

G.O. Nijland
P.J.J. Veenendaal
F.M. Brouwer
M.W.L. Bovy
O.M. Knol

Onderzoekverslag 90

SYSTEEMANALYSE VAN DE AMMONIAKPROBLEMATIEK IN DE LANDBOUW



SIGN: L28-90
EX. NO: B
MLV:

November 1991

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)

552930

REFERAAT

SYSTEEMANALYSE VAN DE AMMONIAKPROBLEMATIEK IN DE LANDBOUW

Nijland, G.O., P.J.J. Veenendaal, F.M. Brouwer, M.W.L. Bovy, O.M. Knol

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1991

Onderzoekverslag 90

ISBN 90-5242-139-0

100 p., tab., fig.

Onderzoek naar de economische en productie-ecologische effecten van een drietal scenario's voor de reductie van ammoniakemissie op de agrarische sector en het milieu in Nederland. De scenario's zijn globaal gebaseerd op de visies van de volgende bij de problematiek betrokken maatschappelijke groeperingen: de overheid, het landbouwbedrijfsleven en milieubeweging. De tijdshorizon voor de scenario's is de periode 1990-2010.

Mestbeleid/Ammoniakbeleid/Scenario's/Emissiereductie/Inkomensontwikkeling/Stikstofoverschot/Areaalontwikkeling/Veestapelontwikkeling/Mestverwerkingscapaciteit

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Systeemanalyse

Systeemanalyse van de ammoniakproblematiek in de landbouw

/ G.O. Nijland ... [et al.]. - Den Haag :

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). - Fig., tab. -

(Onderzoekverslag / Landbouw-Economisch Instituut ; 90)

ISBN 90-5242-139-0

NUGI 835

Trefw.: mestproblematiek / landbouw en milieubeleid ;

Nederland.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Inhoud

	Blz.
WOORD VOORAF	5
SAMENVATTING	7
1. INLEIDING	11
1.1 De Nederlandse landbouw en de verzuringsproblematiek	11
1.2 Probleemstelling en methodiek	12
1.3 Opzet van dit rapport	15
2. TRENDS IN DE AGRARISCHE SECTOR EN HET BELEID	17
2.1 Enkele relevante trends in de landbouw	17
2.2 Terugkoppelingsmechanismen	27
2.3 Effecten van beleidsmaatregelen	30
3. BELEIDSMAATREGELEN VOOR DE PERIODE 1990-2010	33
3.1 Inleiding	33
3.2 Emissiemaatregelen	35
3.2.1 Maatregelen in stallen	35
3.2.2 Maatregelen bij mestopslag	36
3.2.3 Maatregelen bij mestaanwending	36
3.3 Mineralenbenutting	37
3.3.1 Periode van het jaar met een uitrijverbod	37
3.3.2 Mestverwerking	38
3.3.3 Norm voor veedichtheid	39
3.3.4 Norm voor maximale fosfaatbemesting	40
3.3.5 Norm voor maximale stikstofbemesting	42
3.3.6 Reductie van het stikstofgehalte in veevoer	44
3.3.7 Groenbemesters	44
3.4 Landbouwbeleid en technische ontwikkeling in de landbouw	45
3.5 Samenvatting en conclusies	46
4. ECONOMISCHE EN PRODUKTIE-ECOLOGISCHE EFFECTEN VAN DE SCENARIO'S	48
4.1 Inleiding	48
4.2 Scenario's voor de periode 1990-2010	49
4.3 De ontwikkeling van de NH ₃ -emissies en overige stikstofverliezen	55
4.4 De ontwikkeling in de benutting van stikstof	58
4.5 Het fosfaatoverschot uit dierlijke mest	59
4.6 Mestverwerkingscapaciteit	60
4.7 Ontwikkeling van de stalcapaciteit	61
4.8 De areaalontwikkeling	62
4.9 De ontwikkeling van de veestapel	63

	Blz.
4.10 De inkomensontwikkeling	63
4.11 Conclusies	65
5. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN IN HET SAL-PROJECT	68
5.1 Inleiding	68
5.2 Het gebruik van de interactieve systeembenadering	68
5.3 Regionalisering en aggregatie van het landbouw- systeem	72
6. UITGANGSPUNTEN VAN DE SUBMODELLEN	73
6.1 Inleiding	73
6.2 Het economisch submodel	74
6.2.1 Inleiding	74
6.2.2 Saldi in dierlijke en plantaardige pro- duktie	75
6.2.3 Modeloplossing en modelgedrag	82
6.3 Het produktie-ecologisch submodel	82
6.3.1 Inleiding	82
6.3.2 De stikstofkringloop	83
6.3.3 Fysieke opbrengst in de plantaardige sector	84
6.3.4 Fysieke opbrengst in de dierlijke sector	90
6.3.5 Het mineralengehalte van dierlijke mest	91
7. CONCLUSIES EN SUGGESTIES VOOR VERDER ONDERZOEK	92
7.1 Effecten van ammoniakbeleid	92
7.2 Modelbouw als methode voor beleidsonderzoek	93
7.3 Suggesties voor verder onderzoek	94
LITERATUUR	96

Woord vooraf

Dit rapport vormt de (voorlopige) afsluiting van het onderzoekproject **Systeemanalyse Landbouw (SAL)**. Dit project is in 1986 aangevangen door het Instituut voor Milieu- en Systeemanalyse (IMSA) te Amsterdam en de Vakgroep Algemene en Regionale Landbouwkunde van de Landbouwuniversiteit Wageningen (LUW). Het werd mogelijk gemaakt door een subsidie van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en door het ter beschikking stellen van personele formatie door de LUW. Aanvullende subsidies werden verkregen van de Stichting MPW, NMB Bank en Wereld Natuur Fonds Nederland. Sinds 1989, in de vervolgfase van het project, heeft ook het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) te Den Haag een belangrijk aandeel in het onderzoek gehad.

Het hierbij gepubliceerde rapport is het verslag van het in die tweede fase verrichte onderzoek. Daarin is op basis van het in de eerste fase ontwikkelde algemene systeem-analytische model van de Nederlandse landbouw de verzuringsproblematiek tot centraal thema van onderzoek gekozen. Nagegaan is welke de economische en produktie-ecologische effecten zijn van verschillende beleidsmaatregelen die beogen de ammoniakemissie terug te dringen. Bij de ontwikkeling van het model, dat de economisch en ecologisch relevante oorzaak/gevolg-relaties beschrijft, is dankbaar gebruik gemaakt van de methode van interactieve modelontwikkeling. Tijdens enkele referentenbijeenkomsten is het model in samenspraak met deskundigen uit kringen van beleid en onderzoek getoetst en zijn ook de alternatieve beleidsscenario's geformuleerd.

Op de eerste plaats gaat onze dank uit naar de genoemde financiers. Het onderzoek is inhoudelijk ondersteund door een begeleidingscommissie en referentengroepen van het Ministerie van LNV. De begeleidingscommissie bestond uit de volgende leden:

Ir. J.H. Bakker	Directie Veehouderij en Zuivel, LNV
Ir. P. Boutkan	Directie Akker- en Tuinbouw, LNV
W. van Dieren	Instituut voor Milieu- en Systeemanalyse
Prof.dr.ir. J. de Hoogh (vz)	Vakgroep Algemene Agrarische Economie, LUW
Ir. G.J. Monteny	Dienst Landbouwkundig Onderzoek, LNV
Ir. T.E. Struif-Bontkes	Vakgroep Algemene en Regionale Landbouwkunde, LUW
Dr. J.A.M. Vennix	Faculteit Soc. Wetenschappen, Gamma Informatica, Rijksuniversiteit Utrecht
Prof.dr. J.C. Zadoks	Vakgroep Fytopathologie, LUW

Daarnaast zijn diverse deskundigen individueel benaderd. Wij danken de genoemde personen en instellingen voor hun bijdragen. Daarnaast willen wij ook nog een woord van waardering uitspreken voor de personen die in het verleden een bijdrage aan het onderzoek hebben geleverd: R. de Man, P.J. Stallen, F. Verberne en K. Wieringa.

L.C. Zachariasse
Directeur LEI-DLO

W. van Dieren
Directeur IMSA

T.E. Struif-Bontkes
Vakgroep ARL, LUW

Den Haag, november 1991

Samenvatting

Het doel van dit onderzoek is om de gevolgen van maatregelen tegen de versuring voor de agrarische sector en het milieu in Nederland te ramen. De nadruk ligt daarbij op de economische en produktie-ecologische effecten van een drietal beleidscenarior's voor de reductie van ammoniakemissies. Om deze gevolgen te kunnen ramen, is ook inzicht nodig in de relatie tussen deze emissies en overige vormen van mineralenverliesen, zoals bijvoorbeeld denitrificatie, uit- en afspoeling. Dit wordt weergegeven door een zogenaamde stikstofkringloop, waarin de aanvoer, benutting, afvoer en accumulatie van stikstof in de landbouw schematisch wordt weergegeven.

Concreet zijn een drietal vragen van belang:

- Hoe kan de ammoniakproblematiek in Nederland en vormen van milieubelasting die daarmee samenhangen, verklaard worden uit de structuur en werking van de agrarische sector?
- Waar liggen aangrijpingspunten voor mogelijke beleidswijzigingen?
- Wat zijn de economische en produktie-ecologische effecten op korte en lange termijn van maatregelen om de emissies te beperken, in samenhang met overig milieubeleid en landbouwbeleid?

De Nederlandse landbouw is in deze studie beschreven als een activiteit die plaatsvindt in drie gebieden, te weten de zand-, klei- en veengebieden. Binnen de agrarische sector wordt onderscheid gemaakt naar gewasproduktie (akkerbouwgewassen, gras en snijmais) en naar dierlijke produktie (melkvee; overige graasdieren, inclusief schapen en paarden; pluimvee en varkens). De tijdshorizon voor de scenario's is de periode 1990-2010.

Invulling van de scenario's

De scenario's zijn gebaseerd op een pakket van tien beleidsmaatregelen, te weten:

- toepassing van emissiereductiemaatregelen in stallen;
- toepassing van emissiereductiemaatregelen voor mestopslag;
- toepassing van emissiereductiemaatregelen bij het aanwenden van mest;
- verlenging van de periode van het jaar met een uitrijverbod;
- capaciteit voor de verwerking van dierlijke mest;
- norm voor de veedichtheid in de grondgebonden veehouderijsector;
- norm voor de maximale fosfaatbemesting;
- norm voor de maximale stikstofbemesting;
- reductie van het stikstof- en fosfaatgehalte in veevoer;
- toepassing van groenbemesters.

Naast bovenstaande maatregelen voor het milieubeleid zijn ook een aantal andere veronderstellingen gedaan over de ontwikkeling van het markt- en prijsbeleid in de periode tussen 1990 en 2010.

Allereerst wordt verondersteld dat de prijzen van akkerbouwproducten en de dierlijke producten jaarlijks met 0,5% dalen, terwijl de prijzen van kunstmest, krachtvoer en overige variabele kosten op het niveau van 1988 blijven. Vervolgens wordt verondersteld dat de bestaande melkquotering op het niveau van 1988 gehandhaafd blijft. Slechts een deel van de stalcapaciteit die vrijkomt vanwege de veronderstelde stijging van de melkproductie per dier, wordt herbezet door de andere diersoorten. Ook is verondersteld dat het areaal beschikbaar voor de agrarische sector jaarlijks met 0,5 procent daalt.

Er is eveneens verondersteld dat de kosten voor milieuinvesteringen ten gevolge van technologische vooruitgang dalen, met uitzondering van de kosten voor mesttransport die constant blijven.

Benodigde bedrijfsbeslissingen

De boeren in de drie regio's (zand, klei en veen) moeten diverse beslissingen nemen, zoals over:

- de toedeling van het beschikbare areaal aan de gewassen;
- de toedeling van de beschikbare stalcapaciteit aan de vee-stapels;
- de inzet van kunstmest;
- de toepassing van uit kunstmest en dierlijke mest beschikbare stikstof;
- de aanwending van ruwvoer en/of krachtvoer voor graasdieren;
- het ruimen van dierlijke mest, waarbij aanwending in de regio kan plaatsvinden, mest getransporteerd kan worden naar andere regio's danwel verwerkt kan worden. Daarnaast kan de mest van pluimvee en varkens voor aanwending nog gescheiden worden in een droge en een dunne fractie.

De genoemde beslissingen zijn uitkomst van maximering van verwachte netto opbrengsten voor elk van deze gemiddelde boeren, onder een aantal randvoorwaarden, namelijk:

- het beschikbaar areaal en de beschikbare stalcapaciteit;
- ruwvoer- en mestbalansen;
- onder- en bovengrenzen aan de opname van ruwvoer door graasdieren;
- fysieke opbrengst functies voor gewassen en dieren;
- mineralenbehoefte van gewassen;
- beleidsrestricties ten aanzien van melkquotering, maar ook normen voor veedichtheid, verwerkingscapaciteit en voor de aanwending van fosfaat en stikstof op de gewasarealen.

De ontwikkeling van de emissies en overige stikstofverliezen

In het basisscenario dalen de ammoniakemissies tussen 1985 en het jaar 2010 met ongeveer 13 procent. Dit hangt samen met de daling in de omvang van de melkveehouderijsector. De vermindering van de melkveestapel met ruim 25 procent draagt in belangrijke mate bij aan de emissiereductie, terwijl de groei van de intensieve veehouderij in het basisscenario tot een stijging van de emissies uit deze sector leidt.

In het overheidsscenario daalt de emissie tussen 1985 en 2000 met ruim 60 procent, terwijl de emissies tussen 1985 en 2010 met ongeveer 68 procent afnemen. In het landbouw-bedrijfsleven-scenario worden de emissies gereduceerd met respectievelijk 55% en 60%. In het milieuscenario verminderen de emissies in het jaar 2000 en 2010 ten opzichte van 1985 met respectievelijk 79 en 83 procent.

De overige stikstofverliezen (uit- en afspoeling en denitrificatie) dalen in sterkere mate dan de ammoniakemissies. De beleidsdoelstellingen, zoals overeengekomen op de Noordzeeconferenties, om de milieubelasting van stikstof in de periode 1985-1995 te halveren, worden in het overheidsscenario niet gerealiseerd. Deze doelstelling wordt echter wel gehaald in de periode tussen 1985 en 2000. Na 1995 zullen de stikstof- en fosfaatnormen strenger worden, wat ondermeer leidt tot het verminderen van stikstofverliezen.

De inkomensgevolgen van het milieubeleid

In het basisscenario daalt het inkomen tussen 1985 en 2010 met ruim 400 miljoen gulden. De reden daarvan is de daling van de stalcapaciteit en de veronderstelde daling van de produkt prijzen met 0,5 procent per jaar.

In het overheids-, bedrijfsleven- en het milieuscenario daalt het inkomen in het jaar 2010, ten opzichte van het basisscenario, met respectievelijk 1,2 miljard, 0,3 miljard en 2,6 miljard gulden.

Ken onderscheid in kostenwijziging voor elk van de regio's wordt gemaakt in onderstaande tabel. Daarbij wordt het overheids-scenario vergeleken met het basisscenario.

Tabel 1 Kostenverschillen in 2010 (miljoen gulden) voor overheidsscenario ten opzichte van het basisscenario

	Zand	Klei	Veen	Totaal
Krachtvoer	1120	339	68	1526
N-reductie veevoer	69	8	3	80
Emissiereductie stallen	283	60	27	370
Emissiereductie uitrijden	53	15	16	85
Reductie akkerbouwopbrengst	115	38	0	154
Mestverwerking	38	0	0	38
Mesttransport	21	11	8	40
Mestscheiden	8	3	0	11
Kunstmest	-365	-130	-130	-625
Overige kosten	-432	-87	60	-460
Totaal	910	257	52	1219

De areaalontwikkeling

Het totaal landbouwareaal daalt in het milieuscenario tussen 1985 en 2010 met ongeveer 20%. Dit heeft tot gevolg dat de mogelijkheden om mest uit te rijden verminderen. Dit leidt tot een nationaal fosfaatoverschot dat slechts in beperkte mate verwerkt kan worden. Om deze reden zal ook de areaalreductie een vermindering in de stalcapaciteit tot gevolg hebben. De areaalreductie in het overheidsscenario en het bedrijfslevensscenario is respectievelijk 10 en 6 procent.

In alle scenario's verschuift het bouwplan in de richting van snijmais, ten koste van zowel gras- als akkerland. Dit is het gevolg van de verschillen in mestnormen, terwijl ook de beschikbaarheid van ruwvoer voor de graasdiersector van belang is.

Inkomenseffecten van het milieu- en landbouwbeleid

De inkomenseffecten zijn niet alleen het gevolg van het amoniakbeleid, maar worden voor een belangrijk deel ook veroorzaakt door de areaalvermindering en, zij het in mindere mate, door het fosfaatbeleid. Wanneer in het overheidsscenario verondersteld zou zijn dat het landbouwareaal niet vermindert, zou het inkomen op jaarbasis met ruim 300 miljoen gulden minder dalen en de emissies onveranderd blijven. Wanneer er in het overheidsscenario geen capaciteit beschikbaar zou zijn voor de (grootschalige) verwerking van dierlijke mest, zou het inkomen in het jaar 2000 ruim 1,1 miljard lager zijn. De reden daarvan is dat er op nationaal niveau een mineralenoverschot zou zijn vanwege de vigerende stikstof- en fosfaatnormen. Dit overschot leidt tot een zodanige vermindering van de stalcapaciteit dat de mineralen in dierlijke mest toch binnen de gestelde normen aangewend kunnen worden.

1. Inleiding

1.1 De Nederlandse landbouw en de verzuringsproblematiek

De verzuringsproblematiek is op dit moment in het onderzoek (zie bijvoorbeeld Bovenkerk et al., 1990) en in het milieubeleid (zie Tweede Kamer, 1989, 1990a) een belangrijk thema. De emissies van ammoniak (NH₃), zwaveldioxide (SO₂) en stikstofoxiden (NO_x) dragen bij aan de verzuring van de bodem en het oppervlakte- en grondwater. Deze emissies zijn vooral afkomstig uit respectievelijk landbouw, industrie en verkeer.

Sinds het begin van de jaren tachtig is het inzicht in de omvang van de ammoniakemissies uit de Nederlandse landbouw en de invloed daarvan op de verzuring snel toegenomen. Zo is nu bekend dat de NH₃-emissies in 1986 voor ongeveer 28% bijgedragen hebben aan de verzuring in Nederland (gemeten in zuurequivalenten per ha per jaar), terwijl de bijdrage door de emissies van SO₂ en NO_x respectievelijk 40% en 32% was (Tweede Kamer, 1989). Lokaal komen NH₃ waarden tot 55% voor (Erisman, 1989).

Ruim negentig procent van de ammoniakemissies wordt toegerekend aan de landbouw (inclusief de emissies die samenhangen met het gebruik van kunstmest door de landbouw), terwijl ongeveer 57% van deze emissies afkomstig zijn uit de rundveehouderij.

De depositie van verzurende stoffen in Nederland is ten dele afkomstig van emissies uit het buitenland, terwijl een deel van de emissies uit Nederland in het buitenland als verzurende stof neerslaat. De rol van NH₃ verschilt hierbij echter van die van SO₂ en NO_x. De verzurende depositie uit de emissies van SO₂ en NO_x blijkt namelijk voor het merendeel afkomstig te zijn uit het buitenland (respectievelijk 80% en 65%), terwijl de depositie door NH₃ voor 75% het gevolg is van nationale bronnen. Overigens gaat ongeveer 85% van de Nederlandse verzurende emissies naar het buitenland. De bijdrage van ammoniak uit Nederlandse bronnen aan de verzuring in Nederland ligt in de orde van grootte van 20%.

Het overheidsbeleid is er op gericht om de emissies van NH₃, SO₂ en NO_x in gelijke mate te reduceren. Voor het realiseren van een reductie in NH₃-emissies wordt een nationaal beleid ontwikkeld. Gelijktijdig worden er maatregelen genomen om de mestoverschotten en schadelijke mineralenverliezen in de landbouw, zoals uit- en afspoeling van nitraat en de accumulatie van fosfaat in de bodem te verminderen.

In toenemende mate wordt het beleid ten aanzien van de reductie van NH₃-emissies en mineralenverliezen in onderlinge samenhang ontwikkeld, omdat de invloeden van beleidsmaatregelen op elk van deze terreinen sterk met elkaar samenhangen. Op deze manier kunnen mogelijke mechanismen om milieuproblemen af te wentelen op andere milieucompartmenten, zichtbaar gemaakt worden.

Niet alleen voor de ammoniak, maar ook voor de andere emissies zijn reductiedoelstellingen geformuleerd. In internationaal verband zijn er in de afgelopen jaren een aantal afspraken gemaakt om te komen tot een reductie van SO₂- en NO_x-emissies. In 1985 is er in het kader van de Economische Commissie voor Europa (ECE) van de Verenigde Naties door 32 landen (waaronder de EG-lidstaten, USA en Canada) een protocol ondertekend met de afspraak om de SO₂ emissies uiterlijk in 1993 met dertig procent verminderd te hebben. Als referentiekader voor de bepaling van de totale reductieomvang voor een land dient het emissieniveau van 1980. Daarnaast is er in 1988 in Sofia een protocol ondertekend waarin afgesproken is dat de emissies van NO_x in 1994 niet hoger zijn dan het niveau in 1987 of een te kiezen jaar daarvoor, terwijl daarnaast eveneens het gemiddeld emissieniveau over de periode 1987-1994 niet hoger dient te zijn dan het niveau in het jaar 1987 (ECE, 1988). In het Nationaal Milieubeleidsplan is een emissiereductiedoelstelling voor Nederland in het jaar 2000 opgenomen. De emissies van NH₃, SO₂ en NO_x dienen, ten opzichte van het niveau in 1980, met respectievelijk zeventig procent, tachtig procent en vijftig procent gereduceerd te zijn, terwijl de ammoniakemissies in 1994 met dertig procent gereduceerd moeten zijn. In dit kader zijn ook de afspraken van de in 1987 en 1990 gehouden Noordzee-conferenties van belang, die er op gericht zijn om de milieubelasting van de Noordzee door mineralen en zware metalen te verminderen. Zo zal in 1995 de milieubelasting door ondermeer stikstof en fosfaat, in vergelijking tot het niveau in 1985, gehalveerd moeten zijn.

1.2 Probleemstelling en methodiek

Het voorliggende rapport beoogt inzicht te verschaffen in de mogelijke effecten van maatregelen tegen de verzuring op de agrarische sector en het milieu in Nederland. Hierbij ligt de nadruk op de economische en produktie-ecologische effecten van een drietal beleidsscenario's voor de reductie van ammoniakemissies. Om deze gevolgen te kunnen ramen, is eveneens inzicht nodig in de relatie tussen deze emissies en overige vormen van mineralenverliezen, zoals bijvoorbeeld denitrificatie, uit- en afspoeling. Dit zal in deze notitie weergegeven worden door een zogenaamde stikstofkringloop. In een stikstofkringloop wordt de aanvoer, benutting, afvoer en accumulatie hiervan in de landbouw, schematisch weergegeven. Naast een stikstofkringloop zijn ook kringlopen voor de mineralen fosfor en kali van belang. Aangezien deze studie zich met name richt op de vermindering van NH₃-emissies, zal echter alleen de kringloop van stikstof besproken worden. De benutting van de aangewende mineralen (via kunstmest, krachtvoer en exogene depositie van buiten de landbouw) in de plantaardige en dierlijke sector, is daarbij van groot belang. Concreet zijn er een drietal vragen van belang:

- Hoe kan de ammoniakproblematiek in Nederland en vormen van milieubelasting die daarmee samenhangen, verklaard worden uit de structuur en werking van de agrarische sector?
- Waar liggen aangrijpingspunten voor mogelijke beleidswijzigingen?
- Wat zijn de produktie-ecologische en economische effecten op korte en lange termijn van maatregelen om de emissies te beperken, in samenhang met overig milieubeleid en landbouwbeleid?

Deze vragen worden onderzocht door middel van een analyse van de effecten van een drietal scenario's voor emissiereductie, die globaal gebaseerd zijn op de visies van een aantal bij de problematiek betrokken maatschappelijke groeperingen. Hierbij worden de visies van de overheid, het landbouwbedrijfsleven en milieubeweging onderscheiden. De studie beoogt de effecten van deze scenario's voor de werking van het gehele landbouwsysteem te verkennen, waarbij de gevolgen van de maatregelen voor de grondgebonden activiteiten (gewasproduktie en grondgebonden veehouderij) en de intensieve veehouderij (pluimvee- en varkenssector, welke in Nederland voornamelijk niet-grondgebonden activiteiten zijn) geraamd zullen worden. De scenarioresultaten zullen vooral gezien moeten worden als een verkenning van mogelijke knelpunten en beleidsopties in de agrarische sector. Deze scenarioresultaten zullen vergeleken worden met een basisscenario, dat een referentiepunt vormt voor de overige scenario's. De tijdshorizon voor de scenario's is de periode 1990-2010.

In een eerder stadium van het SAL project is een simulatiemodel voor de Nederlandse landbouw ontwikkeld dat gebaseerd is op de principes van de systeemdynamica. De achtergrond van dit model is beschreven in Knol et al. (1987), en vormde de basis voor de huidige fase. Het in de eerste fase ontwikkelde dynamische model bestaat uit gedragsvergelijkingen die de primaire produktiecycli in het landbouwsysteem beschrijven. Daarnaast zijn in dit SAL 1-model bedrijfseconomische-, marktordeningsprincipes en het milieubeleid als aparte componenten opgenomen.

Om een aantal redenen is er besloten om de beleidstoepassing van het SAL 2-model allereerst toe te spitsen op de mogelijke consequenties van milieumaatregelen voor de verzuring, en daarnaast het model te desaggregeren (door regionalisering van de agrarische sector naar grondsoort en de invoering van een aantal ter zake relevante dierlijke en plantaardige produkten). Hier hebben een drietal argumenten bij meegespeeld.

- (1) Deze keuze is allereerst gedaan om met het model effectief aan te kunnen sluiten bij bestaande beleidsvragen van de overheid.
- (2) Daarnaast is dit thema ook gekozen omdat de voorgestelde beleidsmaatregelen er op gericht zijn om op relatief korte termijn (binnen tien jaar) aanzienlijke reducties in de am-

- moniakemissies te bereiken. Dit zal grote veranderingen in de bedrijfsvoering tot gevolg hebben.
- (3) Een andere belangrijke reden was dat er ondanks de strakke tijdfasering van de geformuleerde beleidsdoelstellingen nog grote onzekerheid bestaat omtrent de aard en omvang van zowel de produktie-ecologische als de economische effecten (en de samenhang daartussen) op langere termijn die het gevolg zijn van de diverse beleidsvoornemens. In dit opzicht bestond er eveneens behoefte om inzicht te verschaffen in de mogelijke wijzigingen van de relaties tussen de grondgebonden en niet-grondgebonden activiteiten bij toekomstig milieubeleid.

De Nederlandse landbouw is in deze studie beschreven als een activiteit die plaatsvindt in drie gebieden, te weten de zand-, klei- en veengebieden. Deze indeling naar grondsoort is gekozen omdat zowel de landbouwactiviteiten, de financiële positie van de verschillende sectoren, als de aard en omvang van de verzuring- en mestproblematiek verschillen vertonen tussen deze gebieden. Dit geldt onder andere voor de concentratie van de intensieve veehouderij in de zandgebieden en voor een aantal bodemprocessen die belangrijk zijn in de verzuringketen, zoals nitraatuitspoeling naar het grondwater en denitrificatie. Inzicht in de financiële positie van de verschillende sectoren is van belang voor de draagkracht van de bedrijven om toekomstig milieubeleid te kunnen realiseren. Voor diverse beleidsmaatregelen wordt er in de fase-ring van het milieubeleid ook een onderscheid gemaakt naar deze gebieden. De agrarische sector wordt daarnaast onderscheiden naar gewasproduktie (akkerbouwgewassen, gras en snijmais) en naar dierlijke produktie (melkvee; overige graasdieren, inclusief schapen en paarden; pluimvee en varkens). Inzicht in de aard en intensiteit van de plantaardige produktie is onder andere van belang in verband met de mogelijkheden voor mestaanwending en voor het aanbod van ruwvoer, terwijl het onderscheid in de vier genoemde dierlijke sectoren onder andere van belang is in verband met verschillen qua voederconversie, mestproduktie en -samenstelling.

De beperking tot de rol van ammoniakemissies betekent onder andere dat de bijdrage van de agrarische sector aan de nationale emissies van SO₂ en NO_x en daarmee aan de verzuring, noch de schade aan landbouwgewassen door luchtverontreiniging in deze studie nader geanalyseerd worden. Het aandeel van de landbouw en agribusiness in de nationale emissies van SO₂ en NO_x in 1980, voor zover deze toegerekend kunnen worden aan industriële activiteiten, is geraamd op respectievelijk 6,5% en 12,5% (Verhoog, 1990). Vermindering van de milieukwaliteit is daarnaast ook van invloed op de gewasopbrengst in de agrarische sector. De emissies van ozon (O₃), SO₂ en waterstoffluoride (HF) leiden in Nederland namelijk tot een gemiddelde oogstreductie van in totaal ongeveer

vijf procent (Van der Kerden et al., 1987). Ook deze invloed is niet in de analyse opgenomen.

1.3 Opzet van dit rapport

Bij dit onderzoek hebben twee vraagstellingen centraal gestaan. Naast de inhoudelijke vraagstelling betreffende de economische en produktie-ecologische effecten van milieubeleid in de landbouw was ook de vraag naar de bruikbaarheid van modelbouw volgens de methode van interactieve systeemanalyse bij het beantwoorden van dit soort vragen aan de orde. Om de aandacht te vestigen op deze tweezijdige aanpak en te voorkomen dat het methodologische deel werktuigelijk wordt overgeslagen is in dit rapport voor een onconventionele opbouw gekozen, waarbij de inhoudelijke resultaten voor de beschrijving van de modelbouw geplaatst zijn.

Allereerst worden ter oriëntatie op de huidige omvang van NH₃-emissies en mineralengebruik in hoofdstuk 2 een aantal ontwikkelingen en relevante terugkoppelingsmechanismen binnen de agrarische sector sinds het begin van de jaren zeventig beschreven. De beschrijving zal zich beperken tot trends in een aantal variabelen die van belang zijn voor de scenario's, zoals (i) arealen van de verschillende gewassen, (ii) de samenstelling en omvang van de veestapel, (iii) de veedichtheid van de grondgebonden veehouderij, (iv) de relatie tussen de stikstofgift en de stikstofopname alsmede de verhouding tussen het stikstofgehalte in mengvoeders en ruwvoer en de geproduceerde produkten in de landbouw. Enige relevante terugkoppelingsmechanismen tussen deze indicatoren worden eveneens toegelicht in hoofdstuk 2. Tenslotte wordt in dit hoofdstuk in het kort een overzicht gegeven van recentelijk verschenen studies naar de effecten van milieumaatregelen ter beperking van de NH₃-emissies, mestoverschotten en mineralenverliezen.

De drie scenario's voor de periode 1990-2010 (een overheids-scenario, een landbouw-bedrijfslevensscenario en een milieuscenario) worden in hoofdstuk 3 beschreven aan de hand van een tiental voorgestelde beleidsmaatregelen die per scenario kwantitatief ingevuld worden. In de scenario's worden vervolgens ook aannames gedaan omtrent het markt- en prijsbeleid (melkquotering en produktprijs) en areaalontwikkeling in de landbouw.

Modelresultaten met de belangrijkste economische en produktie-ecologische effecten van de scenario's worden vervolgens beschreven in hoofdstuk 4. In de produktie-ecologische component ligt de nadruk op veranderingen in de stikstofkringloop (aan- en afvoer van mineralen, depositie, uit- en afspoeling en denitrificatie), inclusief de omzettingsprocessen van stikstof in bodem, gewas en veesoort bij de verschillende beleidsvarianten. De economische component gaat met name in op de mogelijke substitutieprocessen tussen de veehouderijsectoren en tussen de drie gewas-

groepen die plaats kunnen vinden als gevolg van veranderende kostenverhoudingen in de verschillende sectoren.

Vervolgens zijn ook de gevolgen voor het inkomen in de agrarische sector van de drie scenario's in het economisch submodel geraamd.

De hoofdstukken 5 en 6 zijn voornamelijk methodologisch van aard. In hoofdstuk 5 worden een aantal algemene uitgangspunten in het project besproken. Allereerst wordt er in paragraaf 5.2 ingegaan op het gebruik van de interactieve systeembenadering en de forummethode in vergelijking tot andere methodes waarbij beleidsmakers nauw betrokken zijn bij de uitvoering van een onderzoek. Hierbij wordt ingegaan op het gebruik van zogenaamde "policy-exercises" om mogelijke beleidsopties in samenspraak met beleidsmakers en onderzoekers te verkennen, en relevante onderzoeksvragen en monitoringprogramma's te formuleren.

In paragraaf 5.3 wordt aandacht besteed aan mogelijke gevolgen van de gemaakte keuzes ten aanzien van regionalisering en aggregatie. Deze keuzes blijken onder andere van belang te zijn voor de beschikbare beslissingsruimte in de agrarische sector.

Een verantwoording van een aantal belangrijke aannames en uitgangspunten in de afzonderlijke modules (economisch, productie-ecologisch en beleidssubmodel) wordt gegeven in hoofdstuk 6.

Het rapport wordt in hoofdstuk 7 afgesloten met enige samenvattende algemene conclusies van deze studie en enkele suggesties voor verder onderzoek.

2. Trends in de agrarische sector en het beleid

2.1 Enkele relevante trends in de landbouw

Het bouwplan (in termen van arealen voor de drie gewasgroepen), de grondsoort, de omvang en samenstelling van de veestapel, en de hiermee samenhangende veedichtheid van de grondgebonden veehouderij zijn belangrijke kenmerken bij het realiseren van een milieubeleid dat gericht is op de vermindering van mineralenverliezen. Hiervoor zijn een aantal redenen. Zo zijn er in een aantal beleidsvoorstellen verschillende normen voorgesteld voor de aanwending van fosfaat en stikstof uit organische mest en/of kunstmest voor de gewasgroepen akkerbouw, gras en snijmais. Deze normen kunnen ook verschillen naar grondsoort (zand- en klei-/veengebieden). Ook de benutting van mineralen verschilt aanzienlijk in de gewassen en diersoorten. Daarnaast zijn de economische mogelijkheden voor de afzet van mest in tekortgebieden danwel via grootschalige mestverwerking ondermeer afhankelijk van het soort mest (mineralengehalte, droge stofgehalte), terwijl de veestapelomvang, de veedichtheid en het bouwplan belangrijke kenmerken zijn voor het eventueel optreden van mestoverschotten in een regio 1). Het bouwplan bepaalt namelijk in belangrijke mate in hoeverre eventuele mestoverschotten binnen de eigen regio aangevend kunnen worden, rekening houdend met de randvoorwaarden die er door het milieubeleid gesteld worden.

Om deze redenen worden hier allereerst een aantal relevante ontwikkelingen in de agrarische sector sinds het begin van de

-
- 1) Het mestoverschot is in het huidige landbouwbeleid gedefinieerd als de hoeveelheid mest die niet op het eigen bedrijf aangewend kan worden, rekening houdend met ge- en verboden in de Mestwetgeving. Deze overschotmest kan dan of door distributie binnen danwel buiten de regio afgezet worden, of door grootschalige fabrieken verwerkt worden. In het kader van dit rapport wordt uitsluitend over eventuele overschotten op regionaal niveau gesproken, zodat er geen modeluitspraken op bedrijfsniveau, maar op sector/regionaal niveau gedaan worden. Er is dus in wezen in elk van de drie regio's sprake van één boer, die het gemiddelde bouwplan in een regio weergeeft. In dit kader is ook de veronderstelling van belang dat er per regio sprake is van een acceptatiegraad van dierlijke mest van 100%. Een raming van het mestoverschot in deze modelaanpak zal daarom dan ook aanzienlijk kunnen verschillen van andere studies waarin het mestoverschot op bedrijfsniveau geraamd wordt.

jaren zeventig toegelicht. In figuur 2.1 staat de verdeling van het beschikbare areaal tussen 1971 en 1988 over de gewasgroepen akkerbouw, gras en snijmais, achtereenvolgens in de zand-, klei- en veengebieden. De zandgebieden vormen ongeveer vijftig procent van het totale landbouwareaal in Nederland, terwijl de klei- en veengebieden respectievelijk 35% en 15% van het landbouwareaal bevatten. Tussen 1971 en 1986 is het areaal voor akkerbouwgewassen op de zandgronden met ongeveer honderd duizend ha afgenomen, wat een daling van ruim 35% betekende, gevolgd door een lichte stijging in de daaropvolgende jaren. Daarnaast is het areaal grasland in de zandgebieden tussen 1971 en 1988 jaarlijks gemiddeld met achtduizend ha verminderd (een reductie van in totaal twintig procent). Snijmais wordt voornamelijk verbouwd in de zandgebieden en het areaal voor dit gewas is in deze regio sinds 1971 jaarlijks met gemiddeld negen duizend ha toegenomen tot ruim 160000 ha in 1988. De beschikbaarheid van ruwvoer is daarmee verruimd, terwijl het areaal snijmais in het recente verleden mede gebruikt is voor het aanwenden van grote hoeveelheden organische mest. De stikstofgift door organische mest kan op het snijmaisareaal tot duizend kg per ha oplopen. Bij dit gewas blijken er geen directe nadelige effecten op te treden bij een stikstofgift die aanzienlijk hoger is dan de gewasonttrekking. Het areaal voor akkerbouwgewassen is in de klei- en veengebieden gedurende deze periode eveneens verminderd, zij het in mindere mate dan in de zandgebieden. Tenslotte moet nog opgemerkt worden dat de omvang van de snijmaisteelt en akkerbouw in de veengebieden marginaal is vanwege de specifieke bodemfysische en bodemchemische kenmerken die deze gebieden vooral geschikt maken voor gras.

De veestapelomvang geeft een indicatie van de regionale mest- en mineralenproductie en de daarmee samenhangende ammoniakemissies. De totale omvang en samenstelling van de veestapel in de drie regio's tussen 1971 en 1988 is grafisch weergegeven in figuur 2.2. Hierbij is de veestapel onderscheiden naar melkkoeien, overige graasdieren, pluimvee en varkens, en wordt weergegeven in berekende diereenheden (bde). Deze maat geeft de energiebehoefte per dier aan (en daarmee in belangrijke mate ook de voederbehoefte). Op deze manier kunnen de verschillende diersoorten vanwege de aggregatie tot de vier dierlijke sectoren beter met elkaar vergeleken worden dan wanneer dit weergegeven is in aantallen dieren. De omvang van de veestapel in de zandgebieden vormt (gemeten in bde) ongeveer zeventig procent van de totale veestapel in Nederland, terwijl de klei- en de veengebieden beide ongeveer vijftien procent van de nationale veestapel bevatten. De omvang van de grondgebonden veehouderij in de zand-, klei- en veengebieden vertoont na 1984 als gevolg van de melkcontingentering een dalende trend. De intensieve veehouderij (en in het bijzonder de varkenshouderij) neemt in deze tijd qua omvang nog verder toe. Tussen 1987 en 1988 is de omvang van de intensieve veehouderij in de drie regio's echter voor het eerst verminderd. De grootste stijging in de varkenshouderij heeft echter op de zand-

gebieden plaatsgevonden. Het volumeaandeel van de varkenshouderij in de totale veestapelomvang (weergegeven in bde's) nam op de zandgebieden namelijk toe van ruim twintig procent in 1971 tot ruim veertig procent in 1988.

Tussen 1980 en 1986 zijn de NH₃-emissies in geringe mate (met ongeveer twee procent) gestegen. Terwijl de emissies aan de ene kant in de melkveehouderij afgenomen zijn als gevolg van de melkcontingentering, zijn gedurende deze periode vooral de emissies in de varkenshouderij toegenomen, als gevolg van een stijging van de veestapelomvang in deze sector met ruim dertig procent.

De veedichtheid voor de grondgebonden veehouderij (aantal dieren in bde per hectare grasland) in de drie regio's is gegeven in figuur 2.3 en geeft een indicatie van de nitraatbelasting van het oppervlaktewater en van de mogelijkheden om het regionale mestaanbod binnen de regio op het graslandareaal aan te wenden. De veedichtheid is gebaseerd op de graasdieren (melkkoeien en overige graasdieren). In de "beleidsvoornemen"-versie van de Structuurnota Landbouw is als een mogelijke graasdiernorm een grens van drie melkkoeien per ha grasland op een bedrijf genoemd. Dit komt overeen met ongeveer 3,5 bde. Deze norm is op het niveau van de hier onderscheiden regio's alleen in het midden der tachtiger jaren op de zandgebieden overschreden.

Het bemestingsniveau van de gewassen door kunstmest en dierlijke mest (in kg N per ha per jaar) in vergelijking tot de stikstofopname door de gewassen (in het netto-produkt, de gewasresten en oogstverliezen) is een indicator voor het optreden van een mineralenoverschot bij de gewasproductie. Een analoge indicator voor de dierlijke produktie is de aanvoer van mineralen via ruwvoer en krachtvoer in vergelijking tot de afvoer van mineralen via de dierlijke produktie (inclusief het slachtafval dat voor een belangrijk deel weer gebruikt wordt in de veevoerindustrie). De eventuele stikstofoverschotten kunnen verloren gaan bij de uit- en afspoeling van nitraat naar het grond- en oppervlaktewater, door denitrificatie of door NH₃-emissies.

In figuur 2.4 wordt de aanvoer van stikstof in 1985, via kunstmest, krachtvoer en de exogene depositie van stikstof uit NO_x en NH₃, vergeleken met de benutting daarvan in de plantaardige en dierlijke sectoren. Per jaar wordt ongeveer 1050 kton N aangevoerd, terwijl ongeveer 270 kton N via produkten afgevoerd wordt, inclusief het slachtafval van de dierlijke sector. De rest wordt tot het stikstofoverschot gerekend en bestaat ondermeer uit gewasresten, oogstverliezen van de plantaardige produktie, en uit mest en urine van de dierlijke produktie. In deze figuur is geen rekening gehouden met de naar schatting 41 kton N die jaarlijks in de bodem accumuleert (Olsthoorn, 1989).

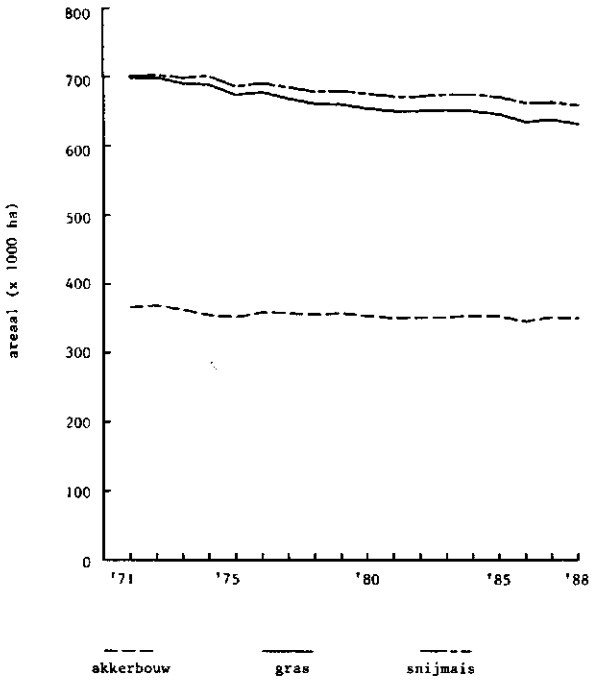
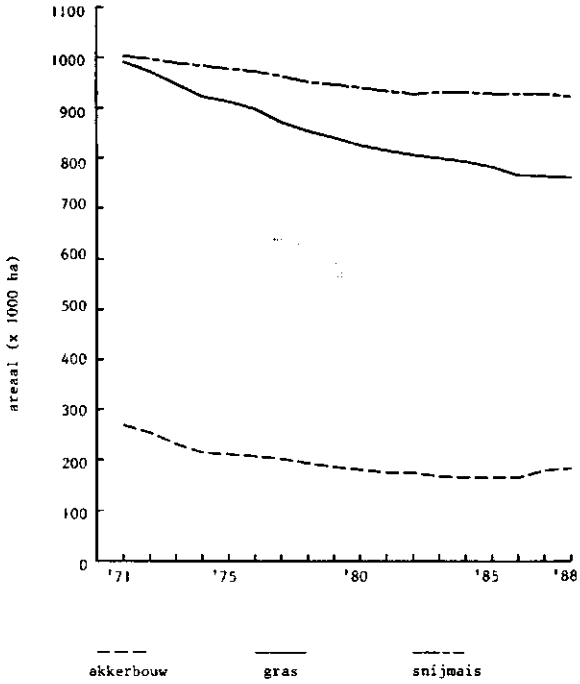
De dierlijke mest die niet direct bijdraagt aan de gewasproductie, komt voor een deel in een later stadium hiervoor beschikbaar. Bij een juiste bemesting kan het stikstofoverschot dat volgens een raming uit het LEI-Boekhoudnet op het graslandareaal in

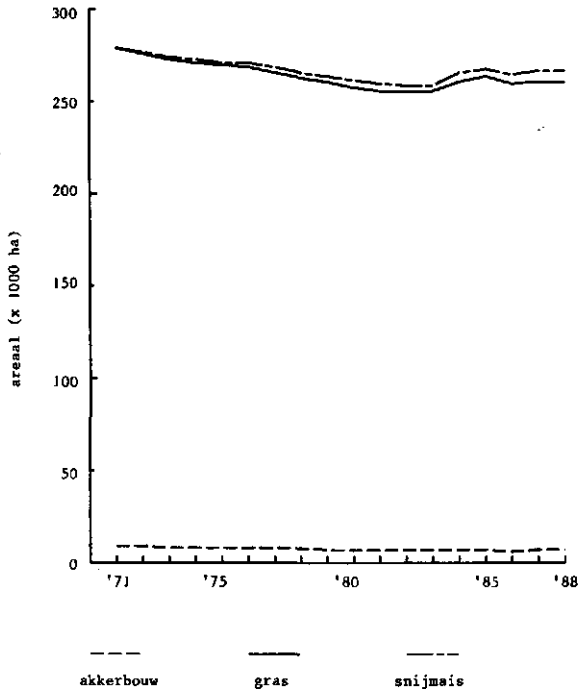
de kleigebieden, gemiddeld ongeveer driehonderd kg per ha per jaar is, verminderd worden. Het probleem bij stikstof is echter dat dit vanwege de grote mobiliteit moeilijk behouden kan worden in de bodem, zodat ook bij een totale hoeveelheid beschikbare stikstof van bijvoorbeeld 350 kg mogelijk slechts de helft door het gewas opgenomen wordt. Aanzienlijke reducties in de mineralengift geven daarnaast ook risico's van opbrengstderving, zodat een stikstofgift op minimaal het huidig bemestingsadvies een vorm van risicomijding voor het agrarisch bedrijf is. In de praktijk ligt het gebruik van stikstof ongeveer 25% boven het bemestingsadvies van de landbouwvoorlichting (zie ook Van Biezen en Hooger-vorst, 1989). Het gebruik van kunstmest heeft niet alleen tot doel om een maximale fysieke produktie te behalen, maar ook om de produktie van het gewas beter over het seizoen te verdelen. Dit laatste geldt in het bijzonder voor de produktie van gras. Stikstofverliezen kunnen beperkt worden door onder andere aanpassingen in het bouwplan, zoals het inzaaien van groenbemesters. In dat geval zal de stikstofopname door de gewassen namelijk groter worden, zodat de verliezen door uitspoeling en denitrificatie verminderen. Groenbemesters houden gemiddeld 40 tot 100 kg stikstof per hectare per jaar vast.

De efficiency van het mineralengebruik via mengvoeders, ofwel de mineralenbenutting in de intensieve veehouderij, gedefinieerd als de hoeveelheid stikstof in het krachtvoer in verhouding tot het stikstof-equivalent in de geproduceerde produkten, is daarnaast een belangrijke indicator voor het optreden van mineralenverliezen in de dierlijke sector. Het deel van de stikstof dat via urine en mest uitgescheiden wordt, wordt tot de mineralenverliezen in de dierlijke sector gerekend. Een deel van de stikstof in urine en mest wordt overigens in een later stadium weer opgenomen door de gewassen, voornamelijk via het uitrijden van mest op het landbouwareaal en door de mestproduktie gedurende de weideperiode. In tabel 2.1 wordt het stikstofniveau in krachtvoer van de varkenshouderij gerelateerd aan het stikstofequivalent van het geproduceerde varkensvlees en het slachtafval.

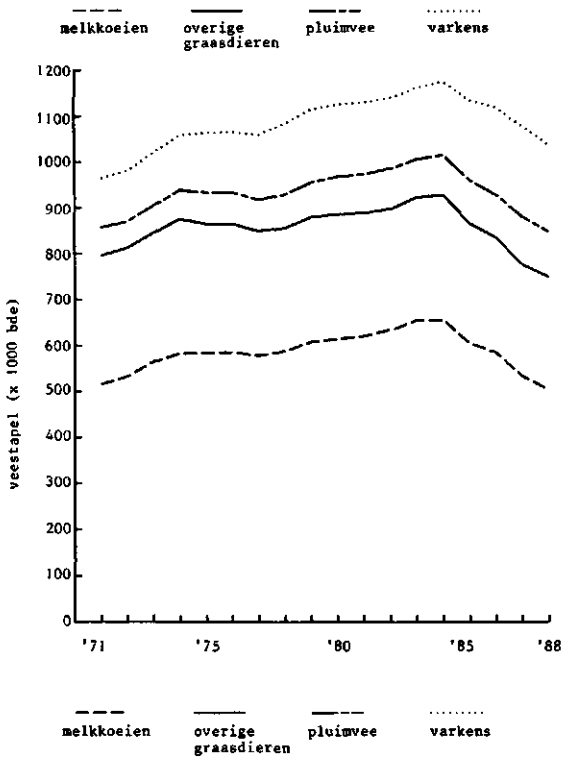
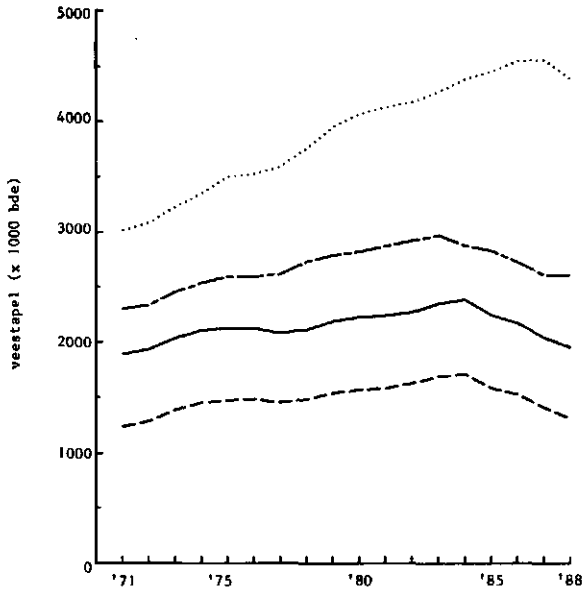
Ongeveer 20% van de stikstof welke via krachtvoer beschikbaar komt in deze sector, wordt omgezet in vlees (Olsthoorn, 1990), terwijl het overige in het slachtafval, de mest en urine komt. Als gevolg van het feit dat de intensieve veehouderij in Nederland vooral gezien kan worden als een activiteit die niet aan grond gebonden is, zodat mest niet op het eigen bedrijf aangewend kan worden, is er sprake van mineralen- en mestoverschotten op deze bedrijven. Dit proces komt vooral voor op zandgrond en hangt samen met de sterke concentratie en groei van de intensieve veehouderijsector in de zandgebieden. De belangrijkste stijging in het mineralenoverschot heeft dan ook plaatsgevonden in de zandgebieden, waar tussen 1975 en 1987 de omvang van de varkensstapel ongeveer verdubbeld is.

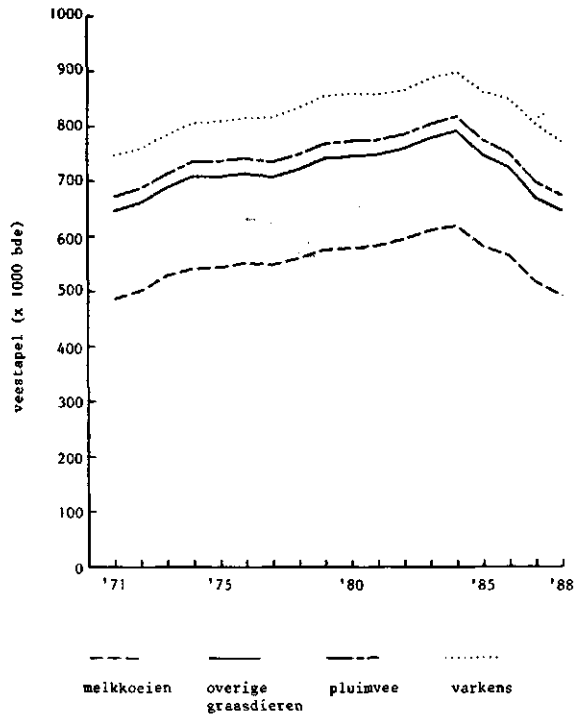
De mineralenbenutting, de verhouding tussen de mineralen die in het vlees en het slachtafval zitten en de mineralen in het krachtvoer, ligt daarmee volgens bovenstaande tabel in de varkenshouderij op een niveau van ongeveer 26%.



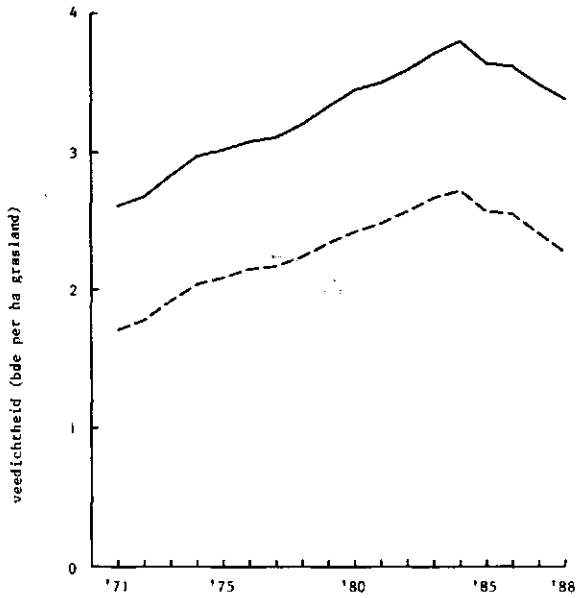


Figuur 2.1 Het beschikbare areaal landbouwgrond tussen 1971 en 1988, verdeeld over het grondgebruik voor de gewasgroepen akkerbouw, gras en snijmais, respectievelijk in de zand-, klei- en veengebieden (cumulatief, in 1000 ha)

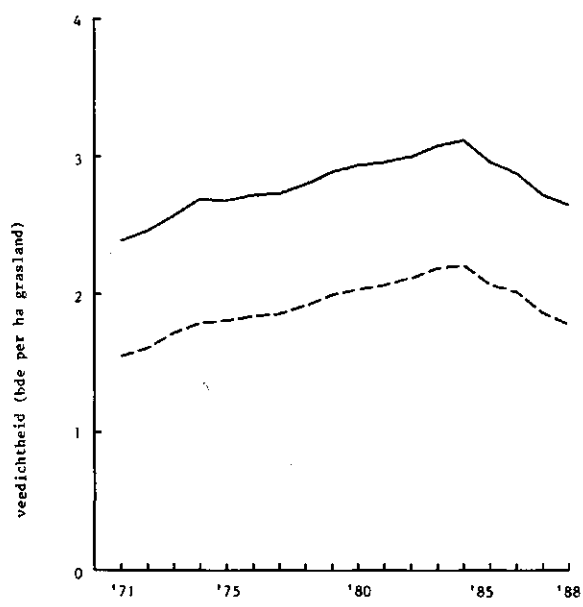




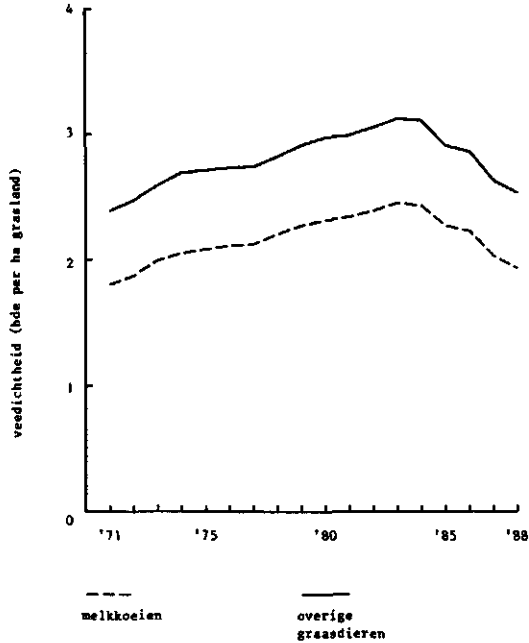
Figuur 2.2 Totale omvang van de veestapel, verdeeld over de vier dierlijke sectoren (melkkoeien, overige graasdieren, pluimvee en varkens) respectievelijk in de sand-, klei- en veengebieden (cumulatief, in 1000 bde)



--- melkkoeien — overige graasdieren



--- melkkoeien — overige graasdieren



Figuur 2.3 Veedichtheid voor de grondgebonden veehouderij (aantallen graasdieren, in bde per hectare grasland) in sand-, klei- en veengebieden (cumulatief)

Aanvoer mineralen (kton N)		Afvoer mineralen (kton N)	
Gebruik krachtvoer	474	Akkerbouwprodukten	90
Gebruik kunstmest	527	Dierlijke produktie	155
Akkerbouw	77	Rundvee	90
Grasland	430	Pluinvee	29
Snijmais	20	Varkens	36
Exogene depositie	56	Slachtafval	29
		Rundvee	8
		Pluinvee	10
		Varkens	11
		Mineralenoverschot	783
		Externe depositie	169
		Overig mineralenverlies	614
-----		-----	
Totaal	1057		1057

Figuur 2.4 Raming van de benutting van stikstof in de agrarische sector in 1985, weergegeven in kton N

Tabel 2.1 De totale hoeveelheid beschikbare stikstof uit krachtvoer in de varkenshouderij en de aanwezige stikstof in varkensvlees tussen 1975 en 1987 (in kton N per jaar) (raming op grond van model simulatie)

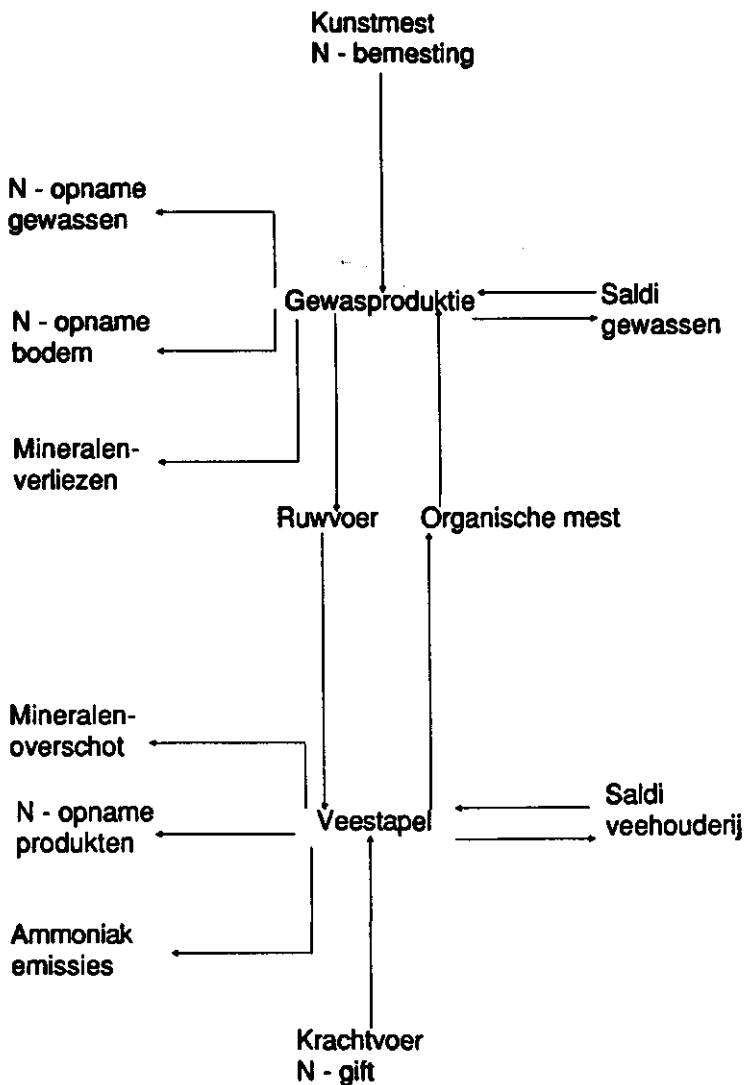
Jaar	Krachtvoer	Vlees	Slachtafval	Mineralenoverschot
1975	130	27	9	94
1980	176	34	11	131
1987	219	45	15	159

2.2 Terugkoppelingsmechanismen

De hierboven beschreven trends in de agrarische sector hangen samen met een aantal terugkoppelingsmechanismen, die eveneens van belang zijn in het kader van een beschrijving van de verzuringsproblematiek. Vertragingen in de tijd spelen hierbij een belangrijke rol.

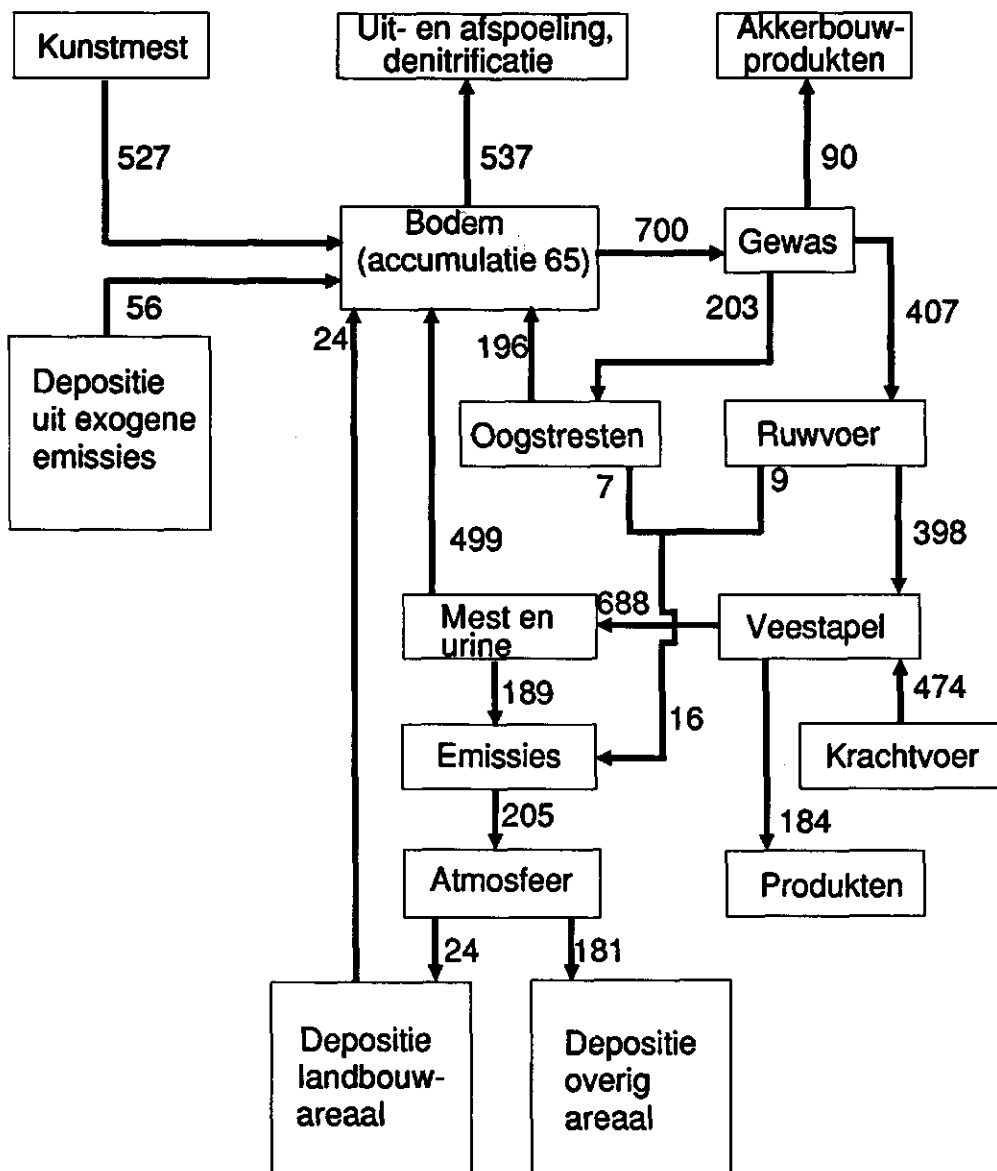
Ook de ontwikkeling in de dierlijke en plantaardige sectoren hangen met elkaar samen, onder meer via het aanbod van ruwvoer vanuit de plantaardige sector en de benutting daarvan in de dierlijke sector, en daarnaast ook via het aanbod van mest uit de dierlijke sector en de mogelijkheden tot aanwending daarvan in de plantaardige sector. In figuur 2.5 worden een aantal ontwikkelingstrends in de agrarische sector samengevat, welke van belang zijn voor het optreden van mineralen- en mestoverschotten en daarmee bijdragen aan de verzuringsproblematiek. Kunstmest en krachtvoer zijn de inputs die voornamelijk buiten het bedrijfsstelsel geproduceerd worden. Zo wordt in Nederland ongeveer 85% van het krachtvoergebruik geïmporteerd. Vanwege de relatieve kostenvoordelen is het gebruik van vooral mengvoeders in de intensieve veehouderij sterk gestegen en sinds 1970 ongeveer verdubbeld. Het stikstofgebruik via kunstmest is op dit moment ongeveer 250 kg per ha landbouwareaal per jaar, wat iets hoger is dan de aanwending van stikstof via dierlijke mest. Het totaal verbruik van ruwvoer en krachtvoer in Nederland is ongeveer 31 miljard kVEM, waarvan bijna zestig procent gebaseerd is op krachtvoerders. Het totaal krachtvoergebruik bevat ongeveer 500 miljoen kg stikstof (Olsthoorn, 1989). Het overige deel bestaat uit ruwvoerders welke bestemd zijn voor melkkoeien en overige graasdieren (LEI, 1989).

Terugkoppelingsmechanismen komen eveneens tot uitdrukking in de mineralenkringloop. In figuur 2.6 wordt een raming gegeven van de aan- en afvoer van stikstof in de Nederlandse landbouw voor het jaar 1985, inclusief de benutting van deze mineralen in de dierlijke en plantaardige sector. Deze raming beoogt vooral de orde van grootte van de problematiek aan te geven.



Figuur 2.5 Een aantal terugkoppelingsmechanismen (ruwvoer/krachtvoer, organische mest/kunstmest) binnen de agrarische sector

Een deel van de akkerbouwproducten en het slachtafval in de dierlijke productie gaat als interne levering naar krachtvoer. Beide stromen zijn ongeveer dertig kton N per jaar. Deze stromen zijn niet apart opgenomen in figuur 2.6, maar maken deel uit van de krachtvoercomponent.



Figuur 2.6 *Raming van de stikstofkringloop binnen de agrarische sector in 1985 (in kton N per jaar) (gedeeltelijk naar Aarts et al., 1988)*

2.3 Effecten van beleidsmaatregelen

Recentelijk zijn er een aantal studies gepubliceerd waarin de mogelijkheden voor en kosten van een beperking van ammoniakemissies in de landbouw geanalyseerd worden. De mogelijkheden voor en kosten van de beperking van regionale en nationale ammoniakemissies uit dierlijke mest zijn gegeven in Oudendag en Wijnands (1989). Een emissiereductie van ruim vijftig procent lijkt technisch en financieel haalbaar door aanpassingen bij voeding en mestaanwending. Maatregelen bij de aanwending van mest zijn uit kosten oogpunt het meest zinvol, maar niet voldoende om een reductie van bijvoorbeeld zeventig procent te behalen. Ook zijn er bij zo'n reductiedoelstelling maatregelen nodig bij stallen en mestopslag.

De bepaling van een economisch optimaal pakket maatregelen om de door de overheid gewenste emissiereductiedoelstelling te bereiken en de gevolgen daarvan voor de verschillende veehouderijbedrijven zijn samengevat in Baltussen et al. (1990a) en uitgewerkt voor achtereenvolgens rundveebedrijven (Baltussen et al., 1990b), varkensbedrijven (Baltussen et al., 1990c) en pluimveebedrijven (Van Horne, 1990). Een vermindering van de emissies met zeventig procent lijkt in de intensieve veehouderij eenvoudiger te realiseren dan in de grondgebonden veehouderij aangezien er in de laatste sector sprake is van weide-emissies. Op emissies in de weideperiode is moeilijk een reductie te bereiken, behalve via een verlaging van de stikstofgift op grasland, waardoor er minder stikstof in het ruwvoer komt. Door een vermindering van het stikstofgehalte in veevoer (via een verlaging van het eiwitgehalte in veevoer en een vermindering van de stikstofgift op het grasland-areaal) en daarmee van de N-excretie per dier kunnen de emissies al ongeveer gehalveerd worden (Baltussen et al., 1990a). De mogelijke effecten voor emissies en verzuring en de economische gevolgen van een eventuele reductie van de veestapel vormt een onderwerp van discussie en onderzoek.

De nationaal-economische gevolgen (werkgelegenheid, kosten van maatregelen en de ontwikkeling van de veestapel) van een drietal scenario's voor de reductie van ammoniakemissies voor de veehouderij zijn geanalyseerd in Stolwijk (1989). Hierbij is geconcludeerd dat doorvoering van de milieumaatregelen die op dit moment voorgenomen zijn, grote economische gevolgen voor (in het bijzonder) de intensieve veehouderij zullen hebben.

Voorstellen voor een vermindering van de mineralenverliezen in de melkveehouderij zijn aangegeven in CLM (1989). Een verbetering van de mineralenbenutting in het voer en de bemesting speelt daarbij een belangrijke rol en een mineralenbalans kan een middel zijn om inzicht te verkrijgen in de effectiviteit van de mineralenbenutting op bedrijfsniveau. De kunstmestgift op het grasland-areaal lijkt bij het huidige systeem van melkquotering zonder grote gevolgen voor de bedrijfsresultaten verlaagd te kunnen worden, terwijl hiermee de mineralenoverschotten in belangrijke mate ver-

minderen (Daatselaar, 1989). Het mineralenoverschot op gespecialiseerde melkveebedrijven met een bemestingsniveau dat sterk boven het landelijk gemiddelde ligt, betekent een financieel verlies van jaarlijks gemiddeld ongeveer achthonderd gulden per hectare. In een recent advies van de Commissie Stikstof (Goossensen en Meeuwissen, 1990) wordt aangegeven dat de bemesting op akkerbouwland met gemiddeld 30-40 kg/ha en op grasland met gemiddeld ongeveer 100 kg N per ha kan verminderen zonder dat dit grote inkomensderving tot gevolg heeft.

De financiële gevolgen voor veehouderijbedrijven van de fosfaatsnormen in de Mestwetgeving zijn berekend in Baltussen et al. (1989). De varkenshouderijsector levert de grootste bijdrage aan het nationale fosfaat- en mestoverschot. Bij een nationaal mestoverschot van ongeveer zestien miljoen ton per jaar is tien miljoen ton afkomstig uit de varkenshouderij. De afvoerkosten van de varkensmest vormen de belangrijkste kostenpost in de totale mestkosten. De totale mestkosten bedragen bij een fosfaatnorm van 125 kg P2O5 per ha jaarlijks gemiddeld 27 duizend gulden voor de gespecialiseerde varkenshouderijbedrijven indien er geen bedrijfsaanpassingen plaatsvinden, terwijl deze kosten met ongeveer vijftig procent gereduceerd kunnen worden wanneer er wel bedrijfsaanpassingen doorgevoerd worden.

Post et al. (1985) hebben de nationaal-economische gevolgen (in termen van inkomensvorming, werkgelegenheid en bijdrage aan de betalingsbalans) van verschillende normen voor de mestwetgeving berekend. In deze studie is geconcludeerd dat bij fosfaatsnormen die strenger zijn dan in de eerste fase van de mestwetgeving voor de periode 1986-1990 gelden, de gevolgen voor de veestapelomvang en daarmee voor de werkgelegenheid en het sectorinkomen aanzienlijk kunnen zijn. Er is hierbij echter wel verondersteld dat de produktietechniek ongewijzigd blijft, zodat er bijvoorbeeld geen rekening gehouden is met mogelijkheden die op dit moment onderzocht worden, zoals het verstrekken van eiwitarm ruwvoer aan rundvee of het verhogen van de verteerbaarheid van fosfaat in het mengvoer, bijvoorbeeld door het enzym fytase of door synthetische aminozuren. De economische gevolgen van een fosfaatnorm kunnen beperkt blijven door een verhoging van de acceptatiegraad van dierlijke mest en een reductie van de mineralensamenstelling van krachtvoer. Deze variabelen zijn daarmee belangrijk bij een economische analyse van de gevolgen van strengere fosfaatsnormen.

Van der Veen et al. (1990) hebben de mogelijkheden voor het terugdringen van het fosfaatoverschot in Nederland via aanpassingen in de veevoeding verkend. Dit overschot is volgens de normen van de tweede fase van de mestwetgeving in 1991 geraamd op ongeveer 70 miljoen kg per jaar. Ruim veertig miljoen kg is afkomstig van de varkenshouderij en ongeveer dertig miljoen kg is afkomstig van de pluimveehouderij. Op basis van verschillende scenario's lijkt het mogelijk om de hoeveelheid fosfor in het bestaande mengvoerpakket (jaarlijks 87 miljoen kg) met ruim twintig miljoen

kg terug te kunnen dringen. Het fosfaatoverschot zou hiermee met ongeveer 45 miljoen kg verlaagd kunnen worden. Dit komt overeen met ruim zestig procent van de totale fosfaatoverschotten. De bijbehorende kosten, onder andere voor het gebruik van fytase, zijn op dit moment nog moeilijk in te schatten.

Wijnands (1990) heeft op basis van een aantal resultaten van LEI-onderzoek een raming gemaakt van de totale kosten voor de veehouderijsector bij een fosfaatnorm van 125 kg per ha, een vermindering van de mineralenuitscheiding bij varkens en pluimvee van ongeveer 15 procent, aanwending van de mest in het voorjaar en een emissiereductie van NH₃ van minimaal vijftig procent. Deze kosten zijn op minimaal 900 miljoen gulden per jaar geraamd. Ze dienen door zowel de rundveehouderij- als de varkenshouderijsector voor ongeveer 45 procent gedragen te worden, terwijl de overige tien procent door de pluimveehouderij gedragen wordt. De kosten van mestverwerking in de varkenshouderij benaderen het beschikbaar arbeidsinkomen in deze sector, wanneer de verwerkingskosten rond de dertig gulden per ton mest zijn.

3. Beleidsmaatregelen voor de periode 1990-2010

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de drie scenario's beschreven met doelstellingen voor de reductie van ammoniakemissies voor de periode tot het jaar 2010. Deze doelstellingen worden uitgewerkt in termen van maatregelen op het terrein van (i) mineralen in voer, (ii) NH₃-emissies uit stallen en opslag en (iii) mestaanwending en mestverwerking. Doelstellingen zijn er op gericht om de NH₃-emissies te reduceren (via technische bedrijfsaanpassingen), en deze worden vervolgens in de scenario's vertaald in bijbehorende kosten en emissiereductieschema's. Hoewel de studie zich richt op de ammoniakproblematiek, was het, gezien de verwevenheid met het overige mestbeleid, noodzakelijk de scenario's, voor zover toepasselijk, met maatregelen uit dit laatste beleidsterrein uit te breiden. De scenario's zijn niet taakstellend, maar in feite beleidsconsequentiescenario's en ramen de gevolgen van een pakket maatregelen. Na het ramen van de gevolgen van deze maatregelen kan gezien worden of de voorgestelde reductieschema's voor NH₃-emissies het gewenste effect bereiken en wat de economische effecten voor de agrarische sector zijn.

Het overheidsscenario is gebaseerd op de uitgangspunten die beschreven zijn in het Plan van Aanpak Beperking Ammoniakemissie van de Landbouw (Tweede Kamer, 1990b). De invulling van het landbouw-bedrijfslevensscenario is vooral gebaseerd op het Integraal Milieu Actieplan voor de Land- en Tuinbouw (Landbouwschap, 1989). Het scenario dat representatief geacht wordt voor de inzichten van de milieubeweging is voornamelijk gebaseerd op het rapport van het Landelijk Milieuoverleg over een Duurzaam Gebruik van Meststoffen (LMO, 1989) en ten dele op LMO (1990). De ammoniakemissies zullen rond het jaar 2000 in vergelijking met het niveau van 1980 met tenminste vijftig procent (als doelstelling in het bedrijfslevensscenario) en mogelijk met negentig procent (als doelstelling in het milieuscenario voor de bosrijke gebieden in de zandgronden) gereduceerd dienen te zijn. Er zijn eveneens veronderstellingen gedaan omtrent de reductiedoelstelling voor het jaar 2010. Deze doelstellingen voor het jaar 2010 zijn in de scenario's vertaald in een verdere aanscherping van het milieubeleid ten opzichte van de ontwikkeling tot het jaar 2000.

Bij de uitwerking van de scenario's is het meeste aandacht geschonken aan het overheidsscenario. Bedrijfsleven- en milieuscenario dienen vooral als contrast en zijn enigszins gestileerd. Ze hebben niet de pretentie de gedachten die bij de desbetreffende maatschappelijke groeperingen leven, in alle nuances weer te geven.

Naast deze drie beleidsscenario's is er nog een zogenaamd basisscenario, waarin naast de fosfaatnormering volgens de eerste fase van de mestwetgeving, de melkquotering en de prijsontwikkeling van agrarische producten geen aanvullend milieubeleid is verondersteld. De invloed van het pakket maatregelen kan dan geraamd worden door het vergelijken van modeluitkomsten uit de beleidsscenario's met de resultaten uit het basisscenario.

De invulling van de scenario's is gebaseerd op een pakket van tien beleidmaatregelen, waarbij sprake is van maatregelen die er direct op gericht zijn om de emissies te reduceren (maatregel 1, 2 en 3, achtereenvolgens in paragraaf 3.2.1, 3.2.2 en 3.2.3), en een aantal maatregelen die van invloed zijn op de mineralenbenutting (maatregel 4 t/m 10, achtereenvolgens in paragraaf 3.3.1 t/m 3.3.7). De gemaakte veronderstellingen rond het markt- en prijsbeleid en de technische ontwikkeling in de landbouw voor de periode 1990-2010 zijn beschreven in paragraaf 3.4, terwijl de drie scenario's kort samengevat zijn in paragraaf 3.5. De volgende maatregelen zijn in de scenario's opgenomen.

- (1) Toepassing van emissiereductiemaatregelen in stallen (percentage van de veestapel).
- (2) Toepassing van emissiereductiemaatregelen voor mestopslag (percentage van totaal).
- (3) Toepassing van emissiereductiemaatregelen bij het aanwenden van mest (percentage van het totaal).
- (4) Periode van het jaar met een uitrijverbod.
- (5) Mestverwerkingscapaciteit (kton mest per jaar).
- (6) Norm voor veedichtheid in de grondgebonden veehouderijsector (aantal graasdieren, in bde per hectare grasland).
- (7) Norm voor maximale fosfaatbemesting (in kg P2O5 per ha per jaar) voor akkerbouw-, gras- en snijmaisland in de drie regio's (zand, klei en veen).
- (8) Norm voor maximale stikstofbemesting (kg N per ha per jaar) voor de drie gewasgroepen in de drie regio's.
- (9) Reductie van het stikstofgehalte in veevoer en daarmee in dierlijke mest (percentage reductie ten opzichte van het gemiddeld mineralengehalte in krachtvoer rond 1988).
- (10) Toepassing van groenbemesters (percentage van het areaal).

Naast deze maatregelen zijn er in een aantal gevallen specifieke investeringssubsidies opgenomen voor de toepassing van technieken om de emissies te reduceren. In de scenario's worden eveneens verschillende veronderstellingen gemaakt omtrent het areaal voor de agrarische sector. Dit wordt in paragraaf 3.4 nader toegelicht.

Wanneer er in bepaalde gevallen geen cijfers gepubliceerd waren, heeft de invulling na consultatie van de betrokkenen plaatsgevonden. De technische informatie over de mogelijkheden en gevolgen van diverse emissiebeperkende maatregelen in de rund-

vee-, pluimvee- en varkenshouderij is mede gebaseerd op Baltussen et al. (1990a), (1990b), (1990c) en Van Horne (1990).

3.2 Emissiemaatregelen

De emissies van ammoniak vanuit de veehouderij bedragen in 1986 ongeveer 240 miljoen kg NH₃, wat overeenkomt met ruim 190 kton N. Ongeveer 35% van deze emissies wordt toegerekend aan stallen en mestopslag (respectievelijk 34% en 1%), ongeveer tien procent heeft betrekking op de weideperiode van de grondgebonden veehouderij, terwijl de overige 55% van de emissies betrekking hebben op de aanwending van mest (Oudendag en Wijnands, 1989). Bijna zestig procent van de nationale emissies is toegerekend aan de rundveehouderij, bijna dertig procent is afkomstig uit de varkenshouderij, terwijl ruim tien procent afkomstig is uit de pluimveehouderijsector. In het vervolg van deze paragraaf zullen achtereenvolgens de voorgenomen maatregelen voor emissiereductie bij stallen, mestopslag en het aanwenden van mest samengevat worden. Er wordt geen verdere aandacht besteed aan het beperken van de emissies gedurende de weideperiode door technische maatregelen, aangezien deze emissiecategorie uitsluitend verminderd kan worden door rundvee op de stal te zetten, wat per saldo echter een emissieverhoging tot gevolg heeft, namelijk gedurende de stalperiode en bij mestaanwending (Oudendag en Wijnands, 1989). Daarentegen worden de mogelijkheden voor emissie-reductie in de weide-periode wel geanalyseerd, voorzover dit samenhangt met een vermindering van de kunstmestgift. Dit wordt nader toegelicht in hoofdstuk 4 bij de bespreking van de belangrijkste ontwikkelingen in de scenario's.

Om milieu-investeringen in de veehouderij te stimuleren, zijn er in het Plan van Aanpak beperking Ammoniakemissies voorstellen gedaan voor de bijdrage van de overheid hierin. In de periode 1991-1994 zal de overheid hieraan naar verwachting ongeveer 340 miljoen gulden bijdragen. In deze jaren is de geraamde overheidsbijdrage achtereenvolgens 50, 72, 104 en 118 miljoen.

3.2.1 Maatregelen in stallen

Hierbij kan gedacht worden aan maatregelen die erop gericht zijn om minder ammoniak uit de mest in de stal te laten vervluchtigen en maatregelen waardoor ammoniak uit de stallucht gehaald wordt (filters, etc.). Bij deze maatregelen is er een effectiviteitsniveau voor alle diercategorieën van 85% verondersteld. Dit betekent dat bij toepassing van deze maatregelen maximaal 85% emissiereductie behaald kan worden. De fractie toepassing van de maatregel is scenariospecifiek en voor de veesoorten verschillend.

3.2.2 Maatregelen bij mestopslag

Door de opgeslagen mest buiten de stal af te dekken wordt de emissie met ongeveer negentig procent beperkt. Met een afgesloten mestopslagsysteem en voldoende capaciteit kan de mest in de eerste helft van het groeiseizoen aangewend worden. Bij de emissiereductiemaatregelen via mestopslag is er voor alle diercategorieën een effectiviteit van negentig procent verondersteld. De fractie toepassing is veesoort specifiek en verschillend in de drie scenario's. Aangezien de emissie tijdens de opslag gering is, zijn de kosten per eenheid emissiereductie hoog. Afhankelijk van de grootte van de mestopslag variëren de kosten tussen de twee en zes gulden per m³ mest.

3.2.3 Maatregelen bij mestaanwending

Tijdens en na het uitrijden kan ammoniak vervluchtigen. Zoals in het bovenstaande aangegeven, komt ruim vijftig procent van de ammoniak uit de landbouw vrij bij het uitrijden van drijfmest (Oudendag en Wijnands, 1989). Emissiereductiemaatregelen kunnen daar dus een belangrijke bijdrage leveren. De emissies kunnen belangrijk verminderen door de mest bij aanwending direct in de grond onder te werken. Mogelijkheden voor de aanwending van mest op grasland liggen onder andere op het terrein van mestinjectie, zodebemesting, zodeinjectie en inregen. Het onderwerken van mest op het akkerbouw- en snijmaisareaal is eveneens een zinvolle maatregel om de emissies te reduceren.

Wanneer de mest tijdens het groeiseizoen aangewend wordt, komt meer stikstof in de bodem beschikbaar voor de gewasproductie, zodat er op de kunstmestgift bespaard kan worden.

Het aanwenden van mest is mogelijk op grasland en bouwland. Mest kan allereerst oppervlakkig aangewend worden, wat tot een emissie-reductie van ongeveer 50% leidt. In de scenario's wordt echter verondersteld dat er bedrijfsinvesteringen plaatsvinden die tot verdergaande emissiereductie leiden. Mestinjectie zowel als zodebemesting zijn beide mogelijk op grasland en deze technieken kosten vier gulden per m³ mest. Deze methodes reduceren de NH₃-emissies met respectievelijk 90% en 80% ten opzichte van oppervlakkige aanwending. Daarnaast kost het direct onderwerken van mest op bouwland 3,25 gulden per m³ en leidt tot een reductie van 90% in vergelijking tot oppervlakkige aanwending. Er zijn echter wel beperkingen aan de toepasbaarheid van deze technieken. Mestinjectie is op slechts de helft van het graslandareaal in de klei- en veengebieden mogelijk, maar kan op het gehele graslandareaal in de zandgebieden toegepast worden. Ten aanzien van zodebemesting is verondersteld dat deze techniek op het gehele graslandareaal toegepast kan worden.

De fractie van het areaal waar technieken voor emissie-reductie bij mestaanwending wordt toegepast is scenario-specifiek. Voor het graslandareaal stijgt de toepassing daarvan tot het jaar

2010 tot een niveau van 85% (overheid- en milieuscenario), respectievelijk 70% (bedrijfslevensscenario). Deze technieken zullen in het jaar 2010 op het totale akkerbouw- en snijmaisareaal toegepast worden. In het milieuscenario zal deze techniek al in 1994 op het gehele akkerbouw- en snijmaisareaal toegepast worden.

3.3 Mineralenbenutting

3.3.1 Periode van het jaar met een uitrijverbod

Het uitrijverbod is er op gericht om de uit- en afspoeling van mineralen te reduceren. Deze maatregel is alleen in het najaar en de winterperiode van belang wanneer er geen gewassen op het land staan. Gedurende de eerste fase van de Mestwetgeving, tussen 1987 en 1991, geldt er op grasland een uitrijverbod in de periode van 1 oktober tot 1 december, terwijl er ook tussen 1 januari en 15 februari een uitrijverbod is indien de grond bedekt is met sneeuw. Voor het snijmais- en akkerbouwareaal in de zandgebieden geldt een uitrijverbod tot 1 november indien er geen ander gewas voor de winter wordt geteeld, terwijl wanneer dit wel het geval is, het uitrijverbod van 1 oktober tot 1 november geldt. In de andere regio's geldt geen uitrijverbod ten aanzien van het uitrijden van mest op bouwland.

De regels rond het uitrijden van organische mest zijn per 1991 gewijzigd. Dit is als basis voor het overheidsscenario genomen. In de drie regio's dient het uitrijden van mest op grasland beperkt te worden tot de periode 1 februari-30 september. Voor het akkerbouw/snijmais areaal in de zandgebieden zal de mest niet uitgereden mogen worden in de periode 1 februari-1 september. De mest moet dan direct ondergewerkt worden. In de klei- en veengebieden zou organische mest alleen tussen 1 oktober en 1 juli uitgereden mogen worden op akkerbouw- en snijmaisareaal, terwijl deze mest dan eveneens direct ondergewerkt dient te worden. Het milieuscenario veronderstelt dat naast het uitrijverbod in het overheidsscenario in de klei- en veengebieden op het akkerbouw- en snijmaisareaal het uitrijverbod geen 3 maar 4,5 maanden is. In het landbouw-bedrijfslevensscenario wordt er verondersteld dat er per 1991 geen aanscherping van de bestaande regels voor het uitrijden van dierlijke mest zal plaatsvinden.

De jaarlijkse kosten voor mestopslag, op grond van de veronderstelling dat er een opslagcapaciteit van minimaal zes maanden nodig zal zijn, bedraagt tussen 14 en 20 gulden per m³ mest. Deze kosten zijn van belang voor de rundveehouderij, omdat de gemiddelde opslagcapaciteit in deze sector op dit moment ongeveer vier maanden is en naar verwachting in deze sector uitgebreid zal worden tot zes maanden, wat een uitbreiding van ongeveer 50% betekent. Hierbij wordt uitgegaan van een mestsilo die ook afgedekt is.

In de scenario's worden bovenstaande bepalingen rond het uitrijden van dierlijke mest beschreven in termen van de fractie van het jaar dat er geen mest uitgereden mag worden. Dit laatste heeft in de scenario's ondermeer tot gevolg dat de kosten voor de opslag van mest toenemen.

3.3.2 Mestverwerking

Aangenomen wordt dat bij de verwerking van dierlijke mest de ammoniakemissies gering zijn. Het overheids- en landbouw-bedrijfslevensscenario veronderstellen beide dat alle organische mest van de intensieve veehouderij getransporteerd of verwerkt zal worden, waarbij vooral pluimveemest vanwege het relatief hoge mineralengehalte in de tekortgebieden afgezet zal worden en de varkensdrijfmest verwerkt zal worden. Hierbij wordt er eveneens vanuit gegaan dat de mest van de grondgebonden veehouderij voor het grootste deel op grasland en op snijmaais aangewend zal kunnen worden, wat een vermindering van de kunstmestgift tot gevolg kan hebben.

Het overheid- en landbouw-bedrijfslevensscenario zijn beide gebaseerd op recente voorstellen vanuit het landbouw-bedrijfsleven voor de opzet van mestverwerkingsfabrieken. Daarbij wordt uitgegaan van een implementatieschema voor mestverwerking, welke toeneemt van 0,4 miljoen ton in 1990, 2,25 miljoen ton in 1992, 6 miljoen ton in 1994 en verwerking van het overgrote deel van het mestoverschot uit de intensieve veehouderij in het jaar 2000, vermoedelijk in de orde van grootte van 20 miljoen ton. Daarentegen wordt mestverwerking door de milieubeweging uitsluitend toegestaan voor zover bij het aanvoerend bedrijf de eindnormen in 1998 niet overschreden worden. In het milieuscenario is de veronderstelde mestverwerkingscapaciteit maximaal 3,5 miljoen ton. Het landbouw-bedrijfslevensscenario en het overheidsscenario zijn identiek rond de opzet en exploitatie van grootschalige mestverwerking, terwijl het milieuscenario zich alleen onderscheidt door de geringere verwerkingscapaciteit.

Grootschalige mestverwerking, waarbij op basis van contracten tussen bedrijven en een mestbank de overschotmest ofwel aan de mestverwerkingsfabrieken geleverd wordt danwel getransporteerd wordt naar tekortgebieden, is een belangrijk thema in het landbouw-bedrijfslevensscenario. Een eventuele realisatie van grootschalige mestverwerking hangt af van de verwerkingskosten per ton mest, welke weer in belangrijke mate door de kosten voor het drogen van de mest, het mineralengehalte en het droge stofgehalte van de aangevoerde mest bepaald worden. De overheid zal een subsidie verlenen van ongeveer 250 miljoen gulden als bijdrage aan de opzet van deze fabrieken. Dit bedrag komt ongeveer overeen met 35% van de investeringskosten. Hiervoor is toestemming verleend door de Europese Commissie.

De projectgroep-De Bekker heeft het Landbouwschap voorstellen gedaan voor het realiseren van een verantwoorde afzet van

mestoverschotten, of naar verwerkingsfabrieken dan wel naar tekortgebieden. Allereerst is voorgesteld dat er een heffing komt voor alle bedrijven met een produktie van dierlijke mest dat groter is dan 125 kg P2O5 per ha. Deze bestemmingsheffing, die ingaat op 1 januari 1992, bedraagt 5 gulden per ton overschotmest. Vervolgens zal er een eenmalige bijdrage betaald moeten worden bij het afsluiten van een leveringscontract met de regionale mestbank. Dit is ongeveer 15 gulden per ton te leveren mest en vormt de bijdrage van het landbouw-bedrijfsleven in de bouw van mestverwerkingsfabrieken. De leveringscontracten worden afgesloten om de aanvoer van mest naar fabrieken te garanderen, terwijl hiermee ook een korting op de kosten van verwerking gegeven wordt. Tenslotte betaalt de veehouder voor elke ton mest die aan de (regionale) mestbank voor verwerking geleverd wordt. Deze mest kan dan of naar de fabriek of naar akkerbouwers in de tekortgebieden getransporteerd worden. De kosten hiervoor liggen tussen de 5 en 10 gulden per ton mest.

De kosten voor mestverwerking zijn in de scenario's gelijk verondersteld. In het milieuscenario wordt een verwerkingscapaciteit van maximaal 3,5 miljoen ton mest verondersteld, terwijl in de beide andere scenario's gefaseerd capaciteit beschikbaar komt, oplopend van 6 miljoen ton 1994 tot 20 miljoen ton in het jaar 2000.

3.3.3 Norm voor veedichtheid

Een norm voor de maximale yeebezetting per hectare landbouw-areaal is in 1989 door de EG voorgesteld als maatregel om de nitraatbelasting van het oppervlaktewater te beperken in de daarvoor kwetsbare gebieden. In de Structuurnota Landbouw is het idee voor de invoering van een dergelijke norm overgenomen met dien verstande dat alleen graasdieren onder de norm vallen en niet de intensieve veehouderij op deze manier aan de grond gebonden wordt.

In Denemarken is er sinds 1986 al een norm voor de veedichtheid van kracht (Dubgaard, 1990). De maximale veedichtheid op een melkveebedrijf is daar 2,3 (Deense) diereenheden per hectare landbouwareaal, terwijl op varkenshouderijbedrijven de veedichtheid maximaal 1,7 (Deense) diereenheden per hectare landbouwareaal is. Dit laatste geeft aan dat de intensieve veehouderij in Denemarken in belangrijke mate een grondgebonden karakter heeft en er op het eigen bedrijf danwel op nabij gelegen bedrijven een groot deel van de geproduceerde dierlijke mest aangewend kan worden.

In Nederland was in 1984 de gemiddelde veedichtheid voor melkkoepen per hectare grasland in de zand-, klei- en veengebieden achtereenvolgens gelijk aan 2,3; 1,8 en 1,9 bde, terwijl de veedichtheid van de totale grondgebonden veehouderij (aantal melkkoepen en overige graasdieren per hectare grasland) in 1984 in deze regio's achtereenvolgens 3,8; 3,1 en 3,1 bde was. De ge-

noemde normen voor de veedichtheid in Denemarken hebben betrekking op de individuele bedrijven, terwijl de hier gegeven veedichtheid in de drie regio's gemiddelden over de afzonderlijke bedrijven zijn.

In het overheidsscenario en het milieuscenario is per 1998 uitgegaan van een norm voor de totale veedichtheid in de grondgebonden veehouderij, uitgedrukt in aantal bde's melkkoeien en overige graasdieren per hectare grasland. De norm is 3,5 en 3,0 bde/ha grasland voor achtereenvolgens het overheids- en milieuscenario. Hoewel de veedichtheid in Nederland na 1984 als gevolg van de melkquotering gedaald is, blijft deze in de zandgebieden gedurende de tweede helft van de jaren tachtig boven de drie bde per ha grasland (zie figuur 2.3). De daling van het aantal melkkoeien is in deze periode ten dele gecompenseerd door een stijging van het aantal overige graasdieren. Voor het landbouw-bedrijfslevensscenario wordt geen norm voor de veedichtheid verondersteld. De reden hiervan is dat er aan de effectiviteit van deze maatregel getwijfeld wordt.

Het opnemen van een veedichtheidsnorm zou er toe kunnen leiden dat de mestproduktie per hectare groeit als gevolg van technische ontwikkeling. Om deze reden is er onder andere door het Centrum Landbouw en Milieu voorgesteld om een maximum te stellen aan de melkproduktie per hectare, aangezien deze maatregel doelmatiger lijkt dan een graasdiernorm (Terwan et al., 1990).

3.3.4 Norm voor maximale fosfaatbemesting

De mogelijkheden voor aanwending van dierlijke mest op het landbouwareaal worden in de scenario's allereerst bepaald door een fosfaatsnorm. Voor de periode tot het jaar 2000 zijn er in de bestaande Mestwetgeving, die sinds 1987 van kracht is, namelijk landelijke normen opgesteld voor de aanwending van fosfaat uit organische mest. Hoewel het mineralengehalte van de mest van schapen en paarden, die in het kader van deze studie tot de categorie overige graasdieren gerekend worden, tot 1991 nog niet onder de mestwetgeving valt, maakt deze categorie in de scenario's wel deel uit van de normen voor de fosfaatbemesting. Vervolgens geldt dat de fosfaatsnormen in het overheid- en landbouw-bedrijfslevensscenario vanaf 1995 betrekking hebben op de fosfaatgift uit kunstmest en dierlijke mest, terwijl de fosfaatsnorm in het milieuscenario al vanaf 1990 betrekking heeft op de totale fosfaat-aanwending uit dierlijke mest en kunstmest.

De normen verschillen per gewas. Voor akkerbouw, grasland en snijmais zijn ze voor het overheidsscenario weergegeven in tabel 3.1. Fase 1 heeft betrekking op de periode tot 1991, fase 2 op de periode 1991-1994, en fase 3 op de periode 1995-1999. Voor de periode vanaf het jaar 2000 (fase 4) zijn er nog geen officiële normen opgesteld in de Mestwetgeving, maar aangezien de overheid er voor dat jaar van uitgaat dat er geen sprake meer zal mogen zijn van fosfaataccumulatie in de bodem, wordt de maximale fos-

faatgift uit dierlijke mest en kunstmest in deze fase gesteld op het niveau van de geraamde gewasonttrekking aan de bodem. Deze ramingen zijn vermeld in tabel 3.1.

De in het overheidsscenario gehanteerde fosfaatnorm van 110 kg P205 per hectare grasland voor de periode vanaf het jaar 2000 komt ongeveer overeen met het fosfaatgehalte in de geproduceerde mest van drie bde melkkoeien en overige graasdieren, aangezien het fosfaat-gehalte in de mest van deze diersoorten ongeveer 35 kg P205 per bde per jaar is. Dit is de in het voorafgaande aangegeven norm voor de veedichtheid in de grondgebonden veehouderij per 1998.

Tabel 3.1 Normering in het overheidsscenario voor de fosfaatgift (in kg P205 per ha)

Gewas	Fase 1 1987-1990	Fase 2 1991-1994	Fase 3 1995-1999	Fase 4 2000
Akkerbouw	125	125	125	70
Grasland	250	200	175	110
Snijmais	350	250	125	75

Tabel 3.2 Normering in het milieuscenario voor de fosfaatgift (in kg P205 per ha)

Jaar	Akkerbouw	Grasland	Snijmais
1990	125	200	250
1991	120	180	225
1992	110	170	200
1993	105	160	180
1994	95	150	160
1995	90	140	140
1996	80	130	120
1997	75	120	100
1998	70	110	75

In het milieuscenario wordt er van uitgegaan dat de normen vanaf 1990 overeenkomen met de normen in de tweede fase van de Mestwetgeving, met dien verstande dat de fosfaatnormering betrekking heeft op de totale fosfaatgift uit dierlijke en kunstmest. Vervolgens wordt in het milieuscenario verondersteld dat de eindnormen van het overheidsscenario per 1998 van kracht worden en de normen in de periode tussen 1990 en 1998 jaarlijks aangepast worden (tabel 3.2) (LMO, 1990).

Het landbouw-bedrijfslevensscenario gaat eveneens uit van de fosfaatnormen zoals geformuleerd in de bestaande Mestwetgeving. Hoewel de bestaande Mestwetgeving geen normen voor de periode vanaf het jaar 2000 noemt, wordt er in dit scenario uitgegaan van een geraamd maximaal bemestingsniveau van 125 kg P205 per ha voor alle gewassen en grondsoorten.

3.3.5 Norm voor maximale stikstofbemesting

Op dit moment is er geen norm voor de stikstofbemesting van kracht. Er wordt echter verondersteld dat de agrarische sector een aanzienlijke bijdrage moet leveren aan de vermindering van de stikstofbelasting. Een norm voor stikstofbemesting kan in de toekomst een strengere randvoorwaarde voor de agrarische sector vormen dan de huidige voorgenoemde fosfaatnormering bij de aanwending van organische mest. De reden hiervan is gelegen in het feit dat het aandeel in de totale fosfaatbelasting van de agrarische sector ongeveer twintig procent is, terwijl ongeveer twee derde deel van de stikstofbelasting naar het oppervlaktewater afkomstig is van de agrarische sector. Het verminderen van de stikstofbelasting zal om deze reden naar verwachting dan ook een grote druk op de agrarische sector leggen.

In 1987 is door de landen rond de Noordzee overeengekomen, en op de in 1990 gehouden Noordzee-conferentie herbevestigd, dat de fosfaat- en stikstofbelasting in het milieu in 1995 in vergelijking tot de situatie in 1985 gehalveerd moet zijn. In hetzelfde kader is ook de EG-richtlijn van belang die aangeeft dat het grond- en oppervlaktewater dat bestemd is voor drinkwater maximaal vijftig milligram nitraat per liter mag bevatten. Dit komt overeen met een maximaal niveau van nitraatuitspoeling van 35 kg stikstof per hectare per jaar (Neeteson, 1990). Voor beweide gras op de zandgronden zal de kunstmestgift daarmee niet hoger mogen zijn dan 200 à 250 kg N per hectare, terwijl dat op dit moment in Nederland gemiddeld hoger is dan 300 kg per hectare.

De normen voor stikstofbemesting hebben betrekking op de kunstmestgift en de totale stikstofinhoud van de uitgereden dierlijke mest plus de mestproductie in de weideperiode.

Tabel 3.3 *Kindnormen voor de totale stikstofbemesting uit kunstmest en dierlijke mest in 1998 in het overheidsscenario op akkerbouw-, gras- en snijmaisareaal (in kg N per ha)*

Regio	Akkerbouw	Gras	Snijmais
Zandgebieden	130	330	130
Klei- en veengebieden	235	350	235

De in het overheidsscenario geformuleerde eindnormen voor het gebruik van stikstof in 1998 staan vermeld in tabel 3.3. De normen voor stikstofbemesting in het bedrijfslevensscenario zijn gebaseerd op de bemestingsadviezen van de landbouwvoorlichting. Hierbij wordt een vermindering van ongeveer 25% op de huidige praktijk van de kunstmestgift verondersteld (tabel 3.4).

In de zandgebieden ligt het bemestingsadvies op dit moment hoger dan in de andere regio's vanwege de uitspoeling die daar belangrijker is, zodat een geringer deel beschikbaar is voor de plantengroei.

De stikstofnormen worden in het milieuscenario vanaf 1990 gefaseerd ingevoerd (tabel 3.5), terwijl deze normen in het overheid- en landbouw-bedrijfslevensscenario pas per 1998 aangepast worden.

Tabel 3.4 Eindnormen voor de totale stikstofbemesting uit kunstmest en dierlijke mest in 1998 in het landbouw-bedrijfslevensscenario op akkerbouw-, gras- en snijmaisaal (in kg N per ha)

Regio	Akkerbouw	Grasland	Snijmais
Zandgebieden	140	520	350
Klei- en veengebieden	235	420	350

Tabel 3.5 Normen voor de totale stikstofbemesting uit kunstmest en dierlijke mest in de periode 1990-1998 (in kg N per hectare) in de zandgebieden en de klei-/veengebieden in het milieuscenario

Jaar	Akkerbouw		Gras		Snijmais	
	zand	klei/veen	zand	klei/veen	zand	klei/veen
1990	165	250	620	520	415	415
1991	160	250	585	500	380	390
1992	155	250	550	480	345	365
1993	150	245	515	460	310	340
1994	145	245	480	440	275	315
1995	140	240	445	420	240	290
1996	135	240	410	400	205	265
1997	135	240	375	375	170	250
1998	130	235	330	350	130	235

3.3.6 Reductie van het stikstofgehalte in veevoer

Een vermindering van het stikstofgehalte in veevoer zal leiden tot een verlaging van de uitscheiding van stikstof in mest en urine en daarmee van de NH₃-emissies en andere vormen van mineralenverliezen. Deze vermindering kan bereikt worden door een vermindering van het stikstofgehalte in krachtvoer, het bijvoederen van graasdieren met mais of andere akkerbouwproducten, zodat een betere eiwitsamenstelling van het voer resulteert, en een vermindering van het stikstofgehalte in het ruwvoer wanneer de kunstmestgift op gras en snijmais gereduceerd wordt. De uitscheiding van stikstof via de dierlijke mest kan verder verlaagd worden door het toepassen van beter verteerbare voedermiddelen en enkelvoudige aminozuren. Via fasevoeding bestaat de mogelijkheid om de hoeveelheid fosfor en eiwit af te stemmen op de behoefte van het dier. Op dit moment is er op basis van experimenten een reductie van 25% mogelijk voor pluimvee en varkens van het stikstofgehalte in mengvoeders en daarmee samenhangend van de N-excretie. Met de daling van het stikstofgehalte in het veevoer daalt het fosfaatgehalte in dezelfde mate.

In het milieuscenario wordt tussen 1990 en 1998 een geleidelijke reductie tot 25% in het stikstofgehalte van alle dierlijke mest bereikt als gevolg van een vermindering van het mineralengehalte in veevoer. Dit geldt voor alle diersoorten. Vervolgens wordt in respectievelijk het overheids- en landbouw-bedrijfslevensscenario een daling van het stikstofgehalte in pluimvee- en varkensmest in het jaar 2000 van ongeveer twintig respectievelijk vijftien procent verondersteld.

3.3.7 Groenbemers

Een laatste maatregel die van belang is in het milieu- en overheidsscenario, heeft betrekking op het inzaaien van groenbemers op bouwland. Deze groenbemers kunnen allereerst een bijdrage leveren aan het verminderen van de mineralenverliezen in de akkerbouw en snijmaisteelt, onder andere omdat daarmee de mineralenuitspoeling en denitrificatie verminderd wordt. De door de groenbemester opgenomen stikstof (die een niveau van 80 kg N per ha kan bereiken), kan na onderwerpen weer beschikbaar komen voor een volgend gewas en hierdoor opgenomen worden. Op deze manier kan er bespaard worden op de kunstmestgift. Deze maatregel lijkt in het bijzonder perspectiefvol te zijn voor de snijmais in de zandgebieden. In Denemarken dient op dit moment ruim vijftig procent van de cultuurgrond gedurende de wintermaanden groen te zijn (groenbemers en wintergranen). Het uitrijden van mest is in deze periode op de niet-bebouwde grond niet toegestaan, tenzij de mest in deze gebieden direct ondergewerkt wordt.

Als onderdeel van het milieuscenario dient vanaf 1990 zestig procent van het areaal akkerbouw en snijmais in de klei- en veengebieden met groenbemers benut te worden, terwijl per 1994 het

volledige akkerbouw- en snijmaisareaal in de zandgebieden met groenbemesters benut moet zijn. Het gebruik van groenbemesters is ook voorzien in het overheidsscenario. De kosten daarvan bedragen 166 gulden per hectare. Per medio 1994 zal in dit scenario 30% van het areaal akkerbouw en snijmais bedekt zijn met groenbemesters, terwijl vanaf het jaar 2000 het areaal hiermee volledig bedekt wordt. Deze maatregel maakt in het overheidsbeleid deel uit van de ontwikkeling van geïntegreerde bedrijfssystemen. Het gebruik van groenbemesters is echter niet opgenomen in het landbouw-bedrijfslevensscenario.

3.4 Landbouwbeleid en technische ontwikkeling in de landbouw

Er zijn naast bovenstaande maatregelen voor het milieubeleid ook een aantal andere veronderstellingen gedaan in de scenario's over de ontwikkeling van het landbouwbeleid die van invloed zijn op de landbouw en milieukwaliteit. Hierbij worden veronderstellingen gemaakt over de ontwikkeling in de periode tussen 1990 en 2010.

Allereerst wordt in alle scenario's verondersteld dat de prijzen van akkerbouwprodukten (in kg droge stof per hectare), vlees, eieren en melk (in kg N per bde) jaarlijks met 0,5% dalen, terwijl de prijzen van krachtvoer, kunstmest en overige variabele kosten op het niveau van 1988 blijven. Vervolgens wordt in deze scenario's eveneens aangenomen dat de bestaande melkquotering op het niveau van 1988 gehandhaafd blijft. Dit houdt ondermeer in dat, bij een stijging van de melkproductie per dier vanwege technologische ontwikkeling, de melkveestapel zal verminderen. Dit zal in de scenario's tot een vermindering van de stalcapaciteit leiden, waarbij verondersteld is dat maximaal 32% van de vrijgekomen stalcapaciteit door de andere diersoorten herbezet wordt. Deze herbezetting van de stalcapaciteit komt ongeveer overeen met de aanpassingsprocessen in de dierlijke sector die plaatsgevonden hebben in de periode 1984-1989.

Vervolgens is verondersteld dat de kosten voor milieu-investeringen ten gevolge van technologische ontwikkeling in elk van de beleidsscenario's dalen, met uitzondering van de kosten voor mesttransport die constant blijven.

Tenslotte wordt er in de drie beleidsscenario's uitgegaan van uiteenlopende reducties in het landbouwareaal. In het landbouw-bedrijfslevensscenario wordt uitgegaan van een hoeveelheid grond die jaarlijks uit productie genomen wordt van 0,25%, terwijl in het overheidsscenario jaarlijks 0,5% uit productie genomen wordt. In het milieuscenario wordt jaarlijks 1% uit productie genomen, vanwege de gewenste stijging van het areaal aan natuurgebied.

De subsidies op milieu-investeringen zijn in het milieuscenario hoger dan in de andere scenario's.

3.5 Samenvatting en conclusies

De emissiereductiedoelstelling in het overheidsscenario voor het jaar 2000 is 65% en voor het jaar 2010 wordt volgens het Bestrijdingsplan Verzuring (Tweede Kamer, 1989) een emissiereductie van tachtig tot negentig procent nagestreefd. Bij de doelstelling voor het jaar 2010 is rekening gehouden met de waarschijnlijke doorwerking na het jaar 2000 van een geleidelijke vervanging van oude gebouwen en bedrijfssystemen (tabel 3.7).

Tabel 3.7 Ammoniakreductiedoelstellingen en voorgestelde maatregelen voor de drie scenario's in het jaar 2000

	Basis	Overheid	Bedrijfsleven	Milieu
NH ₃ reductie in 2000 (%)	0	65	50	80
NH ₃ reductie in 2010 (%)	0	85	70	90

Mineralenreductie in veevoer (%)	0	15	15	25
Emissiebeperking bij mestaanwending (%)	0	80	50	80
Capaciteit voor mestverwerking (mln. ton)	0	20	20	3,5

De beleidsdoelstelling in het landbouw-bedrijfslevensscenario voor het jaar 2000 is vijftig procent emissiereductie en voor het jaar 2010 is een reductiedoelstelling van zeventig procent verondersteld.

Het milieuscenario beoogt het nitraat- en ammoniakbeleid te integreren. Het is gericht op het bereiken van een emissiereductie in het jaar 2000 van negentig procent in de zandgebieden en van zeventig procent in de kleigebieden. Voor het jaar 2010 is een emissie reductiedoelstelling van 95% voor de zandgebieden opgenomen, en voor de kleigebieden wordt uitgegaan van een ongewijzigd emissieniveau ten opzichte van de situatie in het jaar 2000. Deze doelstelling is van maatregelen voorzien via een stelsel van strenge bemestingsnormen voor stikstof en fosfaat, en daarnaast via een systeem van emissiequota voor stal- en opslagmissies in de intensieve veehouderij. Het quotum van (verhandelbare) emissierechten zal jaarlijks met een bepaald percentage afnemen en is er op gericht om de in het overheidsscenario voorgestelde aanpassingen in stallen en bij veevoer te realiseren, danwel emissiequota aan te kopen, voorzover deze binnen een regio te koop zijn.

In tabel 3.7 zijn de beleidsdoelstellingen voor het jaar 2000 en 2010 en de globale effecten voor de drie scenario's sa-

mengevat. Op dit aggregatieniveau zijn de verschillen met het in deze studie gebruikte referentiejaar 1985 en het in sommige bronnen gebruikte jaar 1980 verwaarloosbaar.

De conclusie lijkt gerechtvaardigd dat de scenario's voornamelijk verschillen qua fasering van de reductiedoelstellingen, de kosten en de financieringswijze voor de te nemen maatregelen. Een vergelijking van de drie scenario's richt zich dan voornamelijk op de (economische en milieu) effecten die het gevolg zijn van deze fasering van kosten en aanpassingen in de verschillende sectoren, en de eventuele "naujl-effecten" op het produktie-ecologisch systeem als gevolg van genomen maatregelen. Dit zal in het volgende hoofdstuk getoetst worden. In hoofdstuk 4 worden namelijk de economische en produktie-ecologische effecten van de scenario's gepresenteerd en nader toegelicht.

4. Economische en productie-ecologische effecten van de scenario's

4.1 Inleiding

De boeren in de drie regio's (klei, veen en zand) moeten diverse beslissingen nemen, zoals over:

- de toedeling van het beschikbare areaal aan de gewassen;
- de toedeling van de beschikbare stalcapaciteit aan de vee-stapels;
- de inzet van kunstmest;
- de toepassing van uit kunstmest en dierlijke mest beschikbare stikstof;
- de aanwending van ruwvoer en/of krachtvoer voor graasdieren;
- het ruimen van dierlijke mest, waarbij aanwending in de regio kan plaatsvinden, mest getransporteerd kan worden naar andere regio's dan wel verwerkt kan worden. Vervolgens kan de mest van pluimvee en varkens voor aanwending nog gescheiden worden in een droge en een dunne fractie.

De genoemde beslissingen zijn uitkomst van maximering van verwachte netto opbrengsten voor elk van deze gemiddelde boeren, onder een aantal randvoorwaarden, namelijk:

- het beschikbaar areaal en de beschikbare stalcapaciteit;
- ruwvoer- en mestbalansen;
- onder- en bovengrenzen aan de opname van ruwvoer door graasdieren;
- fysieke opbrengst voor gewassen;
- mineralenbehoefte voor gewassen;
- beleidsrestricties, ten aanzien van melkquotering, normen voor veedichtheid, verwerkingscapaciteit, en normen voor de aanwending van fosfaat en stikstof op de gewasarealen.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste economische en productie-ecologische effecten van de drie beleidsscenario's gepresenteerd. Hoofdstuk 4.2 geeft een samenvatting op hoofdpunten van de ontwikkelingen tussen 1985 en 2010 van de scenario's. Voor 1985 worden daarbij gerealiseerde grootheden opgenomen, terwijl voor de overige jaren gesimuleerde grootheden gegeven worden.

Allereerst wordt het zogenaamde basisscenario gepresenteerd. Daarna komen in deze paragraaf achtereenvolgens de modelresultaten van het overheids-, het landbouw-bedrijfsleven- en het milieuscenario aan de orde.

In het vervolg van dit hoofdstuk worden vervolgens een aantal ontwikkelingen voor elk van de scenario's nader toegelicht, waaronder:

- De mate waarin de doelstellingen over de reductie van NH₃-emissies in de verschillende scenario's gerealiseerd worden (hoofdstuk 4.3).
- De ontwikkeling in de benutting van stikstof (hoofdstuk 4.4).
- De omvang van de fosfaatoverschotten in de zandgebieden bij de verschillende beleidsvarianten (hoofdstuk 4.5).
- De mate waarin de beschikbare capaciteit voor mestverwerking in de scenario's benut wordt (hoofdstuk 4.6).
- De ontwikkeling van de benutte stalcapaciteit in de zand-, klei- en veengebieden (hoofdstuk 4.7).
- De areaalontwikkeling in de scenario's (hoofdstuk 4.8).
- De veestapelontwikkeling (hoofdstuk 4.9).
- De inkomensontwikkeling (hoofdstuk 4.10).

Zoals in hoofdstuk 3 aangegeven bestaan de scenario's uit maatregelen die aan de agrarische sector opgelegd worden. Achteraf wordt dan gekeken in hoeverre de doelstellingen ten aanzien van de reductie van ammoniak, zoals geformuleerd in de diverse beleidsvoornemens, in feite ook gerealiseerd worden in deze scenario's.

Dit hoofdstuk wordt in paragraaf 4.11 afgesloten met een beknopte bespreking van de scenario's aan de hand van een aantal conclusies.

4.2 Scenario's voor de periode 1990-2010

Het basisscenario dient als referentie en ter illustratie van de invloed van de exogene trends. Het gaat uit van de denkbeeldige situatie dat in aanvulling op het fosfaatbeleid uit de eerste fase van de Mestwetgeving geen aanvullende milieumaatregelen genomen worden. Verder wordt in dit scenario het volgende verondersteld:

- (1) De fysieke produktie per dier (melk, vlees en eieren, in kg N per bde) stijgt in de tijd, met uitzondering van de varkenshouderij waar op basis van een trendanalyse geen verbetering in de voederefficiëncy gevonden werd. Als gevolg van de gestegen melkproduktie per koe en de veronderstelling dat het melkquotum op het niveau van 1988 gehandhaafd blijft, zal het aantal melkkoeien afnemen. Deze vermindering van de capaciteit (gemeten in sbe) in de melkveehouderijsector wordt voor 68% (zand) tot 95% (klei, veen) vertaald in een daling van de stalcapaciteit voor de totale veehouderijsector. Dit aanpassingsproces is gebaseerd op waarnemingen in de periode 1984-1989. De stalcapaciteit die zo vrijkomt bij een vermindering van het aantal melkkoeien, is beschikbaar voor de andere diersoorten en wordt volledig ingezet.

- (ii) Er wordt in het basisscenario voor de periode 1990-2010 geen rekening gehouden met milieunormen, met uitzondering van de fosfaatnormen zoals die tussen 1987 en 1990 van kracht waren in de eerste fase van de Mestwetgeving.
- (iii) De prijzen van dierlijke en plantaardige produkten (melk, vlees, eieren en akkerbouwprodukten) dalen vanaf 1990 met 0,5% per jaar. De prijzen van de inputs (kunstmest, krachtvoer en overige variabele kosten) veranderen niet in de tijd. Daarentegen is er sprake van een jaarlijkse stijging in de produktie per hectare voor akkerbouwprodukten van ongeveer 1,5%.
- (iv) De exogene stikstofdepositie op het landbouwareaal is in het jaar 2000 met ongeveer 30% gereduceerd, terwijl in het jaar 2010 een reductie van 50% gerealiseerd is ten opzichte van de situatie in 1985.

Een aantal trends in het basisscenario voor de periode 1990-2010 zijn samengevat in tabel 4.1. Het areaal voor de verschillende gewassen is in dit scenario vrij stabiel. De intensieve veehouderij vertoont een stijging van ongeveer 15%, terwijl de melkveehouderij in de periode 1985-2010 met ongeveer 25% daalt. De totale stalcapaciteit daalt met ongeveer 12%, van ongeveer 11.8 miljoen sbe in 1985 naar 10.4 miljoen sbe in het jaar 2010. De daling van het aantal graasdieren leidt ondermeer tot een substitutie van krachtvoer door ruwvoer in deze sector. Het ruwvoergebruik per graasdier stijgt met ongeveer 10%, terwijl er meer krachtvoer nodig is in de intensieve veehouderij vanwege de (geringe) groei van de pluimveesector na 1990.

Een aantal modelresultaten voor het overheids-, landbouw-bedrijfsleven- en het milieuscenario zijn weergegeven in achtereenvolgens tabel 4.2, 4.3 en 4.4. Allereerst worden de aan- en afvoerstromen van stikstof in deze tabellen samengevat, terwijl er vervolgens ook een aantal interne stromen opgenomen zijn. Aan de hand hiervan is een zogenaamde stikstofkringloop samen te stellen waarin de samenhang tussen de aan- en afvoer en interne stromen van stikstof schematisch weergegeven zijn. In figuur 2.5 is, ter illustratie van omvang van de mineralenproblematiek in de Nederlandse landbouw, al een stikstofkringloop voor de Nederlandse landbouw voor het jaar 1985 gegeven. De geraamde ontwikkeling van de fysieke produktie in de dierlijke sector (in kg N per bde per jaar) voor de scenario's is vermeld in tabel 4.5.

In de interne stromen is ondermeer informatie opgenomen over de ontwikkeling van de bruto stikstof-opname door de gewassen. Een deel daarvan zal niet als akkerbouwprodukt danwel als ruwvoer benut worden, maar als oogstrest weer in de mineralenkringloop benut worden. De omvang van de oogstresten per gewas is dan ook voor elk van de scenario's opgenomen. De aanwending van mest bestaat uit de mestproduktie van graasdieren in de weideperiode en de mest uit de stalperiode die op het land aangewend wordt, en is inclusief alle emissies en mineralenverliezen. Tenslotte is ook

Tabel 4.1 Modelresultaten basisscenario: stikstofkringloop en de samenstelling van de plantaardige en dierlijke produktie (met exogene variabelen op het niveau van 1988) (in kton N, tensij anders aangegeven). Voor 1985 zijn waarnemingen gegeven, terwijl voor de overige jaren gesimuleerde waarden opgenomen zijn

	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Aanvoer van stikstof:	1057	957	972	959	953	943
Kunstmest	527	443	473	475	483	487
Krachtvoer	474	465	455	445	436	428
Exogene depositie	56	50	44	39	33	28
Afvoer van stikstof:	1057	957	972	959	953	943
Dierlijke produkten	184	186	187	189	191	193
Akkerbouwgewassen	90	94	96	99	101	104
Mestverwerking	0	0	0	0	0	0
Depositie buiten landbouw	169	151	150	148	146	144
Overige stikstofverliesen	614	527	539	523	514	503
Interne stikstofstromen						
Opname gras (bruto)	558	538	535	535	536	536
Oogstrest gras	173	216	223	230	237	242
Opname akkerbouw (bruto)	112	118	123	127	132	137
Oogstrest akkerbouw	22	25	27	29	30	33
Opname snijmais (bruto)	30	36	38	40	41	42
Oogstrest snijmais	8	14	16	17	18	19
Aanwending mest	698	623	602	585	568	553
Depositie landbouwareaal	24	21	21	21	21	20
Samenstelling produktie						
Gewassen (1000 ha):	1868	1848	1848	1850	1849	1849
Grasland	1164	1123	1117	1120	1122	1123
Akkerbouw	527	529	525	519	514	512
Snijmais	177	196	206	211	213	214
Fysieke produktie (ton ds/ha)						
Gras	11	10	10	10	10	10
Akkerbouw	8	9	10	11	12	13
Snijmais	12	13	13	13	13	13
Veestapel (1000 bde):	6422	6206	6090	5986	5890	5803
Melkkoeien	2769	2268	2191	2119	2052	1989
Overige graasdieren	1085	901	874	856	837	822
Pluisvee	753	744	772	802	835	871
Varkens	1815	2293	2253	2209	2166	2121
Inkomen (in miljoen gulden)	5810	5769	5593	5671	5514	5379

Tabel 4.2 Modelresultaten overheidsscenario: stikstofkringloop en de samenstelling van de plantaardige en dierlijke productie (in kton N, tenzij anders aangegeven) (voor 1985 zijn waarnemingen gegeven, terwijl voor de overige jaren gesimuleerde waarden opgenomen zijn)

	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Aanvoer van stikstof:	1057	955	904	594	569	554
Kunstmest	527	441	428	119	116	115
Krachtvoer	474	465	433	439	422	414
Exogene depositie	56	50	43	37	31	25
Afvoer van stikstof:	1057	955	904	594	569	554
Dierlijke produkten	184	186	188	205	208	212
Akkerbouwgewassen	90	94	88	73	73	73
Mestverwerking	0	0	9	149	152	154
Depositie buiten landbouw	169	152	123	75	64	59
Overige stikstofverliezen	614	524	496	92	71	56
Interne stikstofstromen						
Opname gras (bruto)	558	538	524	269	244	235
Oogstrest gras	173	216	212	76	64	62
Opname akkerbouw (bruto)	112	118	113	97	98	99
Oogstrest akkerbouw	22	25	25	24	24	25
Opname snijmais (bruto)	30	36	37	17	16	16
Oogstrest snijmais	8	14	15	4	3	3
Aanwending mest	698	623	570	291	254	235
Depositie landbouwareaal	24	21	17	10	8	7
Samenstelling produktie						
Gewassen (1000 ha):	1868	1848	1803	1757	1710	1664
Grasland	1164	1123	1097	1078	1055	1029
Akkerbouw	527	529	506	480	462	447
Snijmais	177	196	200	199	193	188
Fysische produktie (ton ds/ha)						
Gras	11	10	10	7	7	7
Akkerbouw	8	9	10	10	11	11
Snijmais	12	13	13	7	7	7
Veestapel (1000 bde):	6422	6207	6115	6211	6109	6033
Melkkoeien	2769	2268	2191	2119	2052	1989
Overige graasdieren	1085	902	904	849	811	781
Pluimvee	753	744	806	1171	1227	1295
Varkens	1815	2293	2214	2072	2019	1968
Inkomen (in miljoen gulden)	5810	5667	5103	4631	4337	4168

Tabel 4.3 Modelresultaten landbouw-bedrijfslevensscenario: stikstofkringloop en de samenstelling van de plantaardige en dierlijke productie (in kton N, tenzij anders aangegeven) (voor 1985 zijn waarnemingen gegeven en voor de overige jaren zijn gesimuleerde waarden opgenomen)

	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Aanvoer van stikstof:	1057	956	914	760	747	740
Kunstmest	527	441	436	304	309	312
Krachtvoer	474	465	434	418	405	402
Exogene depositie	56	50	44	38	32	26
Afvoer van stikstof:	1057	956	914	760	747	740
Dierlijke produkten	184	186	188	193	202	213
Akkerbouwgewassen	90	93	89	80	79	80
Mestverwerking	0	0	6	129	138	144
Depositie buiten landbouw	169	152	127	82	73	67
Overige stikstofverliezen	614	525	504	276	255	236
Interne stikstofstromen:						
Opname gras (bruto)	558	538	531	402	396	393
Oogstrest gras	173	216	219	165	166	167
Opname akkerbouw (bruto)	112	118	115	104	105	107
Oogstrest akkerbouw	22	25	25	25	26	27
Opname snijmaïs (bruto)	30	36	38	39	39	40
Oogstrest snijmaïs	8	14	15	15	16	16
Aanwending mest	698	623	576	356	319	295
Depositie landbouwareaal	24	21	18	11	10	9
Samenstelling productie						
Gewassen (1000 ha):	1868	1848	1825	1803	1780	1756
Grasland	1164	1123	1110	1103	1092	1078
Akkerbouw	527	529	512	495	484	475
Snijmaïs	177	196	203	205	204	203
Fysiske productie (ton ds/ha)						
Gras	11	10	10	9	9	9
Akkerbouw	8	9	10	10	11	12
Snijmaïs	12	13	13	13	13	13
Veestapel (1000 bde):	6422	6206	6098	6037	6031	6096
Melkkoeien	2769	2268	2191	2119	2052	1989
Overige graasdieren	1085	901	884	842	830	820
Pluimvee	753	744	783	903	1099	1331
Varkens	1815	2293	2240	2173	2050	1956
Inkomen (in miljoen gulden)	5810	5774	5407	5314	5163	5030

Tabel 4.4 Modelresultaten milieuscenario: stikstofkringloop en de samenstelling van de plantaardige en dierlijke produktie (in kton N, tensij anders aangegeven) (voor 1985 zijn waarnemingen gegeven en voor de overige jaren zijn gesimuleerde waarden opgenomen)

	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Aanvoer van stikstof:	1057	848	492	323	289	277
Kunstmest	527	330	177	133	114	125
Krachtvoer	474	469	273	155	147	130
Exogene depositie	56	50	42	35	28	22
Afvoer van stikstof:	1043	848	492	323	289	277
Dierlijke produkten	184	186	153	119	117	108
Akkerbouwgewassen	90	86	74	69	67	64
Mestverwerking	0	0	10	15	19	20
Depositie buiten landbouw	169	155	70	40	37	32
Overige stikstofverliezen	614	422	186	80	49	52
Interne stikstofstromen:						
Opname gras (bruto)	558	493	331	252	224	214
Oogstrest gras	173	198	120	83	63	74
Opname akkerbouw (bruto)	112	109	96	91	89	87
Oogstrest akkerbouw	22	24	22	22	22	22
Opname snijmais (bruto)	30	36	27	16	16	14
Oogstrest snijmais	8	14	9	5	3	3
Aanwending mest	698	600	339	203	184	154
Depositie landbouwareaal	24	22	10	6	5	5
Samenstelling produktie						
Gewassen (1000 ha):	1868	1848	1756	1664	1572	1479
Grasland	1164	1123	1081	1027	971	915
Akkerbouw	527	529	479	449	422	396
Snijmais	177	196	196	188	179	168
Fysiske produktie (ton ds/ha)						
Gras	11	10	8	7	7	7
Akkerbouw	8	9	9	10	11	11
Snijmais	12	13	11	7	7	7
Veestapel (1000 bde):	6422	6208	4804	3510	3377	3019
Melkkoeien	2769	2268	2163	1886	1877	1648
Overige graasdieren	1085	877	786	639	636	571
Pluimvee	753	755	725	630	577	540
Varkens	1815	2308	1130	355	287	260
Inkomen (in miljoen gulden)	5810	5728	4441	3496	3402	2745

Tabel 4.5 Fysieke produktie voor de diersoorten in de periode tussen 1985 en 2010 (in kg N/bde)

Diersoort	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Melkkoeien	26	28	29	30	31	32
Overige graasdieren	10	11	12	13	14	15
Pluimvee	38	40	40	41	41	42
Varkens	20	19	19	19	19	19

de endogene depositie van ammoniak op het landbouwareaal een component in de interne stromen.

4.3 De ontwikkeling van de NH₃-emissies en overige stikstofverliezen

In hoofdstuk 3.5 zijn doelstellingen geformuleerd voor de reductie van ammoniakemissies in de periode 1985-2000 en 1985-2010. De ontwikkeling van de emissies voor de vier scenario's is weergegeven in tabel 4.6, waarbij onderscheid gemaakt is tussen (i) emissies in stallen en bij mestopslag, (ii) emissies bij het uitrijden van mest, (iii) emissies in de weide-periode, (iv) emissies uit ruwvoer en (v) emissies uit gewasresten. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de totale emissies in tabel 4.6 in 1985 ruim 10 kton N hoger zijn dan ondermeer geraamd in Oudendag en Wijnands (1989). De reden hiervoor is dat er in tabel 4.5 mede rekening gehouden is met de emissies uit de plantaardige sector (ruwvoer en gewasresten).

In het basisscenario dalen de NH₃-emissie tussen 1985 en het jaar 2010 met ongeveer 13%. Dit hangt samen met de daling in de omvang van de melkveehouderijsector. De daling in de emissies loopt parallel aan de vermindering van de stalcapaciteit die in dit scenario plaats vindt. De vermindering van de melkveestapel in de periode 1985-2010 met ruim 25% draagt in belangrijke mate bij aan de emissiereductie, terwijl de groei van de intensieve veehouderij in het basisscenario tot een stijging van de emissies uit deze sector leidt. Met name de weide-emissie en in mindere mate de stal- en opslagemissies verminderen, vanwege de daling van het aantal graasdieren. Daarentegen is er sprake van een stabilisatie van de emissies bij het uitrijden van dierlijke mest, vanwege een beperkte capaciteitsuitbreiding van de intensieve veehouderij tussen 1985 en 2010, zodat er meer mest van de intensieve veehouderij uitgereden moet worden.

De in hoofdstuk 3.5 geformuleerde emissiereductiedoelstellingen voor het jaar 2010 worden in geen van de scenario's volledig gerealiseerd, terwijl de doelstellingen voor het jaar 2000 in de 3 scenario's wel in belangrijke mate gerealiseerd worden. In

het overheidsscenario daalt de emissie tussen 1985 en 2000 met bijna 60%, terwijl de emissies in de periode 1985-2010 met ongeveer 68% afnemen. Dit geeft aan dat het gewenste reductieschema van respectievelijk 65% en 85% emissiereductie op basis van dit scenario niet volledig gerealiseerd wordt. Voor het landbouw-bedrijfslevensscenario worden de emissies gereduceerd met respectievelijk 55% en 60%, waarmee de gestelde reductiedoelstellingen volgens dit scenario vrijwel gerealiseerd worden. In het milieuscenario verminderen de emissies in het jaar 2000 en 2010 ten opzichte van 1985 met respectievelijk 79% en 83%, wat weinig afwijkt van de gestelde reductiedoelstellingen in dit scenario.

Tabel 4.6 De gevolgen van de scenario's voor emissie-omvang (Ammoniakemissies zijn weergegeven in kton N)

Scenario	Emissieplaats	1985	1990	2000	2010
Basis	Stal en opslag	67	61	57	54
	Uitrijden	98	94	96	94
	Weide	24	20	17	17
	Ruwvoer	9	8	8	8
	Gewasresten	7	6	6	6
	Totaal emissies		205	189	184
Overheid	Stal en opslag	67	60	42	35
	Uitrijden	98	90	23	16
	Weide	24	20	11	9
	Ruwvoer	9	8	4	3
	Gewasresten	7	6	3	2
	Totaal emissies		205	184	83
Landbouw-bedrijfs- leven	Stal en opslag	67	61	47	41
	Uitrijden	98	91	23	20
	Weide	24	19	13	12
	Ruwvoer	9	8	6	6
	Gewasresten	7	6	4	4
	Totaal emissies		205	185	93
Milieu	Stal en opslag	67	56	13	10
	Uitrijden	98	87	17	13
	Weide	24	18	8	7
	Ruwvoer	9	7	3	3
	Gewasresten	7	5	3	2
	Totaal emissies		205	173	44

Naast de specifieke emissie-reducerende maatregelen levert ook de vermindering in de stikstofbemesting een belangrijke bijdrage aan de emissiereductie. De vermindering in de stikstofbemesting heeft namelijk een vermindering van het stikstofgehalte in ruwvoer tot gevolg, en als gevolg daarvan dalen de emissies van de graasdiereën.

Naast de ammoniakemissies zijn er ook andere vormen van stikstofverliezen. De "overige stikstofverliezen" in de tabellen 4.1 t/m 4.4 geven de trend in emissies van stikstof in de vorm van nitraat naar grond- en oppervlaktewater (uit- en afspoeling) en van stikstofgas naar de atmosfeer (denitrificatie). De laatste vorm van stikstofverlies is op zich niet belastend voor het milieu. Aannemend dat globaal een vaste verhouding tussen de verschillende vormen van "overige stikstofverliezen" gehandhaafd blijft, kan gesteld worden dat de trend van "overige stikstofverliezen" een goede indicatie is voor de ontwikkeling van de uit- en afspoeling. Deze trend is weergegeven in tabel 4.7.

Op grond van een vergelijking van de scenario-resultaten in tabel 4.6 en 4.7 kan geconcludeerd worden dat de reductie van NH₃-emissies en uit- en afspoeling niet strijdig met elkaar hoeven te zijn. Vervolgens blijkt dat de overige stikstofverliezen voor elk van de scenario's in sterkere mate dalen dan de NH₃-emissies.

Tabel 4.7 Trend in overige stikstofverliezen (N), indicatief voor uit- en afspoeling (%)

Scenario	Periode 1985-2000	Periode 1985-2010
Basis	-15	-18
Overheid	-85	-90
Landbouw-bedrijfsleven	-55	-62
Milieu	-87	-92

De resultaten in tabel 4.2 geven aan dat de beleidsdoelstellingen, zoals overeengekomen op de Noordzee-conferenties, en die er op gericht zijn om de milieubelasting van ondermeer stikstof in de periode 1985-1995 te halveren, niet gerealiseerd worden in de landbouwsector in het overheidsscenario. Daarentegen wordt deze doelstelling in dit scenario wel gerealiseerd in de periode 1985-2000. In de periode 1995-2000 zullen ondermeer stikstof- en fosfaatnormen strenger worden en er toe leiden dat de verliezen van mineralen verminderen.

4.4 De ontwikkeling in de benutting van stikstof

De mineralenbenutting is een belangrijke indicator voor de bepaling van de omvang van het mineralenoverschot, dat voor een deel bijdraagt aan de milieubelasting. Deze wordt hier gedefinieerd door de stikstof-inhoud in zowel de dierlijke en plantaardige produkten (vlees, melk, eieren, slachtafval en akkerbouw) als ook in de verwerkte mest, te relateren aan de aangevoerde hoeveelheid mineralen in de landbouw uit kunstmest, krachtvoer en exogene depositie.

Tabel 4.8 geeft de trend in de mineralenbenutting tussen 1985 en 2010 voor de vier scenario's. De benutting van stikstof is volgens deze cijfers in 1985 ongeveer 26%. Meer dan 20% van de dierlijke produktie bestaat uit slachtafval, dat voor een belangrijk deel weer wordt benut voor de produktie van krachtvoer en op die manier op een later moment weer in het landbouw-systeem wordt aangewend.

Tabel 4.8 De mineraleninhoud in plantaardige en dierlijke produkten (P) en van de in fabrieken verwerkte mest (M), als percentage van de aangevoerde mineralen uit kunstmest, krachtvoer en exogene depositie

Scenario	1985	1990	2000		2010	
	P	P	P	M	P	M
Basis	26	29	30	0	31	0
Overheid	26	29	35	25	51	28
Landbouw-bedrijfsleven	26	29	36	17	40	19
Milieu	26	32	58	5	62	7

De stijging in de benutting van mineralen is allereerst het gevolg van een autonome trend in de verbetering van de voederconversie (zoals het basisscenario laat zien) en daarnaast van verschillende beleidsmaatregelen die in de scenario's zijn opgenomen, zoals de reductie van het mineralengehalte in krachtvoer.

In alle scenario's wordt een aanzienlijke verbetering in de mineralenbenutting bereikt ten opzichte van het basisscenario. Daarbij is er in het milieuscenario sprake van een hogere benutting van mineralen in de eindprodukten dan in het overheidsscenario. De reden hiervoor is dat er in het milieuscenario een reductie van 25% in het mineralengehalte in krachtvoer gerealiseerd wordt. Het totaal van de mineralenbenutting, waarbij ook rekening gehouden wordt met de hoeveelheid mineralen in de verwerkte mest, is in het overheidsscenario hoger dan in het milieuscenario. De reden hiervoor is dat in het overheidsscenario meer dan 25% van

de mineralen in de mestfabrieken verwerkt wordt, terwijl de omvang van de mestverwerkingscapaciteit in het milieuscenario beperkt is. Opgemerkt dient te worden dat er geen rekening gehouden is met afzetperspectieven van de verwerkte mest, noch met de kwaliteit van dit produkt. De dierlijke mest die verwerkt wordt in de fabrieken, wordt aan het landbouw-systeem onttrokken (en geëxporteerd).

In het bedrijfslevensscenario vindt er na 2000 nog slechts een beperkte verbetering in de mineralenbenutting plaats.

In het overheidsscenario vindt er tussen het jaar 2000 en 2010 nog een belangrijke verbetering in de mineralenbenutting plaats, ondermeer vanwege de reductie van de emissies en de overige mineralenverliezen.

Door het verwerken van dierlijke mest kunnen de mineralenverliezen naar de lucht en het oppervlakte- en grondwater vermindert worden. Daarnaast zijn er echter diverse andere factoren die eveneens bijdragen aan een verbetering van de mineralenbenutting, zoals de inzet van groenbemesters, de verbetering in de voederconversie en een verbetering in de benutting van dierlijke mest, door het onderwerken van mest.

4.5 Het fosfaatoverschot uit dierlijke mest

In de periode tussen 1990 en 2010 zullen de stikstof- en fosfaatsnormen geleidelijk scherper worden, zodat de hoeveelheid mineralen uit de dierlijke mest die op het land uitgereden kan worden, daarmee evenredig vermindert. Als gevolg hiervan zal het mestoverschot toenemen, tenzij het mineralengehalte van dierlijke mest sterker daalt. In elk van de scenario's zal er vooral in de zandgebieden sprake zijn van een fosfaatoverschot, waarbij er minder op het landbouwareaal aangewend mag worden dan er uit de dierlijke mest aangeboden wordt. In tabel 4.9 wordt voor elk van de scenario's de fosfaat-inhoud in de dierlijke mest in de zandgebieden vergeleken met de hoeveelheid fosfaat zoals die volgens de normen maximaal aangewend mag worden op het landbouwareaal in de zandgebieden. De hoeveelheid fosfaat die aangewend mag worden, wordt niet alleen bepaald door de normen, maar hangt ook samen met de ontwikkeling in het landbouwareaal die per scenario verschilt.

In het milieuscenario is er vanaf 1990 sprake van een (beperkt) fosfaatoverschot in de zandgebieden, terwijl in de beide andere scenario's in dat jaar met de veestapelomvang en de fosfaatsnormen nog sprake is van een fosfaat-tekort.

Bij het optreden van een fosfaatoverschot in een regio zijn er een tweetal opties voor het aanwenden daarvan. Het mestoverschot kan of in een andere regio aangewend worden, onder de voorwaarde dat de normen voor de aanwending van mest daarmee niet overschreden worden, of ze kan verwerkt worden, rekening houdend met de beschikbare capaciteit voor mestverwerking.

Tabel 4.9 De fosfaat-inhoud in dierlijke mest (aanbod) en de mogelijkheid voor het aanwenden van dierlijke mest op het landbouw-areaal (vraag), en bijbehorend fosfaat-overschot (c.q. -tekort) in de periode 1990-2010 op de zandgebieden (in kton P205)

Scenario		1990	2000	2010
Overheid	Aanbod	201	217	214
	Vraag	227	85	80
	Overschot (tekort)	(26)	132	134
Bedrijfsleven	Aanbod	201	209	214
	Vraag	227	112	110
	Overschot (tekort)	(26)	97	104
Milieu	Aanbod	201	92	90
	Vraag	181	80	71
	Overschot	20	12	19

Indien er sprake is van een nationaal fosfaat-overschot dat niet meer verwerkt danwel in een andere regio aangewend kan worden, is er in het model uitgegaan van een zodanige aanpassing in de stalcapaciteit dat dit overschot teruggedrongen wordt. Dit proces vindt vooral plaats in het milieuscenario. Daarentegen is er in het bedrijfslevensscenario door de beschikbare capaciteit voor mestverwerking geen nationaal fosfaatoverschot, zodat er in dat scenario geen reductie in de stalcapaciteit plaatsvindt.

4.6 Mestverwerkingscapaciteit

Mestverwerking is een belangrijke optie in het huidig landbouw-milieubeleid om de problematiek van de mestoverschotten aan te pakken. Daarvoor zal in de periode tot 1995 in totaal zes miljoen ton capaciteit beschikbaar komen. In de periode tussen 1995 en 2000 wordt de capaciteit verder uitgebreid tot een totaal van 20 miljoen ton per jaar. In het milieuscenario blijft de mestverwerkingscapaciteit bescheidener van omvang, aangezien de totale verwerkingscapaciteit maximaal 3,5 miljoen ton per jaar is (tabel 4.10). Er is aangenomen dat de kosten voor het fabrieksmatig verwerken van de mest in alle scenario's gelijk zijn.

Hoewel er in zowel het overheidsscenario als het landbouw-bedrijfslevensscenario al in 1995 een verwerkingscapaciteit van 6 miljoen ton beschikbaar is, wordt deze capaciteit op dat moment nog niet volledig ingezet. Dit hangt samen met het feit dat de normen voor de aanwending van dierlijke mest in deze scenario's na dat jaar aangescherpt worden, hetgeen tot een fosfaat-over-

schot in vooral de zandgebieden leidt. Daarnaast moet er ook rekening gehouden worden met het feit dat dit model een onderschatting van het mestoverschot zal geven omdat de analyse uitgaat van een gemiddelde boer per regio met een gemengd bedrijf waar mest op uitgereden kan worden. Daarbij is er eveneens van uitgegaan dat er sprake is van een volledige acceptatie van dierlijke mest, niet alleen in de zogenaamde overschotgebieden, maar ook in de mesttekortgebieden.

Tabel 4.10 Het gebruik van de beschikbare capaciteit voor de verwerking van dierlijke mest in de zandgebieden in de scenario's en de totale beschikbare capaciteit per scenario in het jaar 2000 (in miljoen ton mest)

Scenario	Mestsoort	1995	2000	2010	Capaciteit
Overheid	Pluimvee	0,7	4,0	4,0	4,0
	Varkens	0	16,0	16,0	16,0
Landbouw- bedrijfsleven	Pluimvee	0,4	4,0	4,0	4,0
	Varkens	0	16,0	16,0	16,0
Milieu	Pluimvee	0	0,1	0,1	0,1
	Varkens	1,4	2,1	2,8	3,4

4.7 Ontwikkeling van de stalcapaciteit

In het model wordt uitgegaan van een hoeveelheid beschikbare stalcapaciteit die volledig benut wordt. De stalcapaciteit wordt daarbij weergegeven in sbe. In tabel 4.11 wordt per regio de ontwikkeling van de stalcapaciteit gepresenteerd. In het basisscenario daalt de stalcapaciteit met bijna 12%.

In het overheid- en milieuscenario wordt de stalcapaciteit aangepast op grond van de fosfaatsnormen, omdat als gevolg van deze normen in de toekomst minder mineralen aangewend mogen worden. Dit aanpassingsproces heeft vooral gevolgen voor de stalcapaciteit in de zandgebieden en is in het bijzonder in het milieuscenario van belang. In het milieuscenario vindt aanpassing van de stalcapaciteit, vanwege het nationaal fosfaatoverschot, plaats vanaf 1993.

In de zandgebieden krimpt de intensieve veehouderij in het milieuscenario sterk in. Zo zal de varkenshouderij in dit scenario tussen 1985 en 2010 met ongeveer 85% inkrimpen. De totale stalcapaciteit daalt in het milieuscenario met ongeveer 50%.

Tabel 4.11 Ontwikkeling van de stalcapaciteit in de scenario's in de periode 1985-2010 (in miljoen sbe)

Scenario	Regio	1985	2000	2010
Basis	Zand	8,0	7,6	7,4
	Klei	2,1	1,8	1,7
	Veen	1,7	1,4	1,3
	Totaal	11,8	10,8	10,4
Overheid	Zand	8,0	7,7	7,4
	Klei	2,1	1,8	1,7
	Veen	1,7	1,4	1,3
	Totaal	11,8	10,9	10,4
Bedrijfsleven	Zand	8,0	7,6	7,4
	Klei	2,1	1,8	1,7
	Veen	1,7	1,4	1,3
	Totaal	11,8	10,8	10,4
Milieu	Zand	8,0	3,4	3,4
	Klei	2,1	1,7	1,4
	Veen	1,7	1,2	0,5
	Totaal	11,8	6,5	6,0

4.8 De areaalontwikkeling

Het totaal areaal voor de agrarische sector is een randvoorwaarde in de scenario's. In elk van de scenario's worden veronderstellingen opgenomen over de omvang van de areaalonttrekking. In het basisscenario worden geen wijzigingen in het totaal landbouwareaal verondersteld, terwijl in de 3 overige scenario's tussen 1990 en 2010 een jaarlijkse areaalreductie van 0,25% (bedrijfslevenscenario), 0,5% (overheidsscenario) en 1% (milieuscenario) verondersteld is. Vervolgens wordt aangenomen dat het totaal beschikbaar landbouwareaal ook volledig ingezet wordt.

Het totaal landbouwareaal daalt in het milieuscenario tussen 1985 en 2010 met ongeveer 20%. Dit heeft tot gevolg dat de mogelijkheden om mest uit te rijden verminderen. Dit leidt tot een nationaal fosfaatoverschot dat slechts in beperkte mate verwerkt kan worden. Om deze reden zal ook de areaalreductie een vermindering in de stalcapaciteit tot gevolg hebben. De areaalreductie in het overheidsscenario en het bedrijfslevenscenario is respectievelijk 10 en 6 procent.

In alle scenario's verschuift het bouwplan in de richting van maisland, ten koste van zowel gras- en akkerland. Dit is het gevolg van de verschillen in mestnormen, terwijl ook de beschikbaarheid van ruwvoer voor de graasdiersector van belang is.

4.9 De ontwikkeling van de veestapel

In het milieuscenario zal vanaf 1995 het melkquotum niet volledig benut worden. De reden hiervoor is dat de fosfaatnormen in dit scenario tot zodanige aanpassingsprocessen in de stalcapaciteit leiden, dat de melkveehouderij als gevolg daarvan onder het melkquotum komt.

In het overheids- en landbouw-bedrijfslevensscenario kan de groei van de pluimveehouderij verklaard worden uit de hogere benutting van de mineralen in deze sector in vergelijking tot de mineralenbenutting bij graasdieren. Ook de produktiviteitsontwikkeling in de pluimveehouderij, welke stijgt terwijl de produktiviteit in de varkenshouderij in de scenario's niet stijgt, speelt daarbij een rol. Zo is de benutting van stikstof voor pluimvee ongeveer 35%, terwijl deze bij graasdieren ongeveer 15% is. Deze relatief hoge mineralenbenutting in de pluimveesector leidt er in het milieuscenario toe dat de veestapelomvang in deze sector minder snel afneemt dan die voor de andere veesoorten.

4.10 De inkomensontwikkeling

In het basisscenario daalt het inkomen tussen 1985 en 2010 met ruim 400 miljoen gulden. De reden daarvan is dat de stalcapaciteit met ongeveer 12% daalt als gevolg van het melkquotum dat vastgesteld is op het niveau van 1988, terwijl daarnaast aangenomen is dat de produktieprijs jaarlijks met ongeveer 0,5% dalen. Invoering van de milieumaatregelen leidt in de scenario's vervolgens tot aanzienlijke verdere daling van het sectorinkomen. In het overheids-, bedrijfsleven- en het milieuscenario daalt het inkomen in het jaar 2010, ten opzichte van het basisscenario, met respectievelijk 1,2 miljard, 0,3 miljard en 2,6 miljard gulden. In de tabellen 4.12, 4.13 en 4.14 wordt voor elk van de scenario's in vergelijking tot het basisscenario aangegeven op welke onderdelen er sprake is van een kostenverhoging danwel verlaging. Daarbij wordt eveneens een onderscheid in kostenwijziging voor elk van de regio's gemaakt. In het overheid- en bedrijfslevensscenario levert de stijging van de kosten voor krachtvoer het grootste aandeel in de daling van het inkomen. Daar staan ook besparingen tegenover, zoals de besparing op kunstmest en overige kosten.

De hier geraamde inkomensgevolgen van het milieubeleid in het overheidsscenario komen in belangrijke mate overeen met de raming, gepresenteerd in Wijnands (1990). In die studie is uitgegaan van een daling van de mineralenuitscheiding bij varkens en pluimvee van ongeveer 15 procent, een eindnormering van 125 kg fosfaat per hectare, een ammoniakemissiereductie van minimaal 50 procent en een aanwending van de mest in het voorjaar. De totale kosten van dat pakket maatregelen zijn geraamd op ongeveer 900

Tabel 4.12 Kostenverschillen in 2010 (in miljoen gulden). Overheidsscenario ten opzichte van het basisscenario

	Zand	Klei	Veen	Totaal
Krachtvoer	1120	339	68	1526
N-reductie krachtvoer	69	8	3	80
Emissiereductie stallen	283	60	27	370
Emissiereductie uitrijden	53	15	16	85
Reductie akkerbouwopbrengst	115	38	0	154
Mestverwerking	38	0	0	38
Mesttransport	21	11	8	40
Mestscheiding	8	3	0	11
Kunstmest	-365	-130	-130	-625
Overige kosten	-432	-87	60	-460
Totaal	910	257	52	1219

Tabel 4.13 Kostenverschillen in 2010 (in miljoen gulden). Bedrijfslevensscenario ten opzichte van het basisscenario

	Zand	Klei	Veen	Totaal
Krachtvoer	593	282	77	952
N-reductie krachtvoer	44	5	2	51
Emissiereductie stallen	62	25	3	90
Emissiereductie uitrijden	49	6	16	71
Reductie akkerbouwopbrengst	101	40	0	141
Mestverwerking	37	0	0	37
Mesttransport	0	5	0	5
Mestscheiding	0	0	2	2
Kunstmest	-129	-75	-94	-299
Overige kosten	-484	-205	-5	-694
Totaal	272	82	3	357

miljoen gulden per jaar. Indien er geen stelsel van inkomenssteun zou komen, kan de hier beschreven inkomensontwikkeling grote gevolgen hebben voor de werkgelegenheid in de landbouw.

Tabel 4.14 Kostenverschillen in 2010 (in miljoen gulden). Milieuscenario ten opzichte van het basisscenario

	Zand	Klei	Veen	Totaal
Krachtvoer	-3278	59	-369	-3588
N-reductie krachtvoer	110	42	9	162
Emissiereductie stallen	131	80	22	234
Emissiereductie uitrijden	37	6	8	52
Reductie akkerbouwopbrengst	103	40	0	144
Mestverwerking	6	0	0	6
Mesttransport	3	2	0	5
Mestscheiding	0	7	6	0
Kunstmest	-367	-153	-89	-608
Overige kosten	4802	417	1017	6236
Totaal	1549	495	599	2642

4.11 Conclusies

De doelstellingen voor de reductie van ammoniakemissies in het jaar 2000 kunnen globaal gerealiseerd worden. Verdere reductie is slechts beperkt mogelijk met de nu bekende technieken, zodat voor realisatie van de doelstellingen in 2010 aanvullende maatregelen, c.q. verbeterde technieken noodzakelijk zijn.

Door gelijktijdig maatregelen te nemen die gericht zijn op de reductie van uit- en afspoeling van mineralen en de emissies van NH₃, lijkt het ammoniakbeleid niet tot een verschuiving van het probleem naar andere milieucapartimenten te leiden.

De invoering van de milieumaatregelen zal wel aanzienlijke consequenties voor de structuur en rentabiliteit van de landbouw hebben, vooral in het overheids- en milieuscenario. Gezien de grote inkomensdaling (respectievelijk 1.2 en 2.6 miljard) kan men zich afvragen of het niet voordeliger zou zijn minder vergaande maatregelen te combineren met volumebeleid. Een zeer ruwe indicator vormt het quotiënt van emissies en inkomen.

Tabel 4.15 geeft per scenario de emissies per 1000 gulden inkomen in de agrarische sector. Hiermee wordt aangegeven in hoeverre een daling in de ammoniakemissies parallel loopt aan een vermindering van het inkomen in de agrarische sector. In elk van de drie scenario's dalen de emissies sneller dan de inkomens, met uitzondering van het basisscenario en het milieuscenario, waar tussen het jaar 2000 en 2010 een lichte stijging in de emissies per gulden inkomen lijkt op te treden.

De inkomenseffecten zijn niet alleen het gevolg van het ammoniakbeleid, maar worden voor een belangrijk deel ook veroorzaakt door de areaalvermindering en, zij het in mindere mate, door het fosfaatbeleid. De omvang van deze effecten is geraamd

**Tabel 4.15 Ammoniakemissies (in kg N per 1000 gulden inkomen)
voor de scenario's in de periode 1985-2010**

Scenario	1985	1990	2000	2010
Basis	35,3	32,8	32,4	33,3
Overheid	35,3	32,5	17,9	15,6
Landbouw-bedrijfsleven	35,3	32,0	17,5	16,5
Milieu	35,3	30,2	12,6	12,8

Tabel 4.16 Verandering in inkomen, NH₃-emissies en "overige stikstofverliezen" wanneer bepaalde beleidsvariabelen in het overheidsscenario vervangen worden door de waarden daarvan in het basisscenario

	1995	2000	2005	2010
Verandering in inkomen (mln. gld.)				
Totaal areaal	81	186	312	324
N-reductie veevoer	31	57	33	2
Emissiereductie stallen	72	129	312	301
Verbetering aanwendingstechnieken	259	187	230	194
Capaciteit mestverwerking	-12	-1151	-865	-301
Normen voor mestaanwending	130	478	494	652
Verandering in emissies (kton N)				
Totaal areaal	0	0	0	0
N-reductie veevoer	3	7	8	8
Emissiereductie stallen	2	6	6	6
Verbetering aanwendingstechnieken	30	31	36	38
Capaciteit mestverwerking	-2	-24	-22	-20
Normen voor mestaanwending	1	19	15	13
Verandering in overige stikstofverliezen (kton N)				
Totaal areaal	14	17	15	25
N-reductie veevoer	27	48	60	63
Emissiereductie stallen	1	5	1	1
Verbetering aanwendingstechnieken	-1	-5	-13	-14
Capaciteit mestverwerking	3	87	49	45
Normen voor mestaanwending	9	374	365	353

door twee varianten op de scenario's te onderzoeken. Hierbij blijken ook kleine verschillen in de emissies op te treden.

Tabel 4.16 geeft voor het overheidsscenario de verschillen in inkomen, emissies en overige stikstofverliezen (door uit- en afspoeling en denitrificatie) bij vervanging van bepaalde beleidsvarianten door de waarden in het basisscenario.

Wanneer in het overheidsscenario verondersteld zou zijn dat het landbouwareaal niet vermindert, zou het inkomen op jaarbasis met ruim 300 miljoen gulden stijgen, de emissies onveranderd blijven en de overige stikstofverliezen met 25 kton stijgen. Wanneer er in het overheidsscenario geen capaciteit beschikbaar zou zijn voor de (grootschalige) verwerking van dierlijke mest, zou het inkomen in het jaar 2000 ruim 1,1 miljard gulden lager zijn. De reden daarvan is dat er op nationaal niveau een mineralenoverschot zou zijn vanwege de vigerende stikstof- en fosfaatnormen. Dit overschot leidt tot een zodanige vermindering van de stalcapaciteit dat de mineralen in dierlijke mest toch binnen de gestelde normen aangewend kunnen worden.

5. Algemene uitgangspunten in het SAL-project

5.1 Inleiding

Het vervolg van dit rapport is vooral methodologisch van aard en gaat in op de aanpak zoals die in de studie gevolgd is. Daarnaast worden een aantal belangrijke keuzes, die gemaakt zijn in elk van de afzonderlijke componenten, toegelicht.

In dit hoofdstuk worden allereerst de algemene uitgangspunten van het project beschreven. In paragraaf 5.2 wordt het gebruik van de interactieve systeembenadering en de forummethode toegelicht en vergeleken met andere methoden die mogelijk zijn om beleidmakers te betrekken bij de uitvoering van een studie. In paragraaf 5.3 wordt ingegaan op de mogelijke consequenties van de in de studie gevolgde keuzes ten aanzien van regionalisering en aggregatie.

5.2 Het gebruik van de interactieve systeembenadering

Bij beleidsvoorbereiding en -uitvoering is er voortdurend behoefte aan onderzoek om de korte- en langetermijn effecten van bepaalde maatregelen te ramen en de ruimte voor beleidsopties te verkennen. De "beleidslevencyclus" (Winsemius, 1986) kan behulpzaam zijn om een aantal fasen tussen probleemsignalering, beleidsvoorbereiding, -uitvoering en de evaluatie van beleidsmaatregelen, en de rol die onderzoek hierbij kan vervullen, schematisch weer te geven. Deze hypothese geeft aan dat de aandacht in het beleid voor relevante thema's een viertal stadia kan doorlopen: afhankelijk van de fase waarin een thema zich in het beleid bevindt (waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen probleemsignalering, beleidsformulering, beleidsuitvoering en controle/beheer via het beleid) zal de rol van het onderzoek hierbij verschillend zijn. De veranderende rol van onderzoek in milieueconomische thema's in de vier stadia van de beleidslevencyclus is onder andere beschreven in Brouwer en Nijkamp (1990).

Het eerste stadium van de beleidslevencyclus wordt gekenmerkt door de signalering van een mogelijk probleem in de samenleving. Hierbij kan gedacht worden aan een thema als de verzuring van bodem, oppervlakte- en grondwater, wat in het zuiden van Noorwegen in de jaren twintig al waargenomen is en op dat moment mede leidde tot een vermindering van de zalmopbrengst, en rond het begin van de jaren tachtig tot de bossterfte in Midden Europa. Een gedetailleerd inzicht in de belangrijke oorzaak-gevolg relaties zal in het stadium van probleemsignalering nog veelal ontbreken, en het onderzoek zal zich daarom vooral richten op het verwerven van wetenschappelijke kennis. Na een periode waarin er

toenemende consensus in het beleid ontstaat over de omvang en ernst van een thema, zullen in het tweede stadium van de cyclus beleidsdoelstellingen en mogelijke -maatregelen geformuleerd worden. De bijdrage van het onderzoek kan dan liggen in het verkennen van de effecten van een aantal mogelijke beleidsopties (zoals een beperking van de SO₂ en NO_x emissies ten einde de verzuring aan te pakken, bijvoorbeeld via het ECE protocol voor de beperking van SO₂ emissies). In het derde stadium zullen beleidsmaatregelen doorgevoerd worden en ook de benodigde technische aanpassingen in de relevante sectoren gedaan. Deze maatregelen zullen er op gericht zijn om de geformuleerde doelstellingen te realiseren. In deze fase zal de bijdrage van het onderzoek voornamelijk liggen op het terrein van gekwantificeerde toekomstverkenningen op basis van uiteenlopende beleidsvarianten. De vierde en laatste fase richt zich vooral op de controle en het beheer van de milieumaatregelen. Het beheer en onderhoud van monitoringprogramma's spelen een relevante rol in de vierde fase van de beleidslevencyclus en zullen voornamelijk gericht zijn op controle van de naleving van maatregelen. Hierbij valt in Nederland te denken aan het Landelijk Meetnet luchtkwaliteit en in Europees verband aan het EMEP programma van de ECE, waarmee systematisch in 23 landen de luchtkwaliteit gemeten en geëvalueerd wordt.

Met behulp van de interactieve systeemanalyse kan onderzoek een beleidsprobleem, zoals de aanpak van de verzuringsproblematiek en de invloed daarvan op de agrarische sector, in nauwe samenwerking met betrokkenen (bijvoorbeeld het landbouwbedrijfsleven en de landbouwkundige onderzoeksinstituten) en beleidsmakers analyseren, waarbij de beleidsopties en -varianten verkend kunnen worden. Dit kan modelmatig gekwantificeerd worden op basis van de meest geëigende wetenschappelijke inzichten. In de hier gerapporteerde tweede fase van het SAL project is het model voornamelijk geoperationaliseerd door gebruik te maken van de forummethode, waarbij een aantal referentenbijeenkomsten met de opdrachtgevers en andere deskundigen zijn georganiseerd. Op drie momenten zijn deze referentenbijeenkomsten gehouden.

Allereerst in het beginstadium van de projectfase, waarbij na de formulering van onderzoeksvragen en -aanpak, voornamelijk gesproken is over de globale opzet en invulling van de relevante beleidsscenario's en de complexe relaties in de stikstofkringloop. Het gebruik van causale diagrammen, waarbij een aantal belangrijke oorzaak-gevolg relaties weergegeven worden, speelt daarbij een belangrijke rol. Deze oorzaak-gevolg relaties worden vervolgens in het systeemdynamische model geprogrammeerd.

Een tweede serie referentenbijeenkomsten had tot doel om de invulling van de ontwikkelde scenario's te toetsen aan de actuele beleidsvragen, de gemaakte keuzes in de produktie-ecologische en economische componenten toe te lichten en waar nodig aan te passen.

Het systeemdynamisch model is gekoppeld aan een optimalisatiesubmodel dat de economische substitutieprocessen beschrijft in

reactie op veranderende saldi in de dierlijke sectoren en de gasproductie. De combinatie van systeemdynamica en een economische analyse gebaseerd op de principes van winstoptimalisatie zoals in het project gevolgd, is analoog aan een recentelijk afgeronde analyse van de Oostenrijkse economie (Fleissner, 1989). De gevolgde aanpak lijkt gezien de ervaringen die opgedaan zijn in deze studie met name relevant te zijn wanneer voldaan is aan de volgende voorwaarden:

- Het probleem is zodanig complex dat een regelmatig overleg tussen onderzoekers en beleidsmedewerkers gewenst is om overeenstemming te bereiken over onder andere de invulling van scenario's en de mate van detaillering voor de verschillende modelcomponenten. De systeemdynamica, met name causale diagrammen, kan bij de forummethode gebruikt worden om met deskundigen die uiteenlopende specialismen kunnen hebben een beleidsprobleem te analyseren en de mogelijke gevolgen van beleidsvoornemens te verkennen (Nijland et al., 1989).
- Er is in voldoende mate sprake van overeenstemming over de relevante oorzaak-gevolg relaties die van belang zijn voor de verschillende beleidsvoornemens, terwijl lange termijn effecten nog onvoldoende verkend zijn.

Het gebruik van de forummethode is in de context van anti-versuringsbeleid in Nederland beschreven in Bovy et al. (1989). Er is binnen het kader van dat project een serie bijeenkomsten georganiseerd waaraan deelgenomen is door vertegenwoordigers van sectoren (landbouw, industrie, verkeer en vervoer) die een bijdrage moeten leveren aan een emissiereductie. Een belangrijke bijdrage van de forummethode is gelegen in het onderhandelingsproces, gericht op het bereiken van consensus tussen de relevante autoriteiten en belangengroepen in de samenleving, zoals de industrie, agrarische sector en het verkeer en vervoer. De in het SAL-project toegepaste forummethode en de interactieve systeembepaling lijkt vooral nuttig te zijn voor het analyseren van beleidsproblemen die zich in een stadium bevinden waarin voldoende inzicht bestaat in de belangrijkste oorzaak-gevolg relaties. Er zal echter in dat stadium nog onzekerheid kunnen bestaan omtrent de kwantitatieve invulling van deze technische relaties. Een voorbeeld hiervan is de toepassing van emissiereductiemaatregelen in stallen in de periode tussen 1990 en 2010. Onder invloed van technologische veranderingen kunnen deze maatregelen substantieel goedkoper worden. De relaties die in een systeemdynamisch model gekwantificeerd worden, zijn niet noodzakelijk gebaseerd op statistisch/econometrische methoden (Geurts et al., 1989). Daarnaast lijkt ze ook geschikt om complexe beleidsproblemen te analyseren. Het is eveneens van belang dat beleidsdoelstellingen en beleidsmaatregelen op dat moment al geformuleerd zijn. Daarentegen kan er op zo'n moment in het beleid echter behoefte ontstaan om een breder inzicht te verkrijgen in (i) de mogelijke interacties tussen economische aanpassingen en ecologische effecten voor de

agrarische sector als geheel, (ii) de mogelijke lange-termijn effecten (zowel economisch als ecologisch) van verschillende maatregelen, en (iii) de opties die er bij de verschillende varianten in de toekomst nog open kunnen blijven, c.q. geblokkeerd zijn.

Deze voorwaarden geven aan dat de hier gevolgde methode vooral zinvol kan zijn in de stadia twee en drie van de beleidslevencyclus. De aanpak van de verzuringsproblematiek in de agrarische sector bevindt zich op dit moment ook in het gebied tussen stadium twee en drie. Wanneer echter nog grote onzekerheid bestaat omtrent de aard en omvang van een probleem (de eerste fase van de beleidslevencyclus), en onvoldoende wetenschappelijke overeenstemming bestaat om gekwantificeerde uitspraken te doen over oorzaak-gevolg relaties, kunnen andere methoden ook zinvolle inzichten verschaffen (Vennix, 1990). Hierbij kan de zogenaamde "policy exercise" methode genoemd worden (zie hiervoor ook Stigliani et al. (1989)). In deze studie lag de nadruk op het verkennen van de beleidsopties bij een aantal scenario's voor veranderingen in het Europese milieu tot het jaar 2030. De dilemma's die volgen uit een beschreven scenario voor het jaar 2030 wordt daarbij voorgelegd aan en geanalyseerd met een groep deskundigen (vanuit beleid of doelgroepen in de samenleving) die een sleutelrol vervullen in het aanpakken van een beleidsthema. Hiertoe kunnen bij het verkennen van beleidsopties die van belang zijn voor energie scenario's bijvoorbeeld vertegenwoordigers van de betrokken ministeries, de industrie en verkeer en vervoer betrokken worden. Mogelijke dilemma's voor huidige beleidsbeslissingen van ontwikkelingen op lange termijn kunnen betrekking hebben op de benodigde infrastructurele voorzieningen welke grote maatschappelijke kosten vereisen, terwijl dit eventueel nog verder gecompliceerd kan worden bij het ontbreken van wetenschappelijke overeenstemming omtrent de ernst van een thema.

De laatste methode lijkt speciaal nuttig voor beleidsthema's die pas op langere termijn (bijvoorbeeld enkele decennia) urgent zijn en waarvoor een lange periode van beleidsvoorbereiding en -uitvoering vereist is vanwege de grote maatschappelijke en economische gevolgen. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de mogelijke maatschappelijke en economische gevolgen van een mondiale klimaatwijziging voor de waterhuishouding en -voorziening in Nederland. Een analyse als deze wordt onder andere gecompliceerd door de nog bestaande onzekerheid over de mogelijke omvang van de klimaatveranderingen op een ruimtelijk niveau als Nederland.

Tenslotte is het nog van belang om het verschil aan te geven tussen het gebruik van systeemdynamica en doelprogrammering, zoals bijvoorbeeld toegepast is in de WRR studie Ruimte voor Groei. Gedragsrelaties spelen bij de eerste methode een belangrijke rol, terwijl bij een methode als doelprogrammering de beslissingsmogelijkheden niet beperkt worden door gedragsrelaties, maar de beschikbare beleidsruimte in kaart gebracht wordt. Terwijl systeemdynamica daarmee een (te) pessimistische schets van de beleids-

effecten kan geven, kan het gebruik van doelprogrammering aanleiding geven tot een (te) optimistisch beeld van de beleidsruimte.

5.3 Regionalisering en aggregatie van het landbouwsysteem

De Nederlandse landbouw is in deze studie in drie regio's verdeeld (zand, klei en veen) waarbij iedere regio beschouwd wordt als een door één manager geleid, gemengd bedrijf met akkerbouw- en veehouderijactiviteiten. Op dit bedrijf moeten beslissingen genomen worden over onder andere bemesting (kunstmest en organische mest) en veevoeding (krachtvoer en ruwvoer). Hierbij fungeren milieumaatregelen als in de tijd veranderende randvoorwaarden die de bedrijfsbeslissingen beïnvloeden.

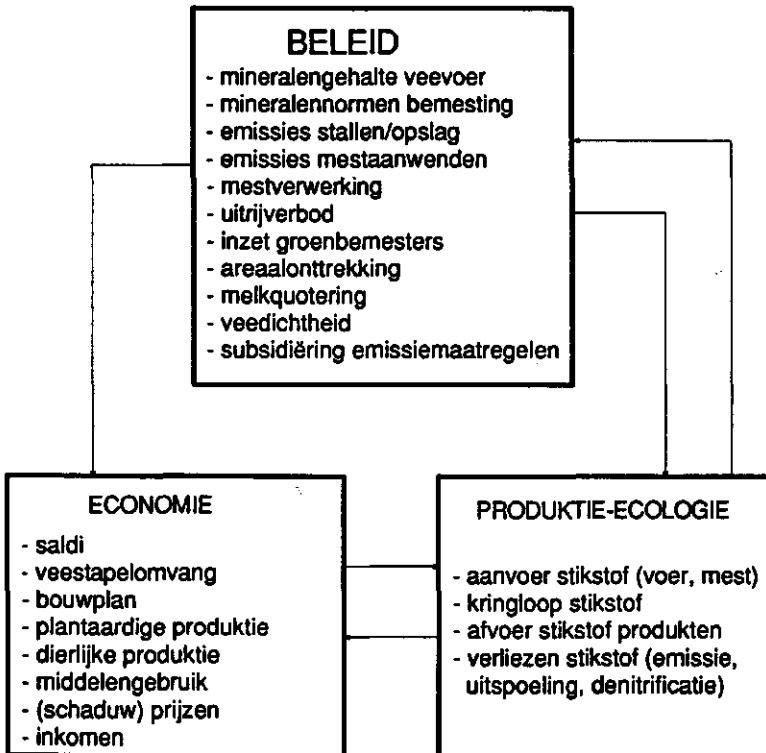
De gekozen regionalisering en de aggregatie van één afzonderlijk bedrijf voor een beschrijving van een agrarische sector heeft een aantal consequenties. De gekozen regionalisering kan namelijk gevolgen hebben voor de beslissingsvrijheid. Zo zal een individuele boer naar verwachting minder beslissingsvrijheid hebben dan een bedrijf zoals hier gedefinieerd is. Daarnaast kunnen de extremen weggemiddeld worden als gevolg van aggregatie. Hierbij valt ondermeer te denken aan het bepalen van het mestoverschot dat in het kader van de bestaande mestwetgeving op grond van het fosfaataanbod in de dierlijke mest per bedrijf bepaald wordt. Het aanwenden van een mestoverschot binnen een regio komt in het hier gepresenteerde model niet tot uitdrukking.

Het SAL project kan als een combinatie van een sectorale en een regionaal/nationale studie voor de verzuringsproblematiek gezien worden en dit heeft gevolgen voor de modeluitkomsten. De in dit project gevolgde benadering verschilt echter van een analyse op bedrijfsniveau. De studie beschrijft ontwikkelingstrends in een aantal sectoren, en de regionaal/nationaal-economische gevolgen van milieumaatregelen in termen van kosten, veestapelomvang, gewasproductie en milieu-effecten (emissies, uit- en afspoeling, denitrificatie, etc.). Terwijl er bij een analyse van de economische gevolgen van milieumaatregelen op bedrijfsniveau een te pessimistisch beeld van de economische gevolgen kan ontstaan omdat er geen rekening gehouden wordt met mogelijke alternatieven in een sector (zoals verplaatsingen van een sector), wordt er in deze studie geen rekening gehouden met eventuele beperkingen die voor het individuele boerenbedrijf kunnen gelden. De mogelijkheden om de omvang van mestoverschotten te ramen kan hier als voorbeeld dienen om het verschil aan te geven tussen een sectorale/nationale studie en een studie die zich baseert op bedrijfsgegevens. Luesink en Van der Veen (1989) berekenen dat ongeveer 44% van de geproduceerde drijfmest van varkens op het eigen bedrijf aangewend kan worden, bijna vijftig procent binnen de regio en het overige naar een andere regio getransporteerd wordt. De eventuele kosten voor het aanwenden van mest binnen de eigen regio zijn niet in het SAL project opgenomen, terwijl die voor het individuele bedrijf toch van belang zijn.

6. Uitgangspunten van de submodellen

6.1 Inleiding

Er zijn in deze studie drie soorten model relaties onderscheiden, welke ondergebracht zijn in overeenkomstige submodellen, te weten een beleidsmodel, een productie-ecologisch en een economisch submodel. De beleidsmaatregelen (normen, kosten voor bedrijfsaanpassingen, markt- en prijsbeleid) werken via het saldo van opbrengsten en kosten door in het economisch submodel. Verder zijn er wederzijdse relaties tussen het beleids- en productie-ecologisch submodel en tussen het productie-ecologisch en economisch submodel. De beleidsmaatregelen zijn mede van invloed in het productie-ecologisch submodel, aangezien een maatregel als een mineralennorm voor bemesting tot een vermindering van de verliezen van stikstof in de bodem kan leiden. Een schema voor de belangrijkste componenten in deze drie submodellen wordt in figuur 6.1 beschreven.



Figuur 6.1 Schema van relaties tussen de drie submodellen

De exogene variabelen in het economisch submodel zijn de prijzen van de produkten en produktiemiddelen, de hoogte van CAO-lonen, de kosten voor mestverwerking en mesttransport. In het produktie-ecologisch submodel zijn ondermeer van belang het aantal staldagen, de exogene emissies van buiten de Nederlandse landbouw, en de trend in mineralengehalte in de dierlijke mest.

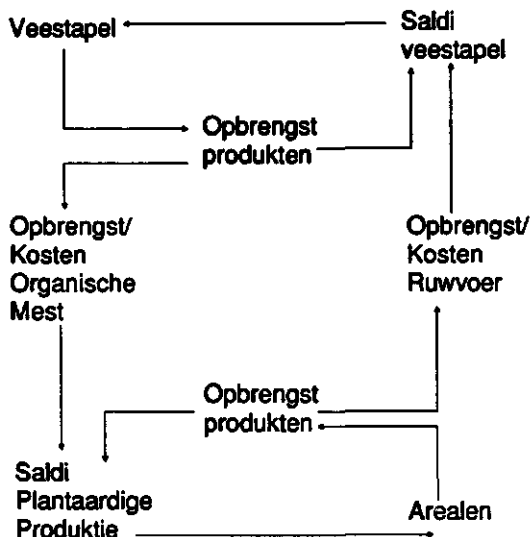
In paragraaf 6.2 worden de uitgangspunten van het economisch submodel nader toegelicht, terwijl in paragraaf 6.3 het produktie-ecologisch submodel besproken wordt.

6.2 Het economisch submodel

6.2.1 Inleiding

Het model veronderstelt een gemiddelde boer in de drie regio's (sand, klei en veen). Deze boeren nemen beslissingen omtrent de allocatie van het beschikbare areaal over de gewassen (akkerbouw, gras en snijmais) en van de beschikbare stalcapaciteit over de dierlijke activiteiten (melkkoeien, overige graasdieren, pluimvee en varkens). Aanbodsreacties in arealen en veestapels vinden plaats bij veranderende saldi en veronderstellen winstoptimalisatie van de regionale boer. Ze zijn gebaseerd op verwachte prijzen en produktiemogelijkheden (landbouwareaal, stalcapaciteit). Omgevingsfactoren als zuivelquotering, mestwetgeving en andere milieumaatregelen vormen randvoorwaarden waarbinnen het economisch rationeel handelen van de regionale boer plaatsvindt. Daarnaast wordt ook de arbeidsafvloeiing uit de agrarische sector naar de niet-agrarische sector beschreven. De gekozen modelspecificatie sluit nauw aan bij de specificaties die gebruikt zijn in het European Community Agricultural Model (ECAM). Dit model wordt ontwikkeld in een samenwerkingsverband tussen onder andere de Stichting Onderzoek Wereldvoedselvraagstukken (SOW), het Centraal Planbureau (CPB) en het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO).

Een schema van de korte-termijn relaties in het economisch submodel is beschreven in figuur 6.2. Het bovenste deel van de figuur beschrijft het economisch proces in de dierlijke sector, terwijl de plantaardige kringloop in het onderste deel weergegeven wordt. Via de waardering van ruwvoerders en het mineralengehalte van organische mest in de saldi van dieren en gewassen bestaan er relaties tussen de veehouderijsectoren en de gewasproductie. Ruwvoeder en organische mest worden op basis van schaduw-prijzen gewaardeerd. Deze prijzen hangen samen met de marktprijzen van respectievelijk krachtvoer en anorganische mest. Zo wordt het saldo in de gewasproductie bij aanwending van dierlijke mest mede bepaald door de waarde van het mineralengehalte in dierlijke mest, terwijl de waarde van het ruwvoer dat beschikbaar is voor melkkoeien en overige graasdieren mede bepalend is voor het saldo in deze dierlijke sectoren en indirect daarmee voor de veestapelomvang.



Figuur 6.2 Vraag en aanbod van ruwvoer en (het mineralengehalte van) dierlijke mest in relatie tot de economische kringloop van plantaardige produktie en veehouderij-activiteiten

6.2.2 Saldi in dierlijke en plantaardige produktie

De saldi voor gewassen en dieren beïnvloeden in het model een stelsel van aanbodfuncties dat de areaaltoewijzing voor de gewassen beschrijft en een stelsel vergelijkingen voor de beschrijving van de veestapelomvang. De geschatte vergelijkingen beschrijven veestapelaanpassingen en areaaltoewijzingen als functie van verwachte saldi en omgevingsfactoren welke als randvoorwaarde functioneren. De vergelijkingen zijn geschat op basis van informatie over de periode 1975-1988. Het LEI Boekhoudnet en de Metellingen van het CBS zijn de bronnen voor deze gegevens. Arealen van de gewasgroepen en veestapelomvang voor de drie regio's zijn bekend via de Metellingen, terwijl de opbrengsten en kosten voorzover ze toegerekend kunnen worden aan deze activiteiten (tegen marktprijzen) uit het Boekhoudnet volgen.

Naast marktprijzen voor de aankoop van onder andere kunstmest, bestrijdingsmiddelen en krachtvoer, is er bij de bepaling van de saldi tussen opbrengsten en kosten ook een stelsel van schaduwrijzen geformuleerd voor de waardering van organische mest en ruwvoer. De saldi zijn voor de schattingsperiode aangepast met de waardering van het mineralengehalte in organische mest en de energie-inhoud van het ruwvoergebruik door de grondgebonden veehouderij (melkkoeien en overige graasdieren). De schattingsresultaten voor de aanbodsreacties kunnen hiermee beter aan

Tabel 6.1 Saldo van opbrengsten en toegerekende kosten (marktprijzen, en schaduwrijzen voor ruwvoer en mineralen in organische mest) van vier dierlijke sectoren in de sand-, klei- en veengebieden (in gulden per bde) (1=melkvee, 2=overige graasdieren, 3=pluimvee, 4=varkens)

Jaar	Zandgebieden				Kleigebieden				Veengebieden			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1975	649	310	570	969	806	230	657	764	828	230	699	907
1976	348	97	638	614	616	37	732	493	589	12	1553	423
1977	837	384	466	695	1071	437	548	668	1024	264	713	590
1978	985	397	406	580	1147	531	321	444	985	262	514	244
1979	747	246	488	589	969	231	390	566	778	205	675	345
1980	711	332	608	374	1045	174	490	345	782	336	639	70
1981	952	516	601	780	1244	360	485	641	987	477	506	746
1982	1015	634	440	945	1309	313	77	805	1019	368	396	898
1983	972	653	1101	607	1274	160	564	443	885	288	348	316
1984	998	279	226	918	1342	84	214	634	1048	296	286	445
1985	1155	355	125	955	1481	173	265	744	1115	345	382	527
1986	1482	335	715	645	1755	36	806	462	1337	510	495	319
1987	1723	774	474	474	2080	444	570	385	1869	522	419	145

Tabel 6.2 Saldo van opbrengsten en kosten (marktprijzen, en schaduwrijzen voor ruwvoer en mineralen in organische mest) van drie gewasgroepen in sand-, klei- en veengebieden tussen 1975 en 1987 (in gulden per ha) (1 = akkerbouw, 2 = gras, 3 = snijmais)

Jaar	Zandgebieden			Kleigebieden			Veengebieden		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1975	1499	442	1014	3571	558	990	2382	467	930
1976	1516	760	835	4967	818	945	2910	781	894
1977	1289	468	1109	2262	536	880	2207	452	963
1978	1473	418	951	2860	481	675	2457	383	804
1979	1547	667	1042	3127	516	841	2325	417	898
1980	1545	665	1153	3571	525	904	2135	365	989
1981	2075	641	1408	4116	459	1104	2520	316	1237
1982	1868	783	1498	4007	412	1493	2600	547	1347
1983	2165	1097	1364	6010	633	1088	2428	729	1294
1984	1981	1113	1167	3846	824	715	2587	720	1042
1985	1807	934	1147	3077	501	1178	2660	411	1100
1986	1722	760	1209	4130	364	1264	2769	304	853
1987	1215	759	903	2659	442	919	2432	419	771

sluiten bij de scenario's, aangezien er in de scenario's normen gesteld kunnen worden voor de totale stikstof- of fosfaatgift (uit kunstmest en/of uit organische mest) op de drie gewasgroepen en er voor melkkoeien en overige graasdieren binnen grenzen substitutie plaats kan vinden tussen ruwvoer en krachtvoer. De voederbehoefte aan ruwvoer van een volwassen melkkoe ligt tussen de vijf en twaalf kg droge stof per dag. De totale voederbehoefte per dag (inclusief krachtvoer) ligt op dit moment op ongeveer twintig kg droge stof per dag per melkkoe.

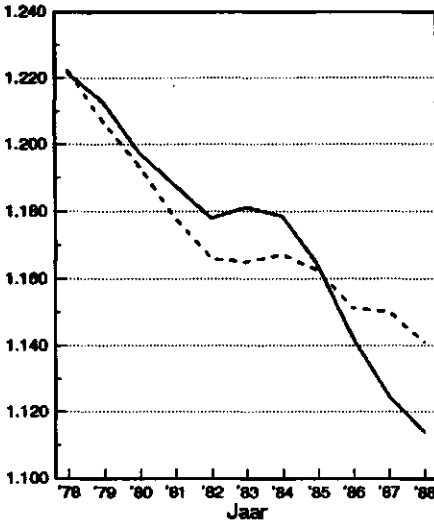
Het mineralengehalte van de organische mest (te weten N, P205 en K20, in kg per bde) wordt tegen schaduwrijzen in de saldi verwerkt, waarbij het als kostenpost in de gewassen opgenomen is en als opbrengst bij de dierlijke sectoren. Daarentegen wordt het ruwvoer als opbrengst in de saldi van gras en snijmais verwerkt en als kostenpost in de saldi van de grondgebonden veehouderij.

De ruwvoergift aan melkkoeien en overige graasdieren uit gras en snijmais wordt gewaardeerd op basis van de energieinhoud. De energiewaarde van ruwvoer (in kVEM/ha) uit gras en snijmais is gewaardeerd tegen dertig procent van de krachtvoerprijs in gulden per kVEM. Deze schaduwprijs voor ruwvoer bepaalt mede het saldo voor grasland en snijmais. Terwijl het ruwvoer een opbrengstpost vormt voor de arealen van deze gewassen, wordt het als kostenpost verwerkt in het saldo van melkvee en de overige graasdieren. Hierbij wordt verondersteld dat de dieren volgens de norm gevoederd worden, waarbij een deel bestaat uit krachtvoer (gewaardeerd tegen de marktprijs) en een deel uit ruwvoer (gewaardeerd tegen de schaduwprijs, welke in dit geval dertig procent van de marktprijs voor krachtvoer vormt).

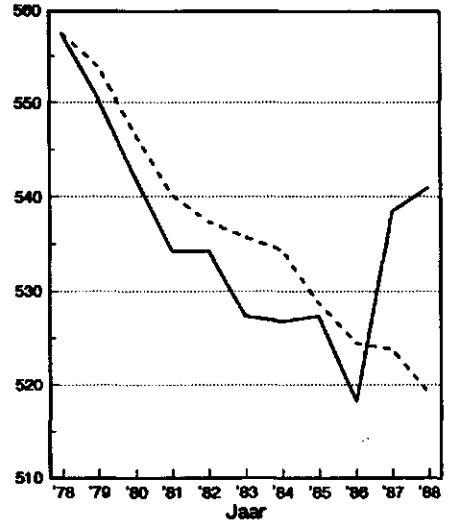
Het saldo van opbrengsten en toegerekende kosten van de vee-stapel (in gulden per bde) tussen 1975 en 1987 is weergegeven in tabel 6.1. Hierbij is het saldo van de melkkoeien en de overige graasdieren gecorrigeerd voor het ruwvoerverbruik uit gras en snijmais. Het saldo voor alle dierlijke categorieën is verder ook gecorrigeerd voor het mineralengehalte in de dierlijke mest. Zoals uit de tabel blijkt is er sprake van grote jaarlijkse fluctuaties in de saldi. Wijzigende marktverhoudingen kunnen de opbrengst sterk doen fluctueren, terwijl de kosten van bijvoorbeeld veevoer ook in grote mate door de marktomstandigheden bepaald wordt. Uit de tabel blijkt bijvoorbeeld dat het saldo voor de overige graasdieren in de zandgebieden in 1976 sterk gedaald is in vergelijking met voorafgaande jaar. Terwijl de opbrengsten in dat jaar per dier met 25% toenamen, zijn de kosten per dier met ongeveer zestig procent gestegen, waardoor het saldo per dier aanzienlijk daalde.

In tabel 6.2 is het saldo voor de drie gewassen (in gulden per ha) gegeven. Voor de gewasgroepen is er eveneens sprake van grote jaarlijkse fluctuaties in de opbrengsten en kosten. Ter illustratie hiervan worden de saldi in de akkerbouw in de zandgebieden tussen 1986 en 1987 vergeleken. Terwijl de kosten in de

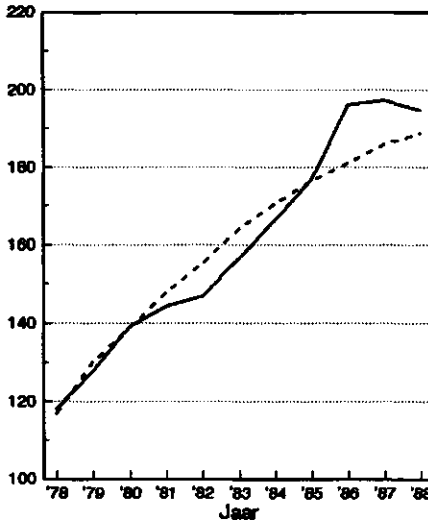
Welden in 1000 ha



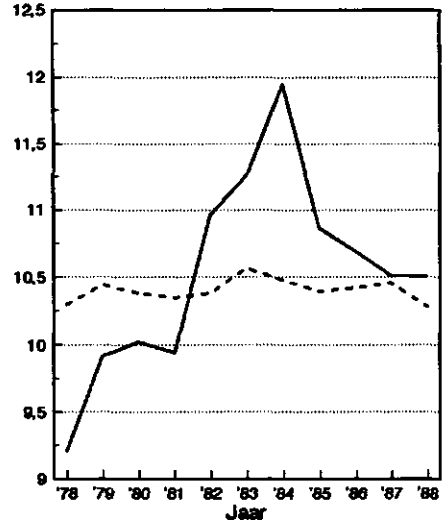
Akkerland in 1000 ha



Snijmalseareaal in 1000 ha



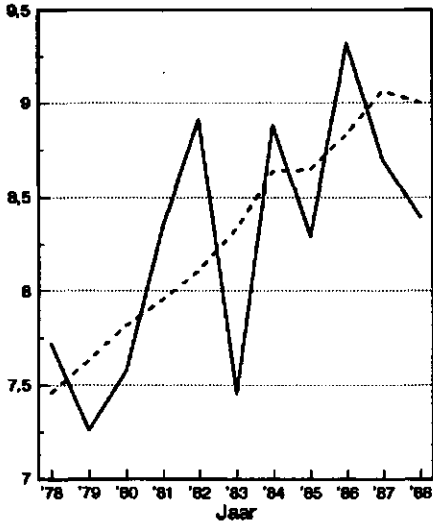
Grasopbrengst in ton droge stof per ha



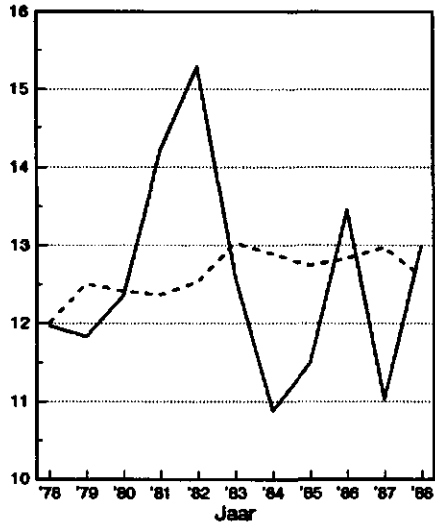
Realisatie Simulatie

Figuur 6.3 Realisatie en simulatie van een aantal variabelen over de periode 1978-1988

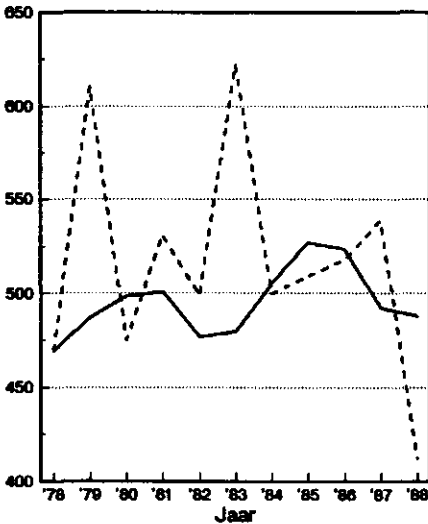
Akkerbouwopbrengst in ton droge stof per ha



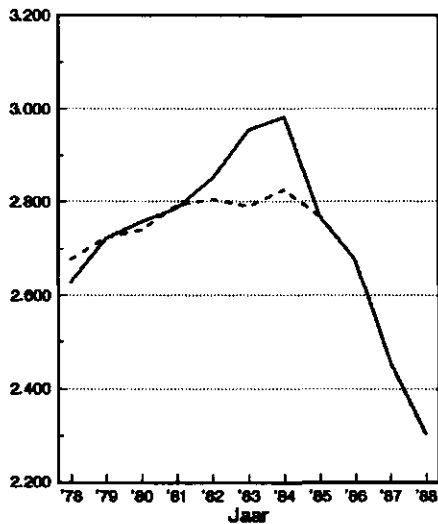
Snijmaaisopbrengst in ton droge stof per ha



Totale anorganische N-beresting in kton N



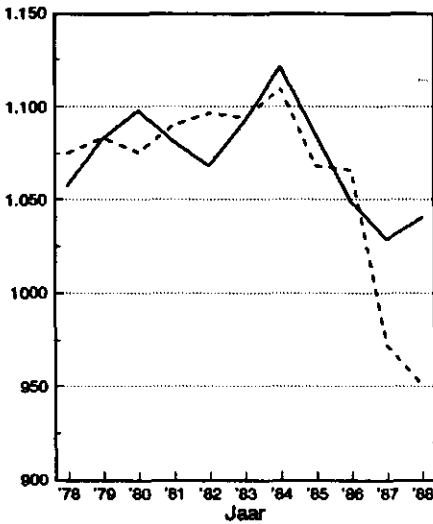
Melkveestapel in 1000 bde



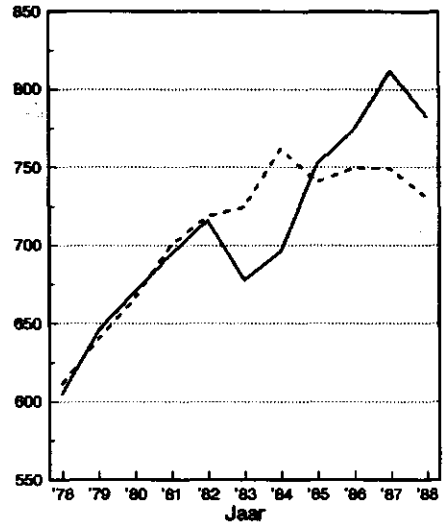
Realisatie Simulatie

Figuur 6.3 Realisatie en simulatie van een aantal variabelen over de periode 1978-1988 (1e vervolg)

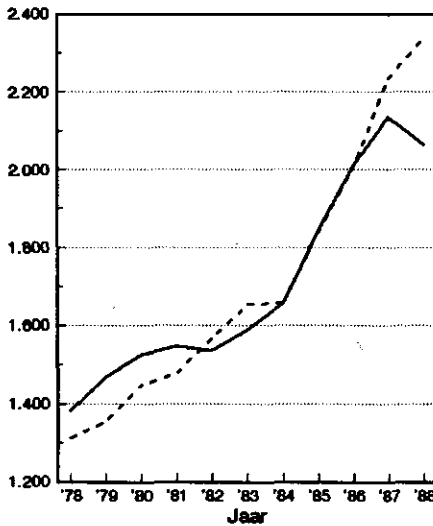
Overige graasdieren in 1000 bde



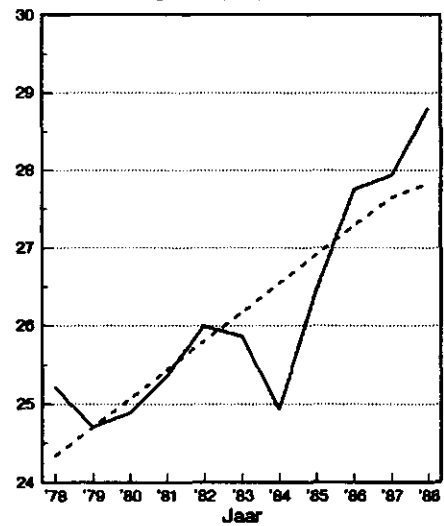
Pluimveestapel in 1000 bde



Varkensstapel in 1000 bde



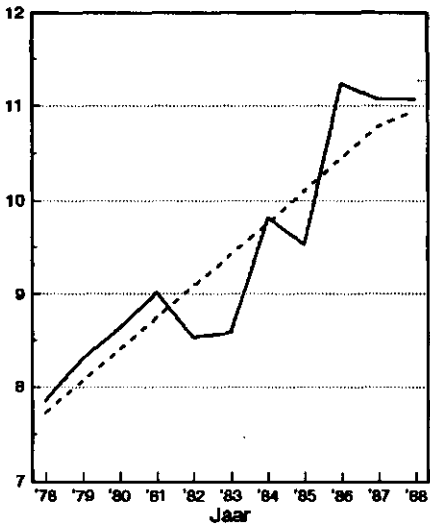
Melkveeopbrengst in kg N per bde



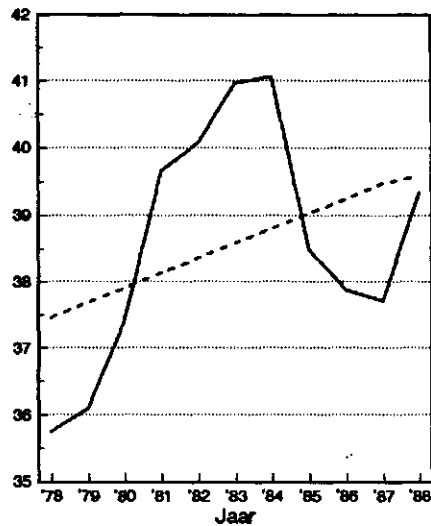
Realisatie Simulatie

Figuur 6.3 Realisatie en simulatie van een aantal variabelen over de periode 1978-1988 (2e vervolg)

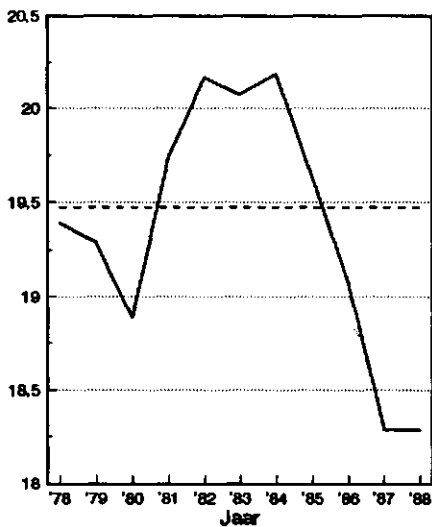
Opbrengst overige graasdieren in kg N per bde



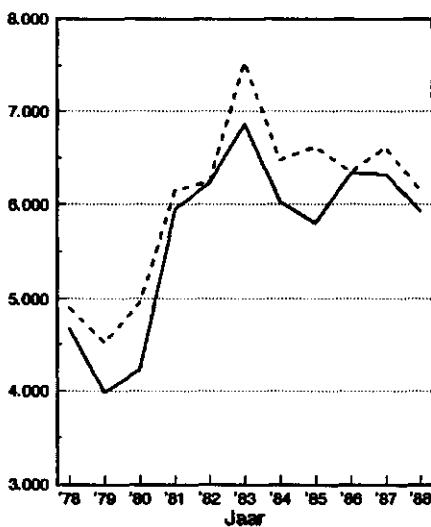
Pluimveeopbrengst in kg N per bde



Opbrengst varkens in kg N per bde



Totale netto opbrengst in milj. Dfl.



Realisatie Simulatie

Figuur 6.3 Realisatie en simulatie van een aantal variabelen over de periode 1978-1988 (3e vervolg)

akkerbouw met ongeveer tien procent dalen, verminderen de opbrengsten tussen 1986 en 1987 met ruim twintig procent.

6.2.3 Modeloplossing en modelgedrag

Zoals gezegd vindt de jaarlijkse allocatie van het beschikbare areaal en de totale stalcapaciteit (in sbe) per regio plaats over de gewassen en de dierlijke sectoren onder een aantal randvoorwaarden.

De totale hoeveelheid ruwvoer uit gras en snijmaais (in kVEM) moet voldoende zijn om aan de minimale ruwvoerbehoefte van de graasdieren te voldoen, terwijl aan de ruwvoeropname een bovengrens gesteld is. Daarbij is van belang dat een melkkoe op dit moment gemiddeld tussen de 5 en 12 kg ruwvoer nodig heeft.

Het economisch submodel wordt in een aantal stappen opgelost, waarbij achtereenvolgens (i) allereerst de mineralengift en fysieke opbrengst geraamd worden, (ii) vervolgens de arealen voor gewassen en de omvang van de dierlijke sectoren bepaald worden, (iii) de organische mest aangewend wordt, (iv) de optimale stikstofaanwending en veestapelomvang herberekend worden en (v) tenslotte de schaduw prijzen voor ruwvoerders en dierlijke mest bepaald worden. Dit submodel is uitgebreid beschreven in Veenendaal en Brouwer (1991).

Voor ieder gewas wordt een optimaal niveau voor de aanwending van stikstof bepaald, gegeven de fysieke opbrengst functie (zie ook hoofdstuk 6.3.3 waar de fysieke opbrengst functies in de plantaardige sector besproken worden) en de prijzen van plantaardige produkten.

De invoering van milieumaatregelen heeft gevolgen voor de inkomens in de agrarische sector en daarmee samenhangend voor de werkgelegenheid.

In figuur 6.3 is voor een aantal variabelen de fit van het model over de schattingsperiode vergeleken met de realisatie.

6.3 Het produktie-ecologisch submodel

6.3.1 Inleiding

In paragraaf 6.3.2 wordt allereerst de stikstofkringloop besproken, welke de kern vormt van het produktie-ecologisch submodel. Een voorbeeld van deze kringloop is in figuur 2.6 gegeven voor het jaar 1985. Daarbij wordt er eveneens aangegeven op welke plaats de verschillende maatregelen in het beleid in de drie scenario's binnen deze kringloop aangrijpen. Vanwege de omvang van de stikstofoverschotten bij zowel de omzetting van kunstmest en organische mest voor de gewasproductie als de omzetting van mineralen uit ruwvoer en krachtvoer bij de dierlijke sector, wordt daar apart op ingegaan. De stikstofoverschotten vormen verliezen in de kringloop door uit- en afspoeling, denitrificatie en emissies naar de atmosfeer. De aanwending van stikstof voor de plant-

aardige produktie wordt besproken in paragraaf 6.3.3 en de aanwending van stikstof in de dierlijke sector wordt besproken in paragraaf 6.3.4. De hoeveelheid geproduceerde dierlijke mest en het mineralengehalte hiervan worden besproken in paragraaf 6.3.5.

6.3.2 De stikstofkringloop

De stikstofkringloop in bodem, gewassen en veestapels, vormt het centrale deel van het produktie-ecologisch submodel, omdat daarmee verband gelegd wordt tussen de verschillende soorten stikstofverliezen die op diverse plaatsen in het systeem kunnen optreden. Naast ammoniakemissies treden er in de stikstofkringloop ook mineralenverliezen op via uit- en afspoeling, denitrificatie en vervluchtiging.

Denitrificatie is het proces waarbij nitraat omgezet wordt in stikstofgas en deze is het grootst in natte humerijke gronden. Denitrificatie speelt daarom een grotere rol in de klei- en veengebieden, dan in de zandgebieden. In gebieden waar denitrificatie groot is, zal de uitspoeling relatief klein zijn.

In figuur 2.6 zijn een aantal relevante processen in de stikstofkringloop samengevat en op grond van de beschikbare informatie zijn de afzonderlijke componenten gekwantificeerd. Stikstof komt de kringloop exogeen binnen via de aanvoer van kunstmest en krachtvoer en de depositie uit exogene bronnen. De mineralenverliezen verlaten de kringloop via emissies naar de atmosfeer, uit- en afspoeling en denitrificatie (zie ook CBS, 1989). De hoeveelheid stikstof in de kringloop in figuur 2.6 is een raming voor het jaar 1985 en is gemeten in kton N per jaar.

Er wordt in het produktie-ecologisch submodel onderscheid gemaakt tussen een viertal soorten emissies, te weten weide-emissies door de grondgebonden veehouderij, stalemissies, emissies gedurende de periode dat de mest opgeslagen is en de toepassings-emissies bij het uitrijden van mest. De verdeling van de emissies naar plaats is 35% uit stallen en mestopslag, 10% gedurende de weideperiode en de overige 55% bij het uitrijden van mest (Oudendag en Wijnands, 1989). Deze emissies kunnen onder andere door technische maatregelen en bedrijfsaanpassingen gereduceerd worden. De vier emissiecategorieën zijn in figuur 2.6 echter niet onderscheiden.

De maatregelen in de drie scenario's grijpen op verschillende punten in de stikstofkringloop aan. Emissiereductie maatregelen in stallen, maatregelen voor mestopslag en bij mestaanwending zullen ertoe leiden dat de hoeveelheid stikstof uit mest en urine die de bodem bereikt zal toenemen.

Het onderdeel bodem in figuur 2.6 heeft betrekking op een aggregatie van de belangrijkste bodemprocessen die plaatsvinden op het totale landbouwareaal in Nederland, zoals mineralisatie, (in) mobilisatie en accumulatie van N.

Volgens een raming voor de situatie in 1985 nemen de gewassen in totaal bruto 700 kton N op. Hiervan draagt bijna 500 kton N bij aan de netto produktie en het overige deel komt via oogst-

resten weer beschikbaar in de bodem. De bruto-opname van stikstof door de bodem is verdeeld over akkerbouwgewassen, gras en snijmais met opnameniveaus van 112, 558 en 30 Kton N. Een deel van de mineralen verlaat de kringloop door de akkerbouwproductie, terwijl het overige als ruwvoer beschikbaar is voor de veestapel. Dit vormt de netto produktie van gewassen, terwijl het overige (ruim 200 Kton N) tot de oogstresten gerekend wordt en weer beschikbaar komt in de bodem. Ruwvoer en krachtvoer worden aangewend in de dierlijke sector, waarbij de mineralenbenutting ongeveer twintig procent is en het overige via mest en urine verdwijnt. De interne levering van krachtvoer vanuit de plantaardige en de dierlijke sector is gebaseerd op Olsthoorn (1989). In het model is de benodigde hoeveelheid krachtvoer echter niet onderscheiden in interne en externe levering. De stikstofproduktie in de dierlijke sector is beschreven in paragraaf 6.3.4.

De depositie uit de emissies van mest en urine op het landbouwareaal in Nederland is geraamd op ruim 12% van de totale NH₃-emissies, terwijl het overige terecht komt op het overig areaal in zowel Nederland als het buitenland. Hierbij is ervan uitgegaan dat ongeveer 75% van de nationale NH₃-emissies naar het buitenland gaat, terwijl het landbouwareaal ongeveer vijftig procent van de totale oppervlakte van Nederland vormt.

Het mineralengebruik uit ruwvoer en krachtvoer in de dierlijke sectoren (in kton N) is respectievelijk 563 voor de rundveehouderij, 219 in de varkenshouderij en 108 in de pluimveehouderij. De mineralen-inhoud van de geproduceerde produkten is achtereenvolgens 90, 48 en 39 kton N, zodat de geraamde mineralenbenutting voor rundvee veertien procent, voor varkens twintig procent en voor pluimvee ruim 30% is. Het stikstof-gehalte in de droge stof van de geproduceerde plantaardige produkten is op basis van de huidige bemestingspraktijk ongeveer 1,4% voor akkerbouwprodukten, 1,4% voor snijmais en 3,7% voor gras. Bij een lager bemestingsniveau zal dit echter ook verminderen.

Zoals uit de hier beschreven kringloop blijkt vormen de stikstofprocessen bij de plantaardige- en dierlijke sectoren belangrijke componenten. Deze worden in de volgende paragrafen apart besproken.

6.3.3 Fysieke opbrengst in de plantaardige sector

De fysieke opbrengstfunctie voor de drie gewasgroepen (netto droge stofproduktie, in ton per ha) wordt beschreven als een niet-lineaire functie van de stikstofopname door deze gewassen (in kg stikstof per ha per jaar) en een maximaal opbrengstniveau. De stikstofopname door de gewassen bestaat uit in de bodem aanwezige stikstof en de bemesting met kunstmest en organische mest. Het maximum produktieniveau veronderstelt een autonome technologische ontwikkeling (via gewasverbetering) voor de gewasgroep akkerbouw, zodat de fysieke opbrengst onafhankelijk van de angewende hoeveelheid stikstof in de tijd toeneemt. Voor gras en snijmais is een vast maximum produktieniveau verondersteld. De

netto-grasopbrengst is geraamd op grond van het ruwvoergebruik door melkkoeien en overige graasdieren in de stal- en weideperiode. Hierbij moet opgemerkt worden dat er in het geval van gras beter van benutting door de veestapel dan van fysieke opbrengst gesproken kan worden. Terwijl de grasbenutting in de zandgebieden hoger is dan in de veengebieden, kan de fysieke opbrengst in de veengebieden hoger zijn dan in de zandgebieden maar bijvoorbeeld als gevolg van vertrapping door het vee tot een lagere benutting leiden. De gewasresten maken om deze reden bij gras in de veengebieden een groter deel uit van de bruto-productie dan in de zand- en kleigebieden. Er is voor de gewasgroepen akkerbouw, gras en snijmais een niet-lineair verband verondersteld tussen de netto-stikstofopname door deze gewassen en de netto-fysieke opbrengst. Het concept van de functies, waarvoor de wet van de afnemende meeropbrengst geldt, is gebaseerd op Van Heemst et al. (1978). Aan de ene kant is er een niet-lineair verband verondersteld tussen de stikstofgift (in kg per ha) en de bruto stikstofopname door de gewassen (in kg per ha), terwijl er eveneens een niet-lineair verband tussen de fysieke opbrengst (in ton droge stof per ha) en de stikstofopname door de gewassen verondersteld is. De wiskundige vorm van deze relaties is:

$$\begin{aligned}
 Z &= a1*(1+a2*tijd)*(1-0.5*exp(-(N-a3)/a3)) \\
 y &= b1*(1+b2*tijd)*(1-0.5*exp(-b3*(Z-1/b3))) \\
 w &= a1*(1+a2*tijd) \\
 x &= b1*(1+b2*tijd) \\
 N &= c1+N-gift \text{ (uit kunstmest en organische mest)}
 \end{aligned}$$

waarbij:

- Z = stikstofopname door het netto-produkt in kg per ha per jaar (exclusief de stikstof opgenomen door wortels en oogstverliezen);
- y = netto produktie van droge stof (ton per hectare per jaar) (exclusief wortels en oogstverliezen);
- N = stikstofbemesting in kg per ha per jaar. De bemesting is samengesteld uit kunstmest, de wateroplosbare fractie van organische mest en de via mineralisatie beschikbaar komende stikstof uit de bodem;
- w = maximale stikstofopname door de gewassen bij een niet-beperkende stikstofvoorziening en bij gemiddeld heersende overige produktiefactoren (kg N per ha per jaar);
- x = gemiddelde maximale droge stofproduktie per hectare per jaar bij een optimale stikstofvoorziening en bij gemiddelde heersende overige produktiefactoren;
- a1 = maximale stikstofopname door het gewas in 1975;
- a2 = jaarlijkse stijging van de maximale stikstofopname door het gewas;
- a3 = kritische stikstofbemestingsniveau (N), waarboven een niet-lineair verband tussen stikstofopname en stikstofbemesting geldt;
- b1 = maximale droge-stof produktie per ha in 1975;
- b2 = stijging van de maximale produktie per jaar.

- b3 = efficiëntie van de drogestof produktie als functie van de stikstof-opname;
 c1 = levering van stikstof door de bodem (kg N per ha per jaar);
 t = tijd.

Bovenstaand model geldt voor een fysieke produktie hoger dan de helft van de maximale produktie ($x/2$) in een bepaald jaar, en voor stikstofopnames die groter zijn dan de helft van de maximale waarde ($w/2$) in een bepaald jaar. In geval de fysieke opbrengst of de stikstofopnames lager zijn dan deze waarde dan gelden de volgende lineaire relaties:

$$y = 0.5 * b3 * (1 + b2 * tijd) * b1 * Z$$

$$Z = 0.5 * (1/a3) * (1 + a2 * tijd) * a1 * N$$

De fysieke opbrengstfuncties zijn geschat op basis van informatie over fysieke opbrengst, stikstofgift uit kunstmest en de organische stikstofgift gedurende de periode 1975-1987.

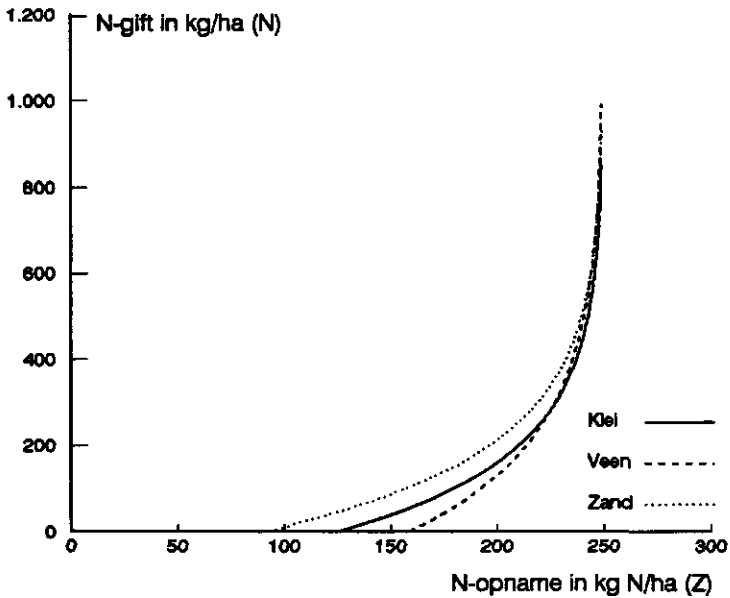
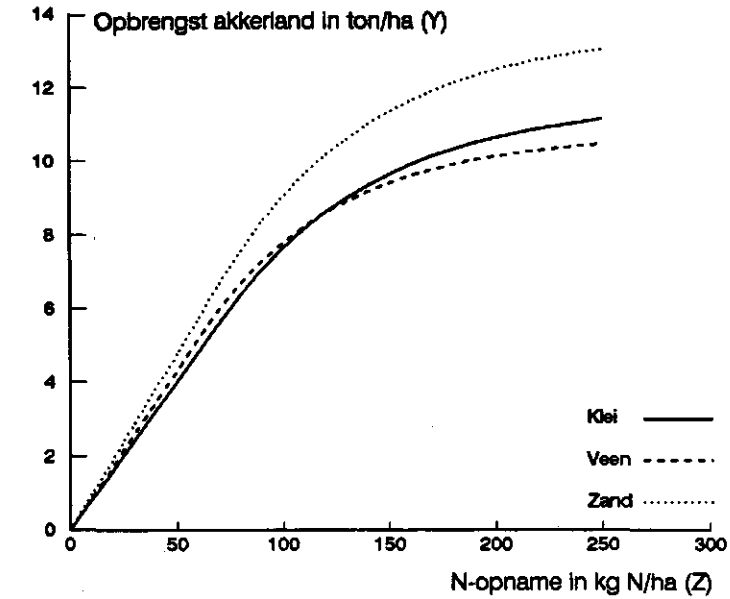
De parameterwaarden zijn berekend op basis van Van Heemst et al. (1978) en gegevens van Aarts en Van Keulen (CABO, Wageningen, pers. mededeling, 1990). Verschillende parameters zijn geschat. De parameters a_1 , b_2 en c_1 zijn gekozen op grond van expert opinions. In tabel 6.3 zijn de parameterwaarden samengevat.

De relatie tussen de stikstofgift (N) en de opname van stikstof door de gewassen (Z), en de relatie tussen Z en de drogestofopbrengst (y) is grafisch weergegeven in de figuren 6.4, 6.5 en 6.6, achtereenvolgens voor de akkerbouwgewassen, gras en snijmais.

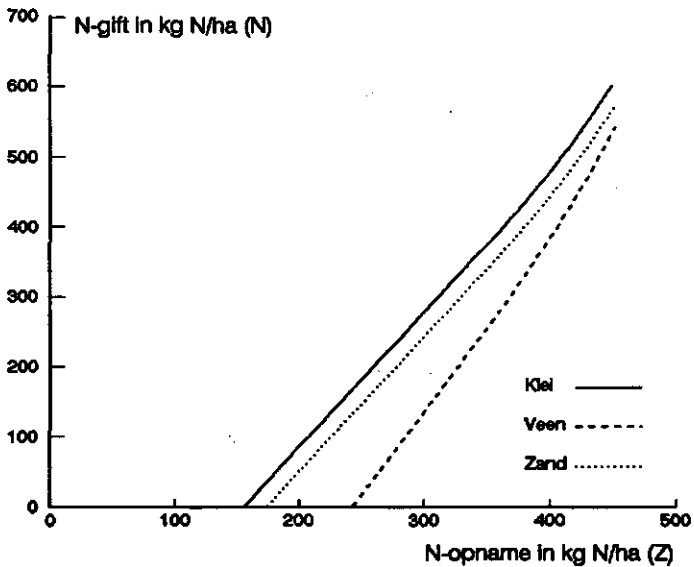
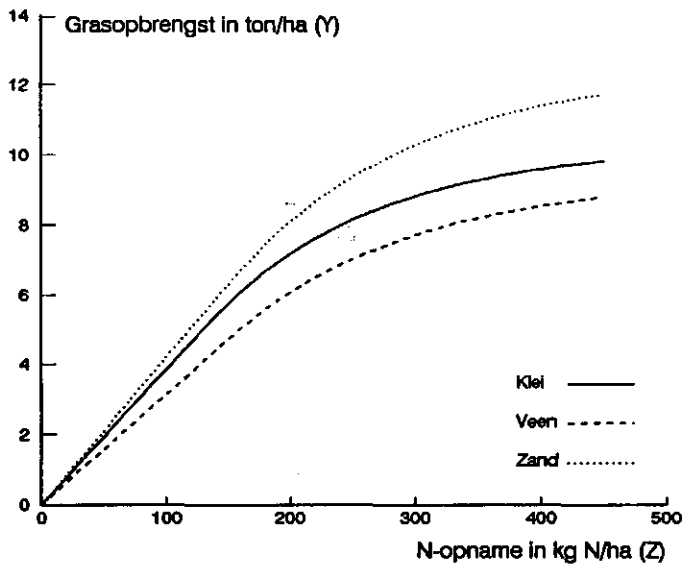
Vervolgens is een raming gemaakt van de verhouding tussen de fysieke produktie in netto en bruto termen. De bruto produktie is

Tabel 6.3 Parameters voor de fysieke opbrengstfuncties van de gewasgroepen akkerbouw (1), gras (2) en snijmais (3) in de sand-, klei- en veengebieden

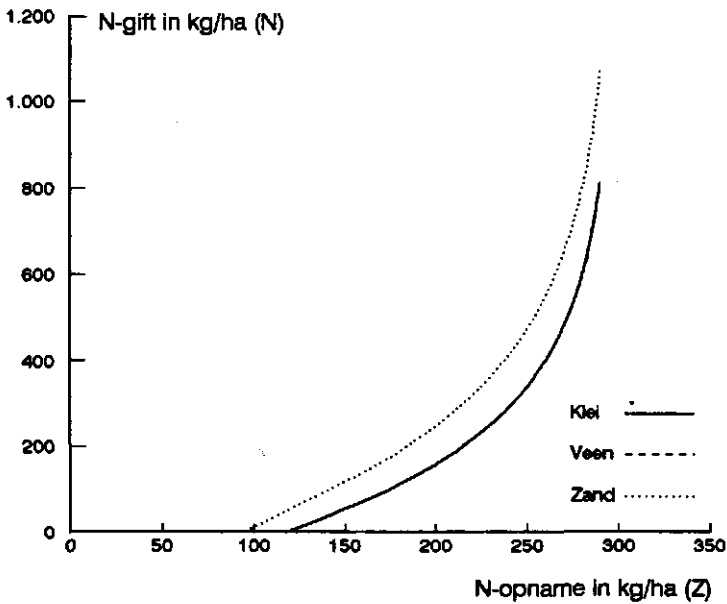
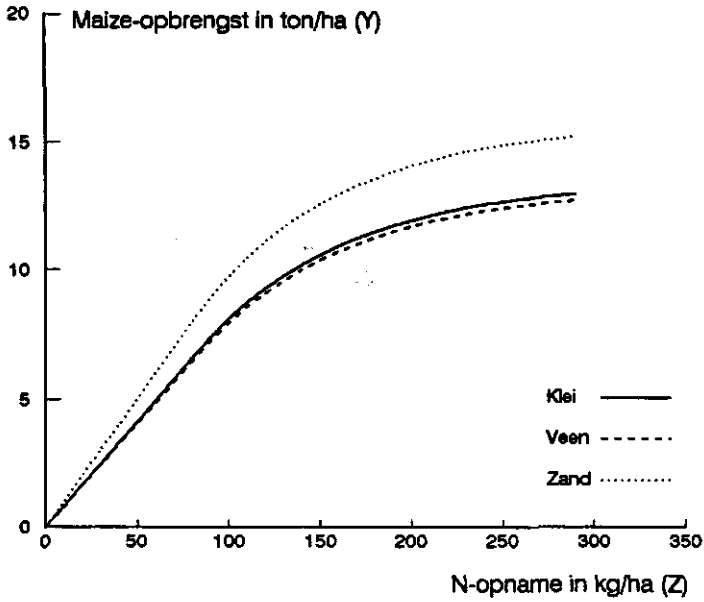
	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	c_1
Zandgebieden	200	0,01	182	7,84	0,0293	0,014	135
(1)Kleigebieden	200	0,01	175	8,37	0,0157	0,014	175
Veengebieden	200	0,01	217	6,68	0,0242	0,016	285
Zandgebieden	700	0	673	12,56	0	0,0067	325
(2)Kleigebieden	700	0	673	10,29	0	0,0075	290
Veengebieden	700	0	833	9,41	0	0,0067	420
Zandgebieden	250	0,075	313	15,74	0	0,0127	200
(3)Kleigebieden	250	0,075	250	13,52	0	0,0122	200
Veengebieden	250	0,075	250	13,24	0	0,0122	200



Figuur 6.4 Relatie tussen de stikstofgift N (in kg N/ha) en stikstofopname Z (in kg N/ha) op akkerland en de relatie tussen Z en de droge-stofopbrengst y (in ton/ha), achtereenvolgens in de klei-, veen- en sandgebieden



Figuur 6.5 Relatie tussen de stikstofgift N (in kg N/ha) en stikstofopname Z (in kg N/ha) op grasland en de relatie tussen Z en de droge-stofopbrengst y (in ton/ha), achtereenvolgens in de klei-, veen- en zandgebieden



Figuur 6.6 Relatie tussen de stikstofgift N (in kg N/ha) en stikstofopname Z (in kg N/ha) voor snijmais en de relatie tussen Z en de droge-stofopbrengst y (in ton/ha), achtereenvolgens in de klei-, veen- en zandgebieden

daarbij de netto produktie plus oogstresten en wortels. In tabel 6.4 is de verhouding tussen netto produktie en oogstresten (beide in droge stof) gegeven.

Tabel 6.4 Verhouding tussen de droge-stofopbrengst van het netto produkt en de oogstresten (beide in ton/ha), en de stikstof-inhoud van het netto produkt en de oogstresten (% van netto produkt en oogstrest)

Gewas	Netto (N-inhoud)		Oogstrest (N-inhoud)	
Akkerbouw	67	(1,4)	33	(1,0)
Snijmais	80	(1,4)	20	(0,6)
Gras				
Zand	42	(3,7)	58	(1,2)
Klei	40	(3,7)	60	(1,2)
Veen	34	(3,7)	66	(1,2)

6.3.4 Fysieke opbrengst in de dierlijke sector

De fysieke opbrengstfunctie voor de vier diersoorten wordt beschreven als een lineaire functie in de tijd en weergegeven in kg geproduceerde stikstof (in vlees, melk en eieren) per bde per jaar. Deze functies zijn niet in regio's onderscheiden. Tabel 6.5 geeft de geschatte waarden van de trend parameters weer. De vergelijkingen zijn van de vorm:

$$y = a_1 + a_2 * \text{tijd},$$

met y is de fysieke opbrengst (in kg N per bde per jaar), a_1 een constante en a_2 een tijd-afhankelijke parameter. De parameter a_2 wordt in de scenario's met ingang van 1989 gehalveerd.

Tabel 6.5 Parameters van de fysieke opbrengstfuncties voor de dierlijke sectoren melkkoeien, overige graasdieren, pluimvee en varkens

Veesoort	a_1	a_2	Basisjaar
Melkkoeien	23,23	0,368	1975
Overige graasdieren	6,71	0,339	1975
Pluimvee	36,80	0,224	1975
Varkens	19,48	0,0	1975

De vrij sterke relatieve stijging van de produktie bij overige graasdieren komt waarschijnlijk door de toename van het aantal mestdieren. In het verleden was het aandeel van paarden in het aantal overige graasdieren groter.

Tabel 6.6 Verhouding netto-produktie en slachtafval (in kg N per bde) in procenten van de bruto fysieke produktie

Veesoort	Netto-produkt	Slachtafval
Melkkoeien	92	8
Overige graasdieren	60	40
Pluimvee	75	25
Varkens	75	25

6.3.5 Het mineralengehalte van dierlijke mest

In tabel 6.7 is het mineralengehalte (in kton N en P205) in de dierlijke mest voor het basisscenario en het overheidsscenario gegeven.

Tabel 6.7 Mineralengehalte in dierlijke mest in 1985, 2000 en 2010 voor het basisscenario en het overheidsscenario (in kton N en kton P205)

Scenario	1985		2000		2010	
	N	P205	N	P205	N	P205
Basis	526	272	512	281	501	279
Overheid	526	272	531	300	522	299

7. Conclusies en suggesties voor verder onderzoek

7.1 Effecten van ammoniakbeleid

In de drie beleidsscenario's worden globaal de doelstellingen voor de reductie van ammoniak het jaar 2000, zoals weergegeven in tabel 3.7 gerealiseerd. In het overheidsscenario wordt een reductie van bijna 70% in 2010 gehaald. Mede door complementaire maatregelen leidt deze reductie niet tot een afwenteling op de vermistingsproblematiek. Ten aanzien van dit beleidsthema wordt een reductie van een vergelijkbare orde van grootte realiseerbaar geacht. Vanwege de onzekerheid in de kennis over bodemprocessen en het feit dat dit thema in deze studie slechts als een nevenaspect behandeld is, moet deze uitkomst met een ruime onzekerheidsmarge worden geïnterpreteerd.

Door de steeds strenger wordende eisen die aan de toepassing van mest gesteld worden zal het mestoverschot, vooral in de zandgebieden toenemen, behalve in het milieuscenario. Daar leiden de maatregelen tot een zo sterke reductie van de veestapel, vooral in de sector van de intensieve veehouderij dat het mestoverschot nagenoeg op het huidige niveau blijft. In dit scenario loopt eveneens de melkveestapel tot beneden de quotumgrens terug.

Ook in het overheidsscenario treden er aanzienlijke verschuivingen in de samenstelling van de veestapel op. Naast de door het melkquotum gedicteerde reductie van de melkveestapel loopt de varkenshouderij na 1990 in beperkte mate terug. De trends uit het basisscenario ten aanzien van de reductie van het aantal overige graasdieren en de groei van de pluimveesector worden in het overheidsscenario versterkt. In het bedrijfslevensscenario treedt t.o.v. het basisscenario alleen een reductie van ongeveer 10% van de varkenshouderij op, terwijl het aantal overige graasdieren vrijwel niet verandert. Alleen de pluimveesector vertoont een forse groei.

In het overheidsscenario wordt de door de overheid voorgestelde mestverwerkingscapaciteit volledig benut. In de twee contrastscenario's kan, ofwel door hogere bemestingsnormen, danwel door lagere mestproductie met een kleinere capaciteit volstaan worden.

Zoals verwacht mag worden, leiden de maatregelen tot reducties in het inkomen van de sector van tientallen procenten. Hoewel dit in deze studie niet nader onderzocht is, kan gesteld worden dat het afhankelijk van eventuele inkomenssteun is in welke mate deze teruggang vertaald wordt in afname van de werkgelegenheid in de sector.

7.2 Modelbouw als methode voor beleidsonderzoek

De in dit rapport beschreven fase van het project System-Analyse Landbouw heeft duidelijk afgeweken van de vorige periode. Door de toespitsing van de algemene vraagstelling betreffende de relatie tussen milieu, landbouw en economie op de ammoniakproblematiek, waarvoor al een tamelijk uitgekristalliseerd beleid bestond, is het contact met de buitenwereld verschoven van generalisten naar specialisten en van themagestuurde groepsgewijze discussie naar individuele benadering met specifieke vragen. Door de in deze fase ingezette samenwerking met economen van het LEI is in het onderzoeksteam een discussie ontstaan over de bruikbaarheid van de aanvankelijk als uitgangspunt gekozen modelbouwmethode van System Dynamics. De in deze methodiek gebruikte objectgerichte modelbouwtaal Dynamo is in principe elegant en redelijk toegankelijk voor buitenstaanders. De mogelijkheden tot grafische presentatie van de resultaten zijn daar een exponent van. Geconstateerd moet echter worden dat Dynamo ook beperkt is in de mogelijkheden tot het realiseren van specifieke modelrelaties. Met name ingewikkelder algoritmische bewerkingen, en daardoor de modellering van economische optimalisatiemechanismen, zijn moeilijk te realiseren binnen dit formalisme. Daarom is gekozen voor een hybride modelopbouw, waarbij het economisch deelmodel in een algoritmische taal (Fortran) is gerealiseerd.

Hierbij is gebalanceerd op de grenzen van het, binnen de gekozen computeromgeving (IBM-compatibles), technisch realiseerbare. Tevens blijft er een spanning bestaan tussen de door generalisten gewenste inzichtelijkheid van het model en de door vakspecialisten gestelde eisen ten aanzien van de inhoudelijke specificatie. De detaillering van het model, met name de desaggregatie in drie regio's, drie gewassen en vier diersoorten, worden gezien als een compromis tussen het wenselijke en het realiseerbare. De beperkingen zijn echter niet alleen van computertechnische aard. Bij een verdere detaillering zouden ook problemen ontstaan ten aanzien van de beschikbaarheid en de verwerking van data.

Reeds nu heeft de beschikbaarheid van gegevens ons beperkt tot een schattingsperiode van 1975 tot 1987. Hierbij dient tevens de kanttekening gemaakt te worden dat bij belangrijke toekomstige verschuivingen in de landbouw zoals die ook in deze studie geprojecteerd worden, de validiteit van op historische gegevens geschatte parameters beperkt is. Met nadruk moet er dan ook op gewezen worden dat de modeluitkomsten niet gezien moeten worden als toekomstvoorspellingen, maar als mogelijke ontwikkelingen, waarbij het gebruik van het model een zekere mate van consistentie aan de geschetste ontwikkelingen oplegt.

Enkele andere beperkingen die wij ons op hebben moeten leggen betreffen de exogenisering van een aantal variabelen, zoals bijvoorbeeld de totale stalcapaciteit, welke idealiter ook endogeen gemodelleerd had kunnen worden en de uitwerking van de scenario's. Stalcapaciteit wordt in het model via melkquotum en na-

tionaal mestoverschot aangepast. Bij dit laatste dient vermeld te worden dat het overheidsscenario centraal gestaan heeft en de andere scenario's slechts gestileerd uitgewerkt zijn. Hierbij wordt wellicht niet altijd recht gedaan aan de subtielere gedachten die bestaan bij de maatschappelijke groeperingen waarvan wij het label op deze scenario's hebben geplakt.

Ondanks al deze kanttekeningen mag geconcludeerd worden dat een interessant model gerealiseerd is dat zich vooral onderscheidt van ander recent soortgelijk onderzoek door de combinatie van modellering van de economische en fysieke dynamische samenhang van dierlijke en plantaardige produktie in relatie tot de ammoniakproblematiek.

7.3 Suggesties voor verder onderzoek

Door de tijd die is gaan zitten in het oplossen van technische problemen gerelateerd aan de koppeling van twee ongelijksoortige deelmodellen is relatief weinig aandacht besteed kunnen worden aan gevoeligheidsanalyses en het doorrekenen van varianten met andere aannames ten aanzien van exogene ontwikkelingen. Met name kan hier gedacht worden aan het bestuderen van de invloed van andere kosten voor mestverwerking en van andere parameters in de relaties tussen saldi en veestapelsamenstelling. Zo is er bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de afzetperspectieven van de in de fabrieken verwerkte mest. Dit zal van invloed zijn op de prijsvorming van het verwerken van dierlijke mest. Ook is de analyse van de resultaten op regionaal en bedrijfstakniveau beperkt tot het hoogst noodzakelijke. In een vervolgproject zou daar uitgebreider over gerapporteerd kunnen worden. De uitkomsten van de scenario's, vooral de ontwikkeling van de pluimveestapel, geven aanleiding tot de vraag of in die omstandigheden de veronderstelling van exogeen bepaalde marktprijzen en stalcapaciteit nog gerechtvaardigd is. Het zou interessant zijn te onderzoeken of endogenisering van deze relaties wezenlijk andere uitkomsten zou geven.

Het model is toegespitst op het ammoniakbeleid, maar gezien de sterke samenhang met de vermessingsproblematiek is een gedeelte van het beleid dienaangaande en de gevolgen ervan voor het produktie-ecologisch-economisch systeem in de modellering meegenomen. Niet alleen voor stikstof maar ook voor fosfaat en kali zijn er reeds diverse bodemprocessen in het model opgenomen. Om zinvolle conclusies te kunnen trekken zouden deze relaties nader uitgewerkt en gecompleteerd dienen te worden.

In het verleden is reeds gesuggereerd de gewasbeschermingsproblematiek in het model op te nemen. De interactie met de mestproblematiek ontstaat door de kosten die met dit beleidsthema gemoeid zijn en de mogelijke consequenties voor het grondgebruik. Om dit te onderzoeken zou de sector akkerbouw in het model verder gedesaggregeerd moeten worden.

Hierboven is al vermeld dat de niet-overheidsscenario's slechts gestileerd uitgewerkt zijn. In een vervolgstudie zou, vanwege het uitdagende karakter, vooral het milieuscenario voor verdere uitwerking in aanmerking komen. Om aan te sluiten bij maatschappelijke discussies zou ook een verdere uitbreiding van de landgebruiksoorten met bijvoorbeeld braaklegging en/of bosbouw interessant kunnen zijn.

Om dergelijke modeluitbreidingen te realiseren zou tevens onderzocht moeten worden hoe de technische belemmeringen het beste het hoofd geboden kunnen worden. Met het beschikbaar komen van steeds betere uitvoeringen van soft- en hardware ligt op het technische vlak ons inziens geen fundamenteel probleem.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., E.E. Biewenga, G. Bruin, B. Edel en H. Korevaar
"Melkveehouderij en milieu: een aanpak voor het beperken van mineralenverliezen"
Lelystad, PR/CLM/CABO, 1988, PR-rapport nr. 111
- Baltussen, W.H.M., W.A.J. Broekhuis en G.S. Venema
"Gevolgen van de mestwetgeving voor veehouderijbedrijven"
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989, Publikatie 3.143
- Baltussen, W.H.M., P.L.M. van Horne, J. van Os en H. Altena
"Gevolgen van beperking van ammoniakemissie voor veehouderijbedrijven"
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1990a, Publikatie 3.147
- Baltussen, W.H.M., J. van Os en H. Altena
"Gevolgen van beperking van ammoniakemissie voor rundveebedrijven"
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1990b, Onderzoekverslag 64
- Baltussen, W.H.M., J. van Os en H. Altena
"Gevolgen van beperking van ammoniakemissie voor varkensbedrijven"
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1990c, Onderzoekverslag 62
- Boerderij
"Mestregels: eerder en strenger"
Boerderij, 75 (1990)25, pp 10-11
- Bovenkerk, M., A.H.M. Bresser en J. van Ham (ed.)
"Verzuring: nationaal symposium over de resultaten uit het verzuringsonderzoek en de op grond daarvan voorgestelde maatregelen"
Deventer, Kluwer, 1990
- Bovy, M.W.L., M. Mieras, G.H.M.M.J. Posma, P.J.M. Stallen en K. Wieringa
"Acid rain policy in the Netherlands - application of mediation techniques"
Ambio 18 (1989)8, pp 416-422
- Brouwer, F. en P. Nijkamp
"Modelling interactions between economic development and environmental change: A policy life-cycle interpretation"
Environment and Planning C: Policy and Design 8 (1990), pp 167-178

CBS

"Een stikstofbalans voor de landbouwgrond in Nederland, 1984"
Voorburg, CBS, 1989, Kwartaalbericht Milieu 89(1), pp 14-19

CLM

"Melkveehouderij en milieu in balans"
Utrecht, Centrum Landbouw en Milieu, 1989

Daatselaar, C.H.G.

"Verschillen in de mineralenbalans tussen melkveebedrijven: een
vergelijkend onderzoek"
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989, Publikatie 3.144

Dubgaard, A.

"Danish policy measures to control agricultural impacts on the
environment"
Kopenhagen, Statens Jordbrugsokonomiske Institut, 1990, Rapport
nr. 52

ECE

"Protocol to the 1979 convention on long-range transboundary air
pollution concerning the control of emissions of nitrogen oxides
or their transboundary fluxes"
Geneve, Economische Commissie voor Europa, 1988, Rapport
ECE/EB.AIR/18, pp. 13-20

Erisman, J.-W.

"Ammonia emissions in the Netherlands in 1987 and 1988"
Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne,
1989, Rapport nummer 228471006

Fleissner, P.

"Combining system dynamics and econometrics: a macro-model of the
Austrian economy"
Paper gepresenteerd op System Dynamics conferentie, Stuttgart,
1989, 10-14 juli

Geurts, J.L., S.L. Hart en N.S. Caplan

"Beleidsanalytische technieken en sociaal-wetenschappelijk onder-
zoek"

In: J.L.A. Geurts en J.A.M. Vennix (ed.)

Verkenningen in Beleidsanalyse: Theorie en praktijk van modelbouw
en simulatie

Zeist, Uitgeverij Kerckebosch, 1989, pp. 343-361

Goossensen, F.R. en P.C. Meeuwissen (ed.)

"Advies van de Commissie Stikstof"

Advies in opdracht van de Ministers van LNV, V&W en VROM

Wageningen, DLO, 1990, Onderzoek inzake de mest- en ammoniakpro-
blematiek in de veehouderij 9

- Horne, P.L.M. van**
"Gevolgen van beperking van ammoniakemissie voor pluimveebedrijven"
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1990, Onderzoekverslag 63
- Knol, O.M., G.O. Nijland, F.C.M. Verberne, K. Wieringa en M.W.L. Bovy**
"Systeemanalyse van de Nederlandse landbouw"
Amsterdam/Wageningen, IMSA/LUW, 1987, Interimrapport eerste fase Werkgroep Systeemanalyse Landbouw
- Landbouwschap**
"Integraal milieu Actieplan voor de land- en tuinbouw"
Den Haag, Landbouwschap, 1989
- LEI**
"Jaarstatistiek van de veevoerders 1985/86 en 1986/87"
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989, Periodieke Rapportage 65-85/86/87
- LMO**
"Naar een duurzaam gebruik van meststoffen - Aanzetten tot een alternatief meststoffenbeleid"
Utrecht, Landelijk Milieu Overleg, 1989
- LMO**
"Financiële instrumenten voor het Nederlandse milieubeleid"
Utrecht, Landelijk Milieu Overleg, 1990
- Luesink, H.H. en M.Q. van der Veen**
"Twee modellen voor de economische evaluatie van de mestproblematiek"
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989, Onderzoekverslag 47
- Neeteson, A.M.**
"Wegen om hoeveelheid nitraat te verminderen"
Landbouwkundig Tijdschrift 102 (1990)2, pp 18-20
- Nijland, G.O., O.M. Knol en F.C.M. Verberne**
"De forummethode: interactieve modelbouw van landbouw en milieu"
In: J.L.A. Geurts en J.A.M. Vennix (ed.)
Verkenningen in Beleidsanalyse: Theorie en praktijk van modelbouw en simulatie
Zeist, Uitgeverij Kerckebosch, 1989, pp. 141-164
- Olsthoorn, C.S.M.**
"Stikstof in de landbouw: waarheen?"
Landbouwkundig Tijdschrift 102 (1989)2, pp 18-20

Olsthoorn, C.S.M.

"Stikstof in mengvoer"

Maandstatistiek voor de landbouw 90 (1990)4, pp 43-49

Oudendag, D.A. en J.H.M. Wijnands

"Beperking van de ammoniakemissie uit dierlijke mest: een verkenning van mogelijkheden en kosten"

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989, Onderzoekverslag 56

Post, J.H., J. Wijnands, H.H. Luesink, J. Breedveld en D. Strijker

"Mestnormen: enkele nationaal-economische gevolgen"

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1985, Publikatie 1.20

Stigliani, W.M., F.M. Brouwer, R.E. Munn, R.W. Shaw en M. Antonovsky

"Future environments for Europe: some implications of alternative development paths"

The Science of the Total Environment 80 (1989), pp 1-102

Stolwijk, H.J.J.

"Economische gevolgen voor de veehouderij van een drietal milieuscenario's"

Den Haag, Centraal Planbureau, 1989, Onderzoeksmemorandum 57

Terwan, P., W.H.M.M. van Laarhoven, P.C.M. Willemsen, W.J. van der Weijden en J.A.M. van Bergen

"De mestwetgeving: evaluatie en voorstellen voor nieuw beleid"

Utrecht, Centrum Landbouw en Milieu, 1990

Tweede Kamer

"De problematiek van de verzuring"

's-Gravenhage, Tweede Kamer der Staten Generaal. Vergaderjaar 1988-89, 18225, nr. 31, 1989

Tweede Kamer

"Structuurnota Landbouw. Regeringsbeslissing"

's-Gravenhage, Tweede Kamer der Staten Generaal. Vergaderjaar 1989-90, 21148, nrs. 2-4, 1990a

Tweede Kamer

"Plan van aanpak beperking ammoniakemissies van de landbouw. Regeringsbeslissing"

's-Gravenhage, Tweede Kamer der Staten Generaal. Vergaderjaar 1990-91, 18225, nrs. 42,43, 1990b

Van Biesen, J. en N.J.P. Hoogervorst

"Stikstofgebruik in de landbouw in vergelijking met adviezen"

Wageningen, LUW, Werkgroep Landbouwpolitiek, 1989, pp. 38