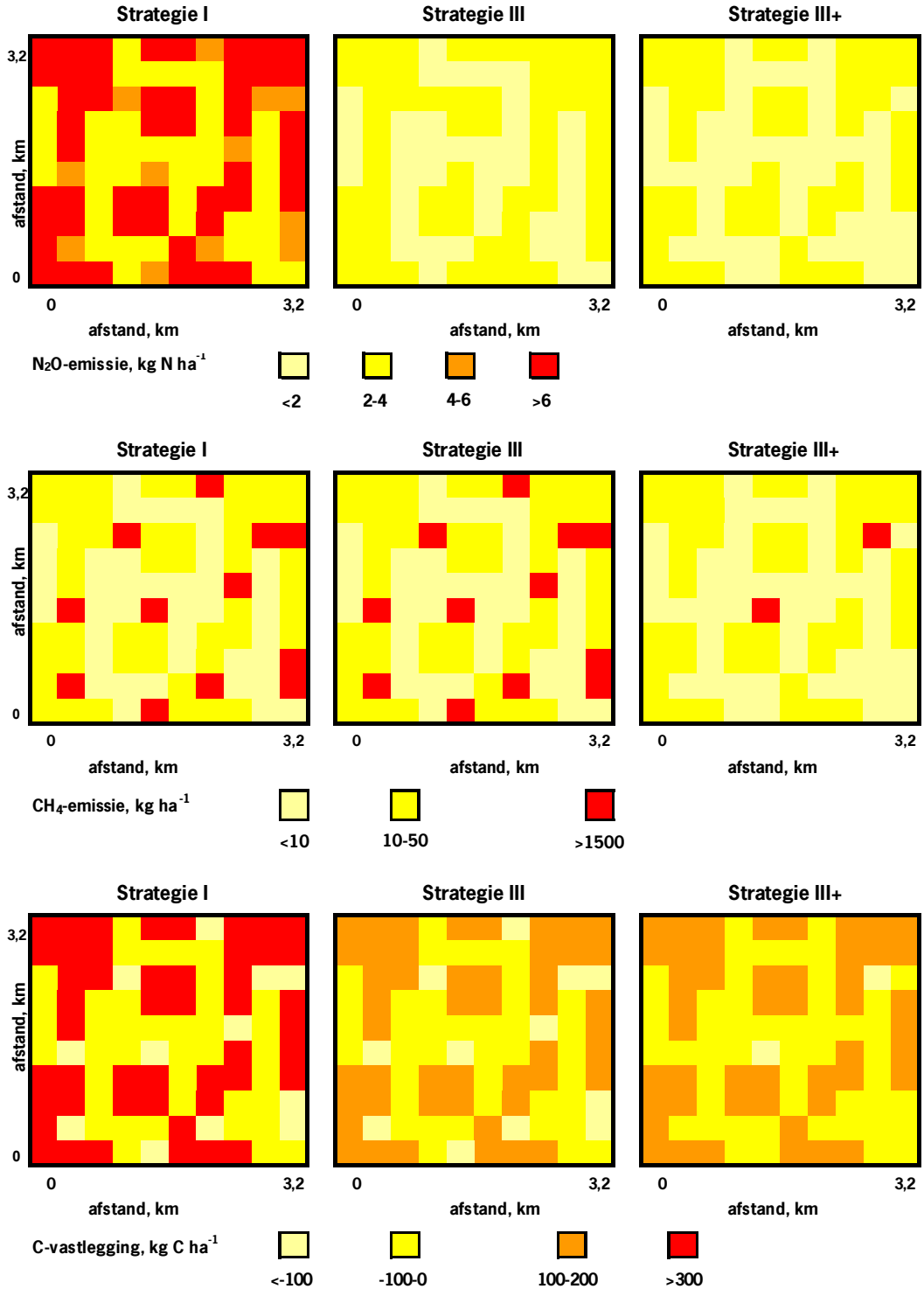
### 6.4.4 Ruimtelijke variabiliteit van stikstof- en fosfaatverliezen in de regio

De berekende gegevens voor de gehele regio (figuur 10) kunnen worden gebruikt voor het optimaliseren van het nutriëntenmanagement binnen de gestelde doelen en randvoorwaarden van de regio. Er wordt echter een groter inzicht verkregen in de effecten van nutriënten management op de stikstof- en fosfaatverliezen in de regio indien de resultaten van het optimaliseringsmodel wordt gepresenteerd als een kaart. Een kaart geeft ook inzicht in de ruimtelijke verdeling van de landbouwsystemen en de hieraan gekoppelde stikstof- en fosfaatverliezen. In de figuren 11 en en 12 worden kaarten met verschillende stikstof-, koolstof- en fosfaatverliezen binnen de regio weergegeven voor de nutriëntenmanagementstrategieën I, III en III+. De figuren laten grote ruimtelijke verschillen zien in de verliezen, die worden veroorzaakt door de ligging van de landbouwbedrijven. Veebedrijven zijn grote puntbronnen van ammoniak en methaan. Ook bij de overige verliezen zijn duidelijke ruimtelijke patronen zichtbaar die worden veroorzaakt door de ligging van de bedrijven. De figuren laten zien dat door het verbeteren van het nutriëntenmanagement, zowel de grootte van de verliesposten als ook de ruimtelijke variabiliteit van de verliezen afneemt.

Een gebied van eenvoudig verder worden gedifferentieerd door ook natuur, bos, recreatie, oppervlaktewater en dorpen/steden etc. Het optimaliseringsmodel kan worden gebruikt bij het opzetten van specifieke maatregelen in bepaalde (kwetsbare) gebieden in de regio, bijvoorbeeld landbouwbedrijven met een lage nitraatuitspoeling in de buurt van grondwaterwinningen, landbouwbedrijven met een lage ammoniakemissie in de buurt van steden of landbouwbedrijven met een lage fosfaataccumulatie op fosfaatverzadigde gronden. Op deze wijze kunnen deze gebieden worden beschermd tegen bepaalde verontreinigingen. Anderzijds is het mogelijk om in andere, minder kwetsbare gebieden, grotere verliezen toe te staan. Op deze wijze kan voor een regio het nutriëntenmanagement worden geoptimaliseerd en gedifferentieerd binnen de gestelde randvoorwaarden en eisen.




*Figuur 11. Ruimtelijke verdeling van nitraatuitspoeling naar grondwater (bovenste rij), ammoniakemissie (middelste rij) en P-accumulatie (onderste rij) in de regio van 10 km² met intensieve landbouw bij verschillende strategieën van nutriëntenmanagement (zie tabel 5 en figuur 7).*




*Figuur 12. Ruimtelijke verdeling van lachgasemissie (bovenste rij), methaanemissie (middelste rij) en koolstofvastlegging (onderste rij) in een regio van 10 km² met intensieve landbouw bij verschillende strategieën van nutriëntenmanagement (zie tabel 5 en figuur 7).*

# 7 Perspectieven en beperkingen van regionaal nutriëntenmanagement

## 7.1 Inleiding

In hoofdstuk 5 is aangegeven dat het huidige uniforme nutriëntenbeleid leidt tot een sterke vermindering van de nutriëntenemissies naar het milieu. Naarmate het uniforme nutriëntenbeleid strenger wordt, zullen bedrijven een grotere inspanning moeten doen om te voldoen aan het beleid

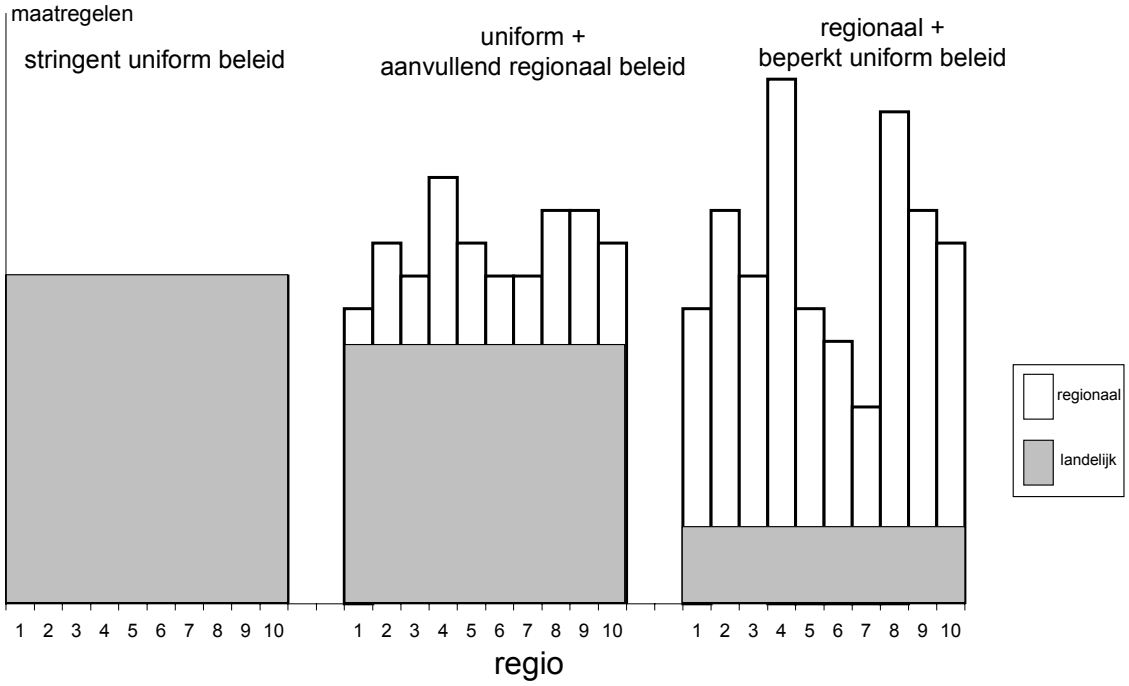
Het uniforme nutriëntenbeleid is sterk gericht op nutriëntenstromen binnen één perceel of één bedrijf. Het uniforme nutriëntenbeleid is slechts in beperkte mate gericht op de nutriëntenstromen tussen landbouwbedrijven onderling en tussen de landbouw en andere sectoren in de regio (agrarische industrie, consument, afvalverwerking). In de casestudy uit het vorige hoofdstuk is aangegeven dat door middel van regionaal nutriëntenmanagement de nutriëntenstromen tussen bedrijven binnen een regio beter kunnen worden afgestemd (bijvoorbeeld mestafzet), afhankelijk van de randvoorwaarden en doelstellingen. Daarnaast kan door kennis van de ruimtelijke verdeling van de landbouwsystemen en de nutriëntenemissies en de ruimtelijke verdeling van de overige functies (landbouw, natuur, steden, grondwaterwinning) van de regio, het nutriëntenmanagement van de landbouwsystemen worden geoptimaliseerd binnen de gestelde doelen en eisen van de regio. Op deze wijze wordt de monofunctionele landbouw getransformeerd in een multifunctionele landbouw.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de perspectieven van regionaal management. Er wordt hierbij aandacht besteed de volgende maatregelen: recycling (mestafzet en hergebruik van organische meststoffen), specifieke milieuproblemen, regionale bemestingsadviezen en waterbeheer. De maatregelen worden op kwalitatieve wijze beschreven. De grootte van efficiëntieverbetering (emissiereductie) die kan worden gerealiseerd met een bepaalde maatregel is zeer sterk afhankelijk van de huidige omstandigheden in de regio (welk grondgebruik, welke vormen van landbouw, huidige nutriëntenoverschotten, aanwezigheid van natuur, oppervlaktewater, steden, industrie etc.) en daardoor kunnen er grote verschillen bestaan tussen regio's. Met behulp van optimaliseringsmodellen, zoals beschreven in het vorige hoofdstuk, kunnen de effecten van (combinaties van) maatregelen worden gekwantificeerd.

## 7.2 Perspectieven van aanvullend regionaal beleid

Nederland heeft gekozen voor een uniform nutriëntenbeleid met stringente eisen. Alleen voor de uitspoelingsgevoelige gronden (droge zandgronden en lössgronden) wordt hiervan afgeweken: de MINAS-normen voor de uitspoelingsgevoelige gronden zijn lager dan die van overige gronden. De perspectieven voor aanvullend regionaal beleid worden in sterke mate beïnvloed door het stringente uniforme beleid. Het is voor boeren vaak al moeilijk en duur om aan de eisen van het uniforme beleid te

voldoen, zodat de perspectieven voor aanvullend regionaal beleid vaak beperkt is. De perspectieven voor (aanvullend) regionaal beleid zullen sterk toenemen, indien het uniforme beleid minder stringent is. In figuur 13 worden schematisch de perspectieven van regionaal nutriëntenmanagment getoond. Bij een volledig stringent uniform beleid hebben alle regio's dezelfde en het zelfde aantal maatregelen; de perspectieven voor aanvullend regionaal nutriëntenmanagement zijn beperkt. Bij een iets minder stringent uniform nutriëntenmanagement zijn de perspectieven voor aanvullende regionale maatregelen groter. De grootste perspectieven voor regionaal nutriëntenmanagement ontstaan als er een relatief beperkt uniform beleid is. Er zullen dan tussen de regio's grote verschillen in maatregelen ontstaan. Regionaal beleid is dus specifiek, maar daardoor dus ook regionaal beperkt. De handhaving van het beleid vraagt dan ook extra aandacht en moet ook regionaal worden geregeld.




*Figuur 13. Schematische weergave van stringent uniform beleid (alle regio's zelfde (aantal) maatregelen), stringent uniform beleid met aanvullend regionaal beleid en regionaal beleid met minder stringent uniform.*

## 7.3 Hergebruik

Binnen en tussen regio's bestaan een groot aantal nutriëntenstromen:

- naar landbouwsystemen: voer, kunstmest, dierlijke mest restproducten uit andere regio's;
- naar de agrarische en verwerkende industrie via dierlijke en plantaardige oogst-producten;
- naar de inwoners van de regio via het voedsel geproduceerd binnen en buiten de regio;

- van afval en restproducten binnen en buiten de regio via bijvoorbeeld restproducten van gewassen, GFT-afval, afval van agrarische industrie, zuiveringsslibben en rioolwater;
- van nutriëntenverliezen vanuit verschillende plaatsen binnen de regio (de landbouwsystemen, de agrarische industrie, inwoners, afval) naar natuurlijke gebieden, grondwater, oppervlaktewater en de atmosfeer verloren gaan.

Bij regionaal nutriëntenmanagement wordt er naar gestreefd om de verschillende nutriëntenstromen op elkaar af te stemmen en aan elkaar te koppelen, zodat restproducten en afvalstromen zo veel mogelijk worden hergebruikt binnen de regio en de nutriëntenverliezen naar het milieu worden beperkt.

In figuur 14 worden de nutriëntenstromen beschreven van twee regio's met melkveehouderij, akkerbouw en intensie varkenshouderij. In één regio (figuur 14) zijn er weinig nutriëntenstromen tussen de landbouwsystemen; de benodigde nutriënten worden aangevoerd van buiten de regio via voer, kunstmest en dierlijke mest. Een groot deel van de geproduceerde mest en van de afvalstromen worden niet binnen de regio hergebruikt, maar worden elders afgezet. De nutriënten uit deze restproducten gaan grotendeels verloren omdat de nutriënten niet worden hergebruikt. Binnen de regio uit figuur 14A is weinig zicht op waar de nutriënten vandaan komen en waar ze weer naar toegaan, hetgeen een optimalisering van het nutriëntenmanagement en een vermindering van de nutriëntenverliezen naar het milieu sterk bemoelijkt. In de tweede regio (figuur 14B) zijn de nutriëntenstromen sterk aan elkaar gekoppeld en worden de geproduceerde dierlijke mest en de afvalstromen binnen de regio hergebruikt. Hierdoor hoeven minder nutriënten via voer, kunstmest en dierlijke mest worden aangevoerd. Het nutriëntenmanagement in de regio van figuur 14B vraagt om een veel sterkere betrokkenheid van de boeren, agrarische industrie, inwoners en afvalverwerkers dan die bij figuur 14A. De perspectieven om de nutriëntenstromen te optimaliseren en de verliezen naar het milieu te beperken zijn veel groter in regio B dan in regio A.

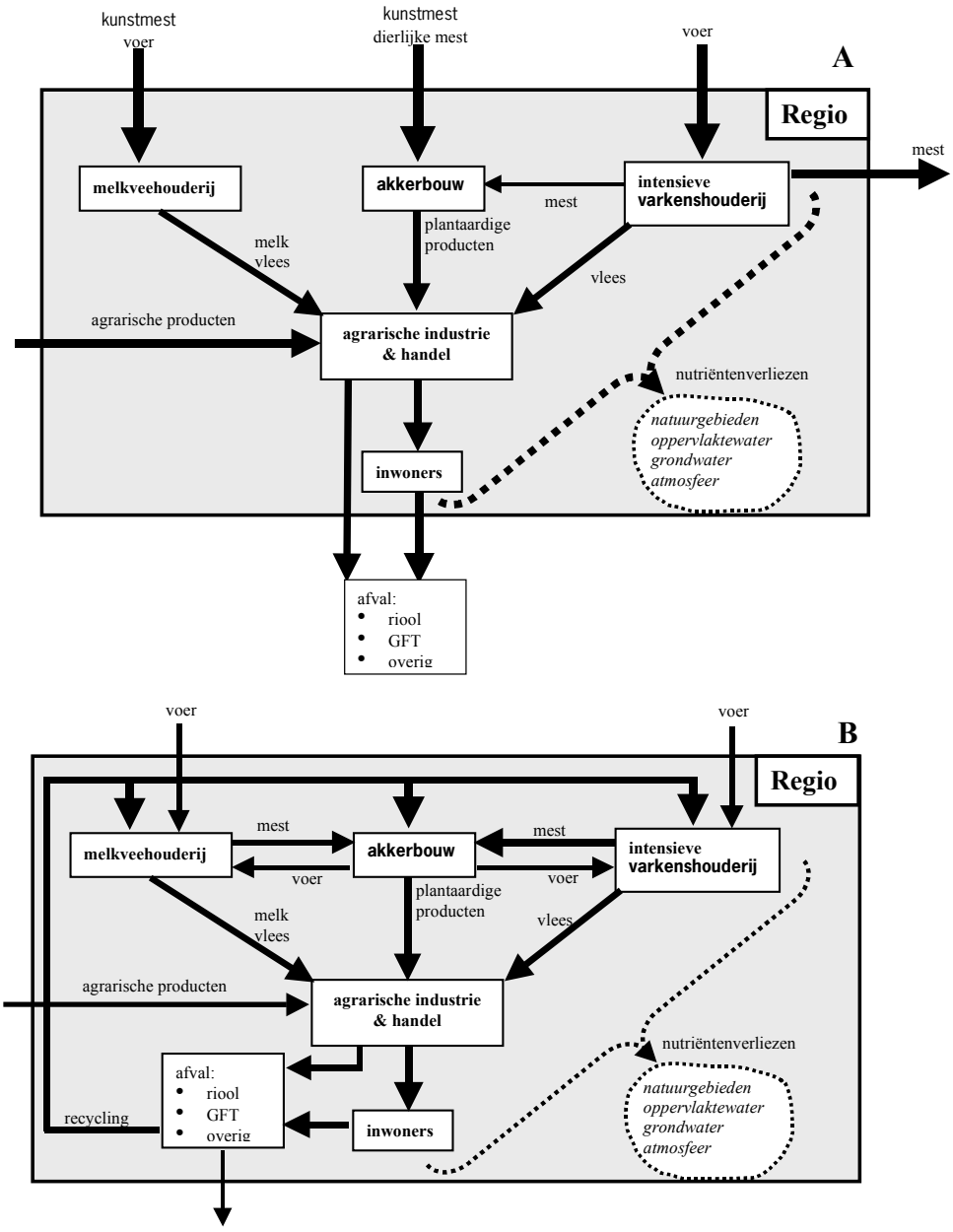
Er zijn dus duidelijke perspectieven voor regionaal nutriëntenmanagement door het optimaliseren van nutriëntenstromen tussen bedrijven en de recycling van restproducten. Op regionaal niveau zijn verschillende mogelijkheden die kunnen leiden tot een betere benutting van nutriënten in de mest.

- mestcontracten. In veel intensieve veehouderijbedrijven is er een overschot aan mest, die niet op het eigen land kan worden toegediend maar naar andere landbouwgronden moet worden afgevoerd. De veehouders moeten zelf zorgdragen dat het overschot aan mest op zijn bedrijf wordt afgevoerd naar akkerbouwers. Binnen een regio zouden veehouders en akkerbouwers mestcontracten kunnen afsluiten. Hiertoe zijn de transportkosten minder en zijn de boeren meer betrokken bij de nutriëntenstromen in de regio.
- ruilen van voer en mest. Een vervolg stap op het afsluiten van mestcontracten tussen veehouders en akkerbouwers, is dat akkerbouwers plantaardige producten (graan, maïs, bepaalde gewasresten) leveren aan de veehouder in ruil voor mest. Op deze wijze wordt een kringloop van nutriënten binnen de regio gerealiseerd (dier – mest – plant – veevoer – dier) die beter te sturen is dan nutriëntenstromen

die van elders komen en die naar elders gaan. Akkerbouwers zouden enerzijds kunnen aangeven welke hoeveelheid en samenstelling van de mest optimaal is voor hun bedrijf en veehouders zouden kunnen aangeven hoeveel voer ze nodig hebben, welk soorten plantaardige (rest)producten ze kunnen toepassen en wat de samenstelling mag/moet zijn.

- centrale opslagplaatsen van mest. In de regio zouden centrale mestopslagen kunnen worden gemaakt, waar de mest van verschillende veehouders wordt verzameld en gemengd. Een voordeel van het homogeen mengen van verschillende mesten is dat de chemische samenstelling van het verkregen mestmengsel minder fluctueert en de bemestende werking van de mest beter voorspelbaar is. Door een centrale regeling van de mesttransporten wordt een beter overzicht gekregen van de meststromen binnen de regio. Ook kunnen problemen met tekorten of overschotten aan mest worden opgelost door contracten met andere regio's aan te gaan.
- mestverwerking. Een mogelijke optie om het probleem met het mestoverschot op te lossen is het verwerken van mest (scheiden van mest, maken gedroogde mestkorrels) en vinden van andere toepassingsmogelijkheden van mest (bijvoorbeeld biogasproductie, vissenvoer, verbranden van mest). Veel van dit soort technische mogelijkheden bevinden zich nog in een ontwikkelingsfase en vragen hoge investeringskosten die voor de individuele boer financieel onhaalbaar zijn. Een regionale mestverwerking biedt meer perspectieven dan initiatieven van individuele boer, zeker indien andere belanghebbenden binnen de regio de mestverwerking ondersteunen (banken, industrie, energiemaat-schappijen, drinkwatermaatschappijen etc.).

Veel afvalstromen zijn vervuild met zware metalen, plastic, glasdeeltjes en schadelijke organische verbindingen (PAK's), waardoor ze niet bruikbaar zijn voor hergebruik. Ook al zijn de gehalten aan de schadelijke bestanddelen relatief laag, een continue recycling kan leiden tot een ophoping van deze bestanddelen in landbouwgronden. Dit kan leiden tot opbrengstderving, een slechte kwaliteit van het oogstproduct en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Bij regionaal hergebruik kan er een beter controle worden uitgevoerd ("dicht bij de bron").




*Figuur 14. Regionale nutriëntenstromen. A: nutriëntenstromen in regio met weinig koppeling tussen nutriëntenstromen in de verschillende sectoren. B. nutriëntenstromen in regio met een ver gevorderd nutriëntenmanagement en veel aandacht aan recycling en hergebruik van (rest)producten binnen de regio. De dikte van de pijlen geeft de grootte van de nutriëntenstromen weer. Nutriëntenverliezen naar het milieu treden op vele plaatsen binnen de regio op.*

## 7.4 Maatregelen gericht op specifieke milieuproblemen

De maatregelen die in het kader van het uniforme beleid worden genomen zijn gericht op het terugdringen van de stikstof- en fosfaatoverschotten op bedrijfsniveau en niet op de specifieke milieuproblemen, zoals nitraatuitspoeling, eutrofiëring,

ammoniakemissie, lachgasemissie, fosfaatuitspoeling etc. Vaak leiden de maatregelen bij de stringente normen in het uniforme beleid tot een vermindering van verschillende verliesposten. Extra aandacht bij het ontwikkelen van de maatregelen voor een bepaalde verliespost, zou tot een extra vermindering van dit verlies kunnen leiden. Tussen regio's kunnen grote verschillen bestaan in milieuproblemen, die deels worden veroorzaakt worden door het type bedrijven in de regio, deels door fysische factoren als grondsoort en hydrologie en deels door de overige functies binnen de regio (bijvoorbeeld natuur en recreatie). Regionaal nutriëntenmanagement richt zich op maatregelen die het grootste effect hebben op het specifieke milieuprobleem uit de regio. Een zo snel mogelijke aanpak van de specifieke milieuproblemen is ook belangrijk uit oogpunt van hersteltijd. Zoals in hoofstuk 1 (tabel 2) aangegeven, kan de hersteltijd van een systeem na het nemen van bepaalde maatregelen tientallen jaren bedragen; het zo spoedig mogelijk nemen van maatregelen is daarom gewenst. Hieronder volgen enkele voorbeelden van specifieke regionale milieuproblemen in Nederland:

- In delen van west, midden en noord Nederland is veel oppervlaktewater aanwezig dat zowel uit oogpunt van natuur en recreatie beschermd moet worden tegen eutrofiëring met stikstof en fosfaat (Van der Molen et al., 1998a&b). Maatregelen in deze regio zouden moeten worden gericht op een efficiëntere benutting van de stikstof en fosfaat in dierlijke mest en kunstmest.
- De droge zandgronden in Oost Nederland en de lössgronden in Zuid Limburg zijn gevoelig voor nitraatuitspoeling naar het diepe grondwater en op verschillende grondwaterwinningen (voor drinkwatervoorziening) in deze gebieden is sprake van een stijgend nitraatconcentratie in het diepe grondwater (Beekman en Laeven, 1996). Binnen MINAS zijn hiervoor al extra maatregelen opgesteld: de verliesnormen voor deze grondsoorten zijn lager dan die van de overige gronden in Nederland. Maatregelen op grasland zouden gericht moeten zijn op beperking van de stikstofuitscheiding tijdens beweiding en op bouwland op het beperken van de stikstofverliezen tijdens de winterperiode.
- In de veengronden in het veenweide gebied in Utrecht/Zuid-Holland is het risico op denitrificatie en lachgasemissie beduidend hoger dan in andere grondsoorten in Nederland door de combinatie van hoge gehalten aan organische stof en minerale stikstof in de bodem en de hoge grondwaterstand (Koops et al., 1996; Velthof, 1997). Maatregelen in deze regio zou gericht moeten zijn op efficiënte bemestingsstrategieën, het beperkt gebruik van nitraathoudende meststoffen en het beheer van de grondwaterstand.
- In delen van Oost- en Zuid Nederland met intensieve veehouderij is sprake van een hoge ammoniakvervluchting die tot negatieve effecten kan hebben op de natuur in deze gebieden (Erisman et al., 1998). Maatregelen in deze regio's moeten gericht zijn op stalsystemen, systemen van mestopslag en toedieningstechnieken van mest die leiden tot forse beperking van de ammoniakemissie.
- Veel zandgronden Nederland zijn fosfaatverzadigd en hebben een duidelijk risico op fosfaatuitspoeling (Oenema & Van Dijk, 1994; Van der Zee et al., 1990). Maatregelen in deze regio zou gericht moeten zijn op een drastische beperking en en efficiënt gebruik van dierlijke mest en fosfaatkunstmest.

## 7.5 Herinrichting en reconstructie

Ontwikkelingen in de regio, zoals de uitbreiding van natuurgebieden, recreatiemogelijkheden, drinkwatervoorziening en stedelijke uitbreiding, kunnen er toe leiden dat de huidige landbouwsystemen moeten worden omgevormd tot multifunctionele landbouwsystemen. Hieronder volgen enkele voorbeelden:

- het aanpassen van bestaande landbouwbedrijven, bijvoorbeeld door extensivering, omschakelen naar biologische landbouw, omschakeling van melkveehouderij naar akkerbouw of andersom, omschakelen naar gemengde bedrijven;
- opnemen van een neventak of andere functies, bijvoorbeeeld kampeerboerderij, natuurontwikkeling (slootkanten, weidevogels, houtwallen etc.);
- ruilen van land. Akkerbouwers zullen in de toekomst (moeten) streven naar een ruimere vruchtopvolging, omdat de mogelijkheden tot gebruik van gewasbeschermingmiddelen in Nederland sterk aan banden wordt gelegd. Het tijdelijk ruilen van land met een melkveehouder vergemakkelijkt een ruimere vruchtopvolging op akkerbouwbedrijven.
- het sluiten van bepaalde type landbouwbedrijven om andere landgebruik mogelijk te maken of te beschermen, zoals het sluiten van intensieve veehouderijen in de buurt van gevoelige natuurgebieden;

Herinrichting van een regio vraagt grote aanpassingen van landbouwsystemen en leidt soms tot het sluiten van bepaalde landbouwbedrijven. In het algemeen geldt dat de kosten voor dit herinrichtingsmaatregelen hoog zijn en dat het lang kan duren voordat de maatregelen zijn gerealiseerd. Dit geldt met name indien boeren niet meewerken en juridische procedures moeten volgen.

## 7.6 Regionale bemestingsadviezen

Regio's verschillen in bodemvruchtbaarheid, waterhuishouding, weersomstandigheden en potentiële opbrengst. Op deze verschillen kan worden ingespeeld via regionale landbouwvoorlichting en regionale bemestingsadviezen. De landbouwvoorlichting wordt vaak al regionaal uitgevoerd door DLV en landbouwcoöperaties. Bij het opstellen van regionaal nutriëntenmanagement zou de landbouwvoorlichting nog sterker op de regio gericht kunnen worden. Voorlichting over het geschikte tijdstip van bemesting en over hoe te handelen na een extreem natte periode in het groeiseizoen kunnen beter op regionaal dan op nationaal niveau gebeuren.

De bemestingsadviezen die in Nederland voor grasland en bouwland worden gebruikt (anon., 1998b en 1999a) zijn afgeleid uit een groot aantal veldproeven op verschillende grondsoorten in Nederland. Op empirische wijze is hierbij de relatie tussen een bodemvruchtbaarheidsparameter (bijvoorbeeld gehalte aan organischestof, Nmineraal, Pw-getal) en de economisch optimale gift vastgesteld. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt naar grondsoort. Er is een toenemende behoefte aan verfijnde bemestingsadviezen en bemestingsadviezen op regionaal

niveau zouden hierbij een belangrijke rol spelen. Redenen voor vernieuwing van bemestingsadviezen zijn:

- Ondanks dat de adviezen zijn afgeleid voor verschillende grondsoorten, blijken ze in de praktijk soms niet te voldoen voor bepaalde grondsoorten. Het niet voldoen van de bemestingsadviezen in bepaalde regio's kan worden veroorzaakt door specifieke kenmerken uit de regio zoals eigenschappen van grondsoorten (P-fixatie, hoge stikstoflevering, uitspoelingsgevoelig, denitrificatiegevoelig), waterbeheer, specifieke gewassen (en rassen) (met een bepaalde behoefte aan nutriënten), bepaalde eisen aan de kwaliteit van het oogstproduct etc.
- De huidige bemestingsadviezen zijn veelal gebaseerd op economische optimale giften en nauwelijks rekening met milieuverliezen. Door de lage prijzen van kunstmest en dierlijke mest zijn de adviezen hoog. Uit onderzoek blijken de bemestingsadviezen verlaagd te kunnen worden zonder dat er opbrengstderving of een mindere kwaliteit wordt verkregen (bv. Neeteson, 1989).
- Er zijn steeds meer bemestingssytemen (Stikstof- en kalibijmestsystemen NBS, Cultan-methode, bladsteeltjesmethode, rijenbemesting, fertigatie, precisie-bemesting) en computermodellen beschikbaar, waardoor de bemestingsadviezen sterk verfijnd kunnen worden en rekening kunnen houden met actuele weersgegevens en specifieke eigenschappen van de grondsoort en het gewas. Verfijnde bemestingsadviezen zullen leiden tot minder nutriëntenverliezen naar het milieu bij gelijkblijvende opbrengst en kwaliteit van het gewas. De nieuwe bemestingssystemen en -modellen vragen meestal specifieke en actuele gegevens over bodem, weer, en gewas(groei). Dit soort gegevens kunnen op regionaal niveau veel nauwkeuriger worden verzameld dan op nationaalniveau.
- De huidige bemestingsadviezen zijn afgeleid met kunstmest en op indirecte wijze (met behulp van een werkingscoëfficiënt) kunnen deze adviezen worden toegepast voor dierlijke mesten, organische meststoffen en restproducten met een (landelijk) gemiddelde samenstelling. Op regionaal niveau kan een nauwkeuriger karakterisering van de samenstelling en bemestende waarde van organische meststoffen worden verkregen, rekening houdt met de regionale variatie in samenstelling.

Voor het afleiden van regionale en verfijnde bemestingsadviezen is (regionaal) onderzoek nodig door onderzoeksinstituten en proefboerderijen en moet de verkregen kennis worden vertaald in bemestingsadviezen. De regionale landbouwvoorlichting moet deze kennis overdragen naar de boeren. Het verwezenlijken van regionale bemestingsadviezen- en systemen kan grotendeels lopen via bestaande netwerken, instituten, proefboerderijenen en landbouw-voorlichting, maar vraagt ook om een organisatie die de gegevens verzameld, de adviezen beheert en aanpast en aanvullend onderzoek coördineert.

## 7.7 Waterbeheer

Het waterbeheer is zeer belangrijk uit oogpunt van nutriëntenmanagement. Een watertekort tijdens het groeiseizoen leidt tot groeiremming en vermindering van de nutriëntenopname. De niet opgenomen nutriënten kunnen later in het jaar verloren

gaan naar het milieu. Tijdens extreme natte perioden kunnen grote verliezen aan nutriënten via uitspoeling (stikstof, kalium, zavel) en denitrificatie (stikstof) optreden. Voor de landbouw geldt dus dat een tekort aan water voor het gewas zoveel mogelijk moet worden voorkomen door middel van beregening en dat een teveel aan water door extreme regenval moet worden beperkt. Binnen een regio spelen echter verschillende en vaak tegengestelde belangen betreffende waterbeheer. In natuurgebieden streeft men naar hogere grondwaterstanden en het langer vast houden van water dan in landbouwgronden. In stedelijke gebieden wil men overtollig water tijdens extreem natte perioden zo snel mogelijk afvoeren, eventueel naar of via landbouwgronden. Op regionaal niveau kan het waterbeheer worden geoptimaliseerd waarbij rekening wordt gehouden met de belangen van de verschillende partijen.

## Referenties


Aarts H.F.M., E.E. Biewinga & H. van Keulen (1992) Dairy farming systems based on efficient nutrient management. Netherlands Journal of Agricultural Science 40: 285-299.

Aarts H.F.M., B. Habekotté & H. van Keulen (2000a) Nitrogen (N) management in the 'De Marke' dairy farming system. Nutrient Cycling in Agroecosystems 56, 231-240.

Aarts H.F.M., B. Habekotté & H. van Keulen (2000b) Phosphorus (P) management in the 'De Marke' dairy farming system.Nutrient Cycling in Agroecosystems 56, 219-229.

Aendekerk, Th., R, van Himste, M. Hopman, J.Janssen, J. Kodde, J. van Paassen, D. de Ridder, H. Schoorlemmer, B. Snoek & M. Valstar (1995) Kengetallen Mineralenmanagement akker- en tuibouw, ATC [etc.] Wageningen, 41 p.

Anon. (1987). Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen (BGDM). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederland 1987, 386, SDU Uitgeverij, 's-Gravenhage, 8 pp.

Anon. (1991a). Besluit kwaliteit en gebruik van Overige Organische Meststoffen (BOOM). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden 1991, 613, SDU Uitgeverij, 's-Gravenhage, 45 pp.

Anon. (1991b). 91/676/EEG: Richtlijn van de Raad van 12 December 1991 inzake de bescherming van water tegen nitraten uit agrarische bronnen. Publicatiebalad van de Europese Gemeenschappen L375, 31 december 1991, p. 1-8

Anon. (1995). Integrale Notitie Mest- en Ammoniak Beleid. Ministerie VROM en Ministerie LNV, Den Haag, 36 pp.

Anon. (1997). Kwantitatieve informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 1997/1998. IKC, PAV, DLV, Lelystad. PAV publicatie nr. 85.

Anon. (1998a). Land- en tuinbouwcijfers 1998. Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) en Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), 's-Gravenhage.

Anon. (1998b). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Praktijkonderzoek voor de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Publicatie nr. 95, Lelystad, 59 p.

Anon. (1999a). Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Themaboek November 1998, 53 p.

Anon. (1999b). Kwantitatieve informatie veehouderij 1999/2000. PR, Lelystad.

Anon. (1999c). Eindverslag 1999 Project Introductie van mineralenboekhouding voor biologische landbouwbedrijven". DLV Adviesgroep n.v., RundveeWest.

Beekman, W. & M.P. Laeven (1996). Van grondwater naar drinkwater, een toekomstschets t.b.v. prioriteitsstelling zuiverings- en voorspellingsonderzoek, KIWA-SWE 96.010.

Berentsen P.B.M. (1992). Manure legislation effects on income and on N, P and K losses in dairy farming. Livestock Production Science 31, 43-56.

Bussink, D.W. and O. Oenema (1998). Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems 51, 19-33.

Bussink, D.W. (1996). Ammonia volatilization from intensively managed dairy pastures.PhD thesis Wageningen Agricultural University, 177 p.

Canh, T.T., A.J.A. Aarnink, J.B. Schutte, A. Sutton, D.J. Langhout, M.W.A. Verstegen (1998) Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. Livestock Production Science 56, 181-191.

Crutzen, P.J. (1970). The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 96, 320-325.

Crutzen, P.J. (1994). Global budgets for non-CO2 greenhouse gases, Environmental Monitoring and Assessment 31, 1-15.

Dijk, van T.A. & C. Wierda (1998). 'Mineralen op Scherp'; resultaten in de akkerbouw, de vollgrondsgroenteteelt en de boomkwekerij. Meststoffen 1997/1998, 29-39.

Dongen C.F.J. van & T.A. van Dijk (1999). 'Mineralen op Scherp'; resultaten in de melkveehouderij. Meststoffen 1999, 10-20.

Erisman, J.W., A. Bleeker, J.A. van Jaarsveld (1998). Evaluation of ammonia emission abatement on the basis of measurements and model calculations. Environmental Pollution 102 (S1), 269-274.

Fraters, B., H.A. Vissenberg, L.J.M. Boumans, T. de Haan & D.W. de Hoop (1997). Meetprogramma: kwaliteit Bovenste Grondwater Landbouwbedrijven in het zandgebied (MKGBL-zand) 1992-1995. RIVM-rapport 714801014, RIVM/LEI-DLO, Bilthoven, 181 p.

Garret, M.K., C.J. Watson, C. Jordan, R.W.J. Steen and R.V. Smith (1992). The nitrogen economy of grazed grassland. Proceedings of the Fertiliser Society No. 326, 32 p.

Glendining, M.J., P.R. Poulton & D.S. Powlson (1992). The relationship between inorganic N in soil and the rate of fertilizer N applied on the Broadwalk wheat experiment. Nitrate and Farming Systems, Aspects of Applied Biology 30, 95-102.

Heathwaite A.L., T.P. Burt & S.T. Trudgill (1993). Overview-the nitrate issue. p. 3-21. In: Burt T.P., Heathwaite A.L. & Trudgill S.T. (eds.) Nitrate Processes, Patterns and Management. Wiley, Chichester (etc.).

Heckrath, G., P.C. Brookes, P.R. Poulton & K.W.T. Goulding (1995). Phosphorus leaching from soils containing different P concentrations in the Broadbalk experiment. Journal of Environmental Quality 24, 904-910.

Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & D.W. Bussink (1997). Reduction of ammonia emission by new slurry application techniques on grassland, 281-285.. In: S.C. Jarvis & B.F. Pain (eds.) Gaseous nitrogen emissions from grassland. CAB International, Wallingford.

Husted, S. (1994). Seasonal variation in methane emission from stored slurry and solid manures. Journal of Environmental Quality 23, 585-592.

Jansen, D.M., S.T. Buijze & H.L. Boogaard (1999) Ex-ante assessment of costs for reducing nitrate leaching from agriculture-dominated regions. Environmental Modelling & Software 14, 549-565.

Jarvis, S.C. (1993). Nitrogen cycling and losses from dairy farming systems. Soil use and management 9, 99-105.

Koops, J.G., O. Oenema, M.L. van Beusichem (1996). Denitrification in the top and sub soil of grassland on peat soils. Plant-and-Soil 184, 1-10.

Köster, H.W. (1998). Milieubewuste vormen van akkerbouw, een momentopname. RIVM-rapportnummer 715651006. RIVM, Bilhoven, 129 p.

Langeweg, F. (1989). Zorgen voor morgen : nationale milieuverkenning, 1985 – 2010. Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn, 456 p.

LEI. (1999). Binternet: Bedrijven Informatie Net op het internet. http://www.lei/wageningen-ur.nl/binternet .

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic Press, London [etc.], 889 p.

Misselbrook, T.H., Chadwick. D.R., Pain B.F., & Headon, D.M. (1998) Dietary manipulation as a means of decreasing N losses and methane emissions and improving herbage N uptake following application of pig slurry to grassland. Journal of Agricultural Science 130: 183-191.

Molen, D.T. van der, R. Portielje, W.T. de Nobel, P.C.M. (1998a). Nitrogen in Dutch freshwater lakes: trends and targets. Environmental-Pollution. 1998, 102: supp 1, 553-557.

Molen, D.T. van der, A. Breeuwsma & P.C.M. Boers (1998b). Agricultural nutrient losses to surface water in the Netherlands: impact, strategies, and perspectives. Journal of Environmental Quality 27 4-11.

Mroz, Z., Jongbloed, A.W., Lenis, N. and Vreman, K. (1995). Water in pig nutrition: physiology, allowances and environmental implications. Nutrition Research Reviews 8: 137-164.

Neeteson, J.J. (1989). Assessment of fertilizer nitrogen requirement of potatoes and sugar beet. PhD thesis Agricultural University Wageningen, 141 p.

Neeteson, J.J. (1990). Waarom bij het ene gewas wel en bij het andere geen risico van nitraatuitspoeling bij stikstofbemesting volgens het huidige advies. Meststoffen 1-2 1990, 8-13.

Oenema, O., W.J. Corré & H.G. van der Meer (1999). Stikstofverliezen op beweid grasland. AB-nota 156, Wageningen, 29 p.

Oenema, O. and C.W.J. Roest (1998). Nitrogen and phosphorus losses from agriculture into surface waters; the effects of policies and measures in the Netherlands. Water Science and Technology. 37:19-30.

Oenema, O & T.A. van Dijk, T.A. (1994). Fosfaatverliezen en fosfaatoverschotten in de Nederlandse landbouw : rapport van de technische projectgroep "P-deskstudie". Ministerie van LNV, 102 p.

Oenema, O. & A. van den Pol- van Dasslaar (1999). Managing nutrient budgets of grassland farming systems; options and perspectives. p. 107-116 In: Corral A.J. (ed.) Accounting for Nutrients, a challenge for grassland farmers in the 21st century, BGS Occasional Symposium No. 33.

Prins, W.H. (1983). Limits to nitrogen fertilizer on grassland. PhD thesis Wageningen Agricultural University, 122 p.

Reijneveld, J.A. (2000) Typical Dutch: zicht op verscheidenheid binnen de Nederlandse melkveehouderij. Rapport Plant Research International 8, Wageningen.

RIVM. (1991). Nationale milieuverkenning 2. 1990-2010, Samsom Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn, 550 p

Ryden, J.C. (1983). Denitrification loss from a grassland soil in the field receiving different rates of nitrogen as ammonium nitrate. Journal of Soil Science 34, 355-365.

Schoumans, O.F., P. Groenendijk & A.N. Sharpley (2000) Modeling soil phosphorus levels and phosphorus leaching from agricultural land in the Netherlands. Journal of Environmental Quality 29, 111-116.

Schröder, J.J., P. van Asperen, G.J.M. van Dongen & F.G. Wijnands (1996). Nutrient surpluses on integrated arable farms. European Journal of Agronomy 5, 181-191.

Schröder, J.J. (1998). Towards improved nitrogen management in silage maize production on sandy soils. PhD thesis Wageningen Agricultural University, 223 p.

Schröder, J.J. (1999). Nut en noodzaak van vlinderbloemigen in de biologische akkerbouw. Samenvatting van een voordracht op het symposium 'Nutriënten Management 1999', Wageningen, november 1999. NMI.

Steenvoorden, J.H.A.M., H. Fonck & H.P. Oosterom (1986). Losses of nitrogen from intensive grassland systems by leaching and surface run-off, pp. 85-98 In: H.G. van der Meer & G.C. Ennik (eds.) Nitrogen fluxes in Intensive Grassland Systems. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.

UNFCCC (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Document FCCC/CP/1997/7/Add.1.

Veldkamp, E. & M. Keller (1997). Fertilizer-induced nitric oxide emissions from agricultural soils. Nutrient-Cycling-in-Agroecosystems 48, 69-77.

Velthof G.L., O. Oenema, J. Postmus & W.H. Prins (1990) In situ field measurements of ammonia volatilization from urea and calcium ammonium nitrate applied to grassland. Meststoffen. 1990, No. 1-2, 41-45.

Velthof, G.L., P.J. van Erp en G.M.J. de Boer (1996) Optimizing fertilizer plans for arable farming systems I. effects of fertilizer choice on the nitrogen surplus. Meststoffen 1996, 64-73.

Velthof G.L. (1997). Nitrous oxide emissions from intensively managed grasslands. PhD thesis Wageningen Agricultural University, 195 p.

Verdoes, N. & J. Zonderland (1999) Hoge ammoniakreductie mogelijk met chemische luchtwasser.Praktijkonderzoek Varkenshouderij 13: 4, 13-15.

Vereijken, P. (1997). Programmeringsstudie multifunctionele landbouw. DLO, Wageningen, 90 p.

Whitehead, D.C. & N. Raistrick (1990). Ammonia volatilization from five nitrogen compounds using as fertilizers following surface-application to soils. Journal of Soil Science 41, 387-394.

Walle, F.B. de & J. Sevenster (1998). Agriculture and the Environment. Minerals, Manure and Measures. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (etc.).
Yamulki, S., K.W.T. Goulding, C.P. Webster & R.M. Harrison (1995). Studies on NO and $N_2O$ fluxes from a wheat field. Atmospheric Environment 29, 1627-1635.

Zee, van der S.E.A.T.M., W.H. van Riemsdijk & F.A.M. de Haan (1990). Het protocol fosfaatverzadigde gronden. Deel I: Toelichting en deel II: technische uitwerking. Vakgroep Bodemkunde en Plantenvoeding, Landbouwuniversiteit Wageningen.