Verkenning van streefwaarden voor het overschot op de stikstofbalans van melkveebedrijven

A.H.J. van der Putten en H.G. van der Meer

ab-dlo

Rapport 45, Wageningen
juli 1995

Het DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) is onderdeel van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
Het instituut is opgericht op 1 november 1993 en is ontstaan door de samenvoeging van het Wageningse Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO) en het in Haren gevestigde Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB-DLO).

DLO heeft tot taak het genereren van kennis en het ontwikkelen van expertise ten behoeve van de beleidsvoorbereiding en -uitvoering van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, het bevorderen van de primaire landbouw en de agrarische industrie, het inrichten en beheren van het landelijk gebied, en het beschermen van natuur en milieu.

AB-DLO heeft tot taak het verrichten van zowel fundamenteel-strategisch als toepassingsgericht onderzoek en is gepositioneerd tussen het fundamentele basisonderzoek van de universiteiten en het praktijkgerichte onderzoek op proefstations. De verkregen onderzoeksresultaten dragen bij aan de bevordering van:
- de bodemkwaliteit;
- duurzame plantaardige produktiesystemen;
- de kwaliteit van landbouwprodukten.

Kernexpertises van het AB-DLO zijn: plantenfysiologie, bodembiologie, bodemchemie en -fysica, nutriëntenbeheer, gewas- en onkruidecologie, graslandkunde en agrosysteemkunde.

Adres

Vestiging Wageningen:
Postbus 14, 6700 AA Wageningen
tel. 08370-75700
fax 08370-23110
e-mail postkamer@ab.agro.nl

Vestiging Haren:
Postbus 129, 9750 AC Haren
tel. 050-337777
fax 050-337291
e-mail postkamer@ab.agro.nl

Na 10-10-1995:

tel. **0317-**475700
fax **0317-**423110

tel. 050-**5**337777
fax 050-**5**337291

Inhoudsopgave

pagina

Samenvatting 1

1. Inleiding 5

2. Mineralenbalans en milieudoelstellingen 7

   2.1. De mineralenbalans 7
   2.2. Milieudoelstellingen 8
   2.3. Concretisering van de milieudoelstellingen voor deze studie 9

3. Beschrijving van het rekenmodel en van de belangrijkste daarin verwerkte informatie 11

   3.1. Inleiding 11
   3.2. Het N-stromenmodel voor grasland GRASMOD 11
   3.3. Toevoegingen aan GRASMOD 15
      3.3.1. Wijziging invoerparameters 15
      3.3.2. berekening van de beschikbaarheid van mineralen in dierlijke mest 16
      3.3.3. Variabele produktie per koe 18
      3.3.4. Jongvee 18
      3.3.5. Verbouw van snijmaïs 19
      3.3.6. Correctie van de nitraatuitspoeling voor de grondwatertrap 21
      3.3.7. Variabel in te stellen milieudoelstellingen 22
      3.3.8. Afvoer van drijfmest 22

4. Uitkomsten van het model en werkwijze in deze studie 23

   4.1. Inleiding 23
   4.2. Voorbeeld van modelresultaten bij een intensieve bedrijfsvoering 23
   4.3. Voorbeeld van modelresultaten onder stringente milieudoelstellingen 25
   4.4. Wijze van berekening en grafische weergave van het toelaatbare N-overschot 28

5. Effecten van bedrijfsvariabelen op het toelaatbare N-overschot 31

   5.1. Samenvatting van de belangrijkste uitgangspunten voor de berekeningen 31
   5.2. Invloed van de wijze van graslandgebruik 32
   5.3. Invloed van beperking van de ammoniakemissie uit de stal 33
   5.4. Invloed van het percentage maïs op het bedrijf 36
   5.5. Invloed van de veebezetting, het melkquotum per ha en de melkproduktie per koe 41
   5.6. De invloed van jongvee 42
   5.7. De invloed van extra aanvoer of afvoer van organische mest 43
   5.8. Invloed van de grondwatertrap 45
   5.9. Invloed van de hoogte van de maximaal toegestane ammoniakvervluchtiging 46
   5.10. Invloed van de hoogte van het toegestane P-overschot per ha 46

6. Discussie - 49

6.1. Het model 49
6.2. Nitraat-emissies in de melkveehouderij en strategieën om deze te beperken 49
6.3. Nitraatuitspoeling 50
6.4. Ammoniakvervluchtiging 50
6.5. P-overschot 51
6.6. Invloed van de veebezetting op het toelaatbare N-overschot 52
6.7. Factoren die de hoogte van het toelaatbare N-overschot beïnvloeden 53
6.8. Mogelijkheden om het systeem van 'streefwaarden' te gebruiken 54

Literatuur 55

Samenvatting

Slechts een beperkt gedeelte van de mineralen (stikstof, fosfor en kalium) die op een melkveebedrijf worden aangevoerd, verlaat het bedrijf als bestanddeel van produkten (melk, vlees, ruwvoer en mest). De rest, aangeduid als het overschot, hoopt op in de bodem of gaat verloren naar het milieu via processen als uitspoeling, denitrificatie en vervluchtiging. Een groeiend bewustzijn omtrent de schadelijke gevolgen van dergelijke verliezen, o.a. bedreiging van drinkwatervoorraden en eutrofiëring van natuurlijke ecosystemen, heeft geleid tot van overheidswege geformuleerde beleidsdoelstellingen waarin aan bepaalde emissies een maximale omvang wordt toegekend. Deze beleidsdoelstellingen voor het jaar 2000 kunnen als volgt worden samengevat:

- Voor ammoniakemissie dient een reductie van 50 %, en zo mogelijk 70 %, ten opzichte van het niveau in 1980 te worden bewerkstelligd. Dit betreft een nationale doelstelling die niet is uitgewerkt naar hectare- of bedrijfsniveau.
- Voor nitraatuitspoeling wordt uitgegaan van de norm dat het grondwater (op 2 meter beneden de grondwaterspiegel) niet meer dan 50 mg nitraat per liter mag bevatten. Bij een jaarlijkse aanvulling van het grondwater met 300 mm betekent dit dat niet meer dan 34 kg stikstof (N) per ha per jaar mag uitspoelen.
- Voor fosfor (P) wordt gestreefd naar evenwichtsbemesting, waarbij niet meer P mag worden toegediend dan er wordt afgevoerd, afgezien van enige 'onvermijdelijke en voor het milieu aanvaardbare verliezen'. Aan deze laatste term wordt (vooralsnog) geen nadere invulling gegeven.

Het is praktisch gezien onmogelijk op elk bedrijf de hoogte van de afzonderlijke emissies te meten. Er bestaat derhalve behoefte aan een afgeleid kengetal of een secundaire parameter op basis waarvan voor een bedrijf een indruk kan worden verkregen van de hoogte van de in de milieudoelstellingen omschreven verliezen. De mineralenboekhouding en de mineralenbalans zouden binnen dit kader een nuttige rol kunnen vervullen. In een mineralenboekhouding wordt de in- en uitstroom van N-, P- en K-verbindingen op een bedrijf geregistreerd. Door de totale uitstroom af te zetten tegen de totale instroom, kan per nutriënt een balans worden opgesteld. De post 'overschot' op deze balans omvat het geheel van vastlegging en verliezen.
Het doel van deze studie was te verkennen bij welk overschot op de N-balans melkveebedrijven voldoen aan toekomstige milieudoelstellingen van de overheid. Omdat melkveebedrijven sterk kunnen verschillen, is veel aandacht besteed aan de vraag in hoevere verschillen in produktieomstandigheden, bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering de hoogte van het toelaatbare N-overschot beïnvloeden. Voor dit doel is een rekenmodel ontwikkeld, dat voor zeer uiteenlopende vormen van melkveehouderij het produktieproces beschrijft en daarbij voederbehoefte, voederproduktie, aankoop van voer en meststoffen, de N-, P- en K-balans en N-stromen en -verliezen kwantificeert. Met dit in Hoofdstuk 3 beschreven model is het mogelijk de ammoniakemissie, nitraatuitspoeling en het N- en P-overschot van individuele melkveebedrijven te berekenen en te verkennen welke emissiebeperkende maatregelen en andere aanpassingen in de bedrijfsvoering nodig zijn om aan bepaalde milieudoelstellingen te voldoen. Het model kwantificeert de effecten van deze maatregelen op het produktieproces en de mineralenstromen, en berekent bij welk N-overschot aan de opgegeven doelstelling

voor nitraatuitspoeling en ammoniakvervluchtiging wordt voldaan. Dit overschot hebben we de *'streefwaarde voor het N-overschot* of *'het toelaatbare N-overschot'* genoemd.
Met het model zijn systematische verkenningen uitgevoerd naar de hoogte van de streefwaarde voor het N-overschot op melkveebedrijven. Bij de meeste berekeningen is uitgegaan van toelaatbare verliezen door ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling van respectievelijk 50 en 34 kg N per ha per jaar en een toelaatbaar P-overschot van 5 kg per ha per jaar (zie § 2.3 voor de keuze van deze waarden). Er zijn echter ook verkenningen met andere waarden uitgevoerd (zie § 5.8, 5.9 en 5.10). In eerste instantie zijn de berekeningen uitgevoerd voor een zuiver graslandbedrijf op goed ontwaterde zandgrond, met de veebezetting en de wijze van graslandbeheer als de belangrijkste variabelen. Voor de onderscheiden bedrijfsvarianten zijn eerst de effecten doorgerekend van de meest voor de hand liggende emissiebeperkende maatregelen bij een gangbaar, d.w.z. economisch optimaal niveau van
N- en P-bemesting (Tabel 8). Deze emissiebeperkende maatregelen zijn: goede bedrijfsvoering volgens landbouwkundige normen en adviezen, voldoende mestopslag om de geproduceerde mest in het groeiseizoen te benutten en toepassing van emissiebeperkende technieken van mesttoediening. Vervolgens is berekend hoe ver, in aanvulling op deze maatregelen, de giften kunstmest-N en -P beperkt moeten worden en hoeveel mest er eventueel afgezet moet worden om aan de milieudoelstellingen te voldoen (Tabel 9). Uit de resultaten van deze berekeningen blijkt dat bij lage veebezettingen de nitraatuitspoelingsdoelstelling de toelaatbare gift kunstmest-N en het toelaatbare N-overschot bepaalt. Bij hoge veebezettingen zijn de aangenomen doelstellingen voor ammoniakvervluchtiging en P-overschot beperkend. Uit de berekeningen blijkt tevens dat bij hoge veebezettingen vermindering van de N-gift geen aantrekkelijke maatregel is om aan de ammoniakdoelstelling te voldoen. Er is namelijk een vrij sterke vermindering ten opzichte van het huidige niveau nodig, waardoor de grasopbrengst sterk daalt en meer voer aangekocht moet worden, wat verhoging van de mestafzet met zich meebrengt om de P-doelstelling te kunnen realiseren. In een dergelijke situatie kunnen specifieke emissiebeperkende maatregelen in de stal aantrekkelijk zijn (Tabel 10). Daardoor wordt de toelaatbare gift kunstmest-N en het toelaatbare N-overschot verhoogd. Bij een beperking van de ammoniakemissie uit de stal met 50 % is bij alle in de berekeningen meegenomen veebezettingen de nitraatdoelstelling beperkend voor de toelaatbare gift kunstmest-N en het toelaatbare N-overschot.
De berekeningen tonen aan dat het toelaatbare N-overschot op basis van de nitraatuitspoelingsdoelstelling bij de meeste bedrijfsvarianten verschilt van het toelaatbare N-overschot op basis van de ammoniakdoelstelling. Dat wordt geïllustreerd door Fig. 5, waar het effect van de veebezetting op het toelaatbare N-overschot voor beide milieudoelstellingen apart is gegeven. Uit Fig. 5 blijkt dat bij toenemende veebezetting het toelaatbare N-overschot voor de nitraatdoelstelling stijgt, terwijl dat voor de ammoniakdoelstelling sterk daalt.
Vervolgens is in Hoofdstuk 5 een analyse uitgevoerd van de invloed van andere factoren op de hoogte van het toelaatbare N-overschot voor de nitraatuitspoelingsdoelstelling en de ammoniakvervluchtigingsdoelstelling. Tabel A geeft een samenvatting van de resultaten van deze analyse.

Tabel A Overzicht van de invloed van verschillende factoren (milieudoelstellingen, produktie-omstandigheden, bedrijfsvoering) op het toelaatbare N-overschot van melkveebedrijven voor de nitraatuitspoelingsdoelstelling en de ammoniakemissiedoelstelling

Aspect	Invloed op toelaatbaar N-overschot voor	
	Nitraatdoelstelling	ammoniakdoelstellling
hoogte NH_3-doelstelling	0	++
hoogte NO_3-doelstelling	++	0
hoogte P-doelstelling	+	0 - +
veebezetting	++	++
jongvee per koe (= veebezetting)	++	++
methode toediening drijfmest	0	++
emissie-arme stal	0	++
% snijmaïs in bedrijfsoppervlakte	++	+
wintergewas na snijmaïs	+	0
wijze graslandgebruik	+	+
melkproduktie per koe	+	+
grondwatertrap	++	0

legenda:
0 = geen invloed
+ = beperkte invloed
++ = grote invloed

Uit Tabel A concluderen we dat de hoogte van het toelaatbare N-overschot voor de nitraat-uitspoelingsdoelstelling vooral bepaald wordt door de hoogte van die doelstelling, de grond-watertrap, de veebezetting en het aandeel maïs in de bedrijfsoppervlakte. Met informatie over die factoren kan voor een melkveebedrijf een goede schatting van het toelaatbare N-overschot onder een nitraatuitspoeling worden gemaakt.
Het toelaatbare N-overschot voor de ammoniakemissiedoelstelling wordt bepaald door de hoogte van die doelstelling, de veebezetting en de aard en effectiviteit van specifieke ammoniakemissie-beperkende maatregelen bij mesttoediening en in de stal.
Van de twee berekende waarden voor het toelaatbare N-overschot van een melkveebedrijf dient de laagste waarde als streefwaarde voor dat bedrijf aangehouden te worden.
Uit het voorgaande volgt dat om een toelaatbaar N-overschot voor melkveebedrijven te berekenen, eerst de milieudoelstellingen in toelaatbare N-emissies moeten worden uitgedrukt.
De verkenningen in dit rapport geven verder aan dat het niet raadzaam is voor alle melkveebedrijven één streefwaarde voor het toelaatbare N-overschot vast te stellen. Het toelaatbare N-overschot hangt namelijk af van verschillende bedrijfskenmerken en in het bijzonder van de mate waarin de noodzakelijke emissiebeperking door specifieke emissiebeperkende maatregelen of vermindering van de N-aanvoer via kunstmestgebruik of voeraankopen wordt gerealiseerd (Tabel A). Het ontwikkelde model biedt echter goede mogelijkheden om voor verschillende bedrijven en vormen van bedrijfsvoering toelaatbare N-overschotten te berekenen.

1. Inleiding

De periode vanaf ongeveer 1950 wordt in de melkveehouderij gekenmerkt door een intensivering van de bedrijfsvoering die heeft geresulteerd in een sterke stijging van de produktie van melk en vlees per ha. Dit kon vooral worden gerealiseerd door een toename van het kunstmest- en krachtvoerverbruik, zowel per melkkoe als per ha. Hiermee ging een stijging van de aanvoer van mineralen gepaard, in het bijzonder van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). Echter doordat de toename in de afvoer van deze mineralen veel kleiner was dan de toename in de aanvoer, nam gedurende deze periode ook het mineralenoverschot toe.
Slechts een beperkt deel van de op een melkveebedrijf aangevoerde mineralen wordt vastgelegd in produkten die het bedrijf verlaten (melk, vlees, ruwvoeders en mest). De rest, het overschot, hoopt op in de bodem of gaat verloren naar het milieu. Het N-overschot gaat voor het overgrote deel verloren naar de atmosfeer en naar het grond- en het oppervlaktewater. Het P-overschot zal, voor zover de grond op het bedrijf nog niet fosfaatverzadigd is, in de bodem accumuleren en op termijn tot fosfaatverzadiging van deze bodem en dan tot fosfaatuitspoeling leiden. Het K-overschot zal, met name op lichtere gronden, uitspoelen.
De omvang van genoemde verliezen kan worden benaderd via metingen. Het is echter praktisch gezien onmogelijk dergelijke metingen te verrichten op een groot aantal bedrijven. Via het opstellen van een mineralenbalans kan de *som van verliezen plus ophoping* per mineraalvrij nauwkeurig en op relatief eenvoudige wijze worden bepaald. Hoewel de mineralenbalans geen informatie geeft over de vorm waarin een verlies optreedt, lijkt het een bruikbaar instrument om mineralenverliezen op individuele bedrijven te registreren en te beoordelen.
In opdracht van de werkgroep 'Mineralenboekhouding' van de Ministeries van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) is verkennend onderzoek verricht naar de hoogte van het overschot op de N-balans (en de P-balans) van melkveebedrijven waarbij aan de door de overheid voor het jaar 2000 geformuleerde milieudoelstellingen wordt voldaan. Dit verslag vormt de weergave van de resultaten van dit onderzoek. Om de rol en de mogelijkheden van de mineralenbalans in het kader van de milieudoelstellingen te verduidelijken, worden eerst de mineralenbalans, de overschotten op deze balans en de milieudoelstellingen van de overheid besproken.
De gevolgen van de milieumaatregelen van de overheid voor de N-balans zijn uitgewerkt voor een aantal specifieke bedrijfssituaties. Het hierbij gebruikte computermodel en de uitgangspunten en aannamen worden besproken. Met het model zijn de effecten doorgerekend van bemesting, wijze van graslandgebruik, veebezetting, hoeveelheid jongvee per melkkoe, wijze van toediening van de drijfmest, melkquotum per ha, melkproduktie per koe, percentage snijmaïs in de bedrijfsoppervlakte en reduktie van de ammoniakemissie vanuit de stal op het N-overschot van melkveebedrijven bij verschillende milieudoelstellingen. Het overschot op de N-balans dat wordt bereikt indien nog juist aan de milieudoelstellingen wordt voldaan, kan worden beschouwd als '*streefwaarde voor het N-overschot*' of '*toelaatbaar N-overschot*'.

2. Mineralenbalans en milieudoelstellingen

2.1. De mineralenbalans

Op een melkveebedrijf worden grote hoeveelheden mineralen (met name N, P en K) aangevoerd. Dit gebeurt vooral via de aankoop van kunstmest, krachtvoer en eventueel ruwvoer, maar ook door atmosferische depositie. Een gedeelte van de aangevoerde mineralen wordt weer afgevoerd van het bedrijf in dierlijke produkten: melk en vlees, en eventueel door afzet van mest en ruwvoer. Het lijkt onvermijdelijk dat tijdens het produktieproces dat zich voor een groot deel 'in de open lucht' afspeelt verliezen optreden. Deze verliezen zijn momenteel echter dusdanig hoog dat het milieu hiervan schade ondervindt.
Bij het streven naar verlaging van de verliezen aan mineralen op melkveebedrijven kan de mineralenboekhouding een belangrijke rol spelen. In de mineralenboekhouding wordt de in- en uitstroom van mineralen op bedrijfsniveau geregistreerd. Het saldo (aanvoer - afvoer) van de mineralenbalans geeft een schatting van de som van de verliezen en de accumulatie in de bodem. Tabel 1 geeft als voorbeeld de mineralenbalans van een gemiddeld gespecialiseerd melkveebedrijf in Nederland over de periode 1983 - 1986 (Aarts *et al.*, 1988).

Tabel 1 Mineralenbalans (N, P en K) van een gemiddeld gespecialiseerd melkveebedrijf in de periode 1983 - 1986. De balansposten zijn gegeven in kg per ha per jaar (Aarts *et al.*, 1988).

Aanvoer	N	P	K
Kunstmest	322	15	18
Krachtvoer	129	23	69
Depositie	43	1	4
Ruwvoer	35	5	24
Overige	18	2	3
Totaal	547	46	118
Afvoer			
Melk	63	11	18
Vlees	12	4	1
Ruwvoer	1	0	1
Overschot	471	31	98
Totaal	547	46	118

De overschotten op de mineralenbalans in Tabel 1 bedragen 471 kg N, 31 kg P en 98 kg K per ha per jaar. Een belangrijk deel van deze overschotten (met name van N en K) gaat direct verloren naar het milieu; een ander deel (met name P) kan in beperkte mate in de bodem accumuleren, maar zal op langere termijn ook het milieu belasten. Dit geeft aanleiding tot be-

zorgdheid aangezien deze verliezen een bedreiging vormen voor huidige en toekomstige drinkwatervoorraden en daarnaast een negatief effect hebben op het functioneren en de diversiteit van natuurlijke ecosystemen.

2.2. Milieudoelstellingen

Om de negatieve effecten van de landbouw op het milieu tot een aanvaardbaar niveau te beperken, heeft de overheid een aantal milieudoelstellingen geformuleerd die in het jaar 2000 gerealiseerd moeten zijn (o.a.: Nationaal Milieubeleidsplan, Structuurnota Landbouw, derde Nota Waterhuishouding, Plan van aanpak ammoniakemissie van de landbouw, Rijn-actieprogramma, Noordzee-actieprogramma). De inhoud van deze milieudoelstellingen voor het jaar 2000 kan voor de verschillende milieucompartimenten als volgt worden samengevat:

- Voor het ***milieucompartiment lucht*** is de doelstelling de gemiddelde depositie in Nederland te beperken tot maximaal 2400 zuurequivalenten per ha per jaar, waarvan 1600 uit N. Hierin zal na het jaar 2000 een verdere aanscherping plaatsvinden tot 1400 zuurequivalenten per ha per jaar gemiddeld over Nederland, waarvan 1000 uit N. Ten aanzien van de ammoniakemissie is de doelstelling een reductie t.o.v. het niveau in 1980 van 50 % en indien mogelijk van 70 %. Het betreft hier een nationale doelstelling die niet verder wordt gespecificeerd naar regio-, bedrijfs- of hectareniveau.
- Voor het ***milieucompartiment water*** is de doelstelling dat het oppervlaktewater niet meer dan 0,15 mg P en 2,2 mg N per liter mag bevatten. Voor wat betreft het grondwater zijn geen direkte normen opgesteld. Daarom wordt uitgegaan van de norm dat het grondwater dat geschikt is voor drinkwaterwinning (op 2 meter diepte onder de grondwaterspiegel) niet meer dan 50 mg NO_3 per liter mag bevatten. Bij een jaarlijkse aanvulling van het grondwater van 300 mm betekent dit dat jaarlijks niet meer dan 34 kg NO_3-N per ha mag uitspoelen (Van der Meer & Meeuwissen, 1989). Na het jaar 2000 zal mogelijk een aanscherping van deze drinkwaternorm plaatsvinden tot 25 mg NO_3 per liter.
- Voor het ***milieucompartiment bodem*** is het doel evenwichtsbemesting. Hierbij mag niet meer P aan de bodem worden toegediend dan er door het gewas aan wordt onttrokken. Dit afgezien van enige onvermijdelijke en voor het milieu acceptabele verliezen.

Om realisatie van de milieudoelstellingen binnen de gestelde termijn mogelijk te maken, heeft de overheid maatregelen afgekondigd en in voorbereiding. De reeds afgekondigde overheidsmaatregelen betreffen: de P-normering voor het gebruik van dierlijke mest, het uitrijverbod van dierlijke mest in de herfst en winter, de verplichting tot het gebruik van emissie-arme technieken bij de toediening van dierlijke mest en de verplichting tot afdekken van mestsilo's. Deze overheidsmaatregelen hebben ten doel de emissies vanuit de melkveehouderij te verminderen. Ze zullen tegelijkertijd het overschot op de balans van één of meerdere mineralen verminderen. De mestregelgeving bijvoorbeeld, moet leiden tot een betere benutting van de in dierlijke mest aanwezige mineralen en daardoor tot een lager kunstmestverbruik. Naast de bestaande regelgeving zullen aanvullende maatregelen nodig zijn, vooral om de beoogde doelstellingen ten aanzien van de emissies van N naar het grond- en oppervlaktewater te realiseren. Gezien de onmogelijkheid om op elk individueel bedrijf de afzonderlijke emissies te meten, is het nodig hiervoor alternatieven te ontwikkelen. De mineralenboekhouding is een relatief eenvoudige manier om de efficiëntie van het mineralengebruik en de totale omvang van de emissies op een bedrijf vast te stellen. De mineralenboekhouding leent zich daarom goed als

hulpmiddel in de voorlichting omtrent verbetering van het mineralenmanagement op het bedrijf. Daarnaast biedt de mineralenboekhouding wellicht ook mogelijkheden voor een meer directe regulering van de totale mineralenstroom op landbouwbedrijven. Door de regulering te richten op vermindering van de overschotten aan N, P en K, wordt in principe de gehele mineralenhuishouding beheerst.
Door het effect van emissie-beperkende maatregelen zowel op de emissies van N als op de verschillende posten op de N-balans te kwantificeren, is het mogelijk vast te stellen bij welk N-overschot de door het beleid opgestelde milieudoelstellingen worden gerealiseerd. Dit overschot zou als *streefwaarde* of *toelaatbaar N-overschot* gehanteerd kunnen worden.

2.3. Concretisering van de milieudoelstellingen voor deze studie

In de milieudoelstellingen worden grenswaarden geformuleerd voor de ammoniakvervluchtiging, de uitspoeling van nitraat en het P-overschot per ha. Bij de berekeningen voor deze studie wordt uitgegaan van de milieudoelstellingen voor het jaar 2000.
Voor de ammoniakvervluchtiging wordt gemiddeld over Nederland een reductie van 50 % en indien mogelijk van 70 % ten opzichte van het referentiejaar 1980 beoogd. De ammoniakemissie van het gemiddelde gespecialiseerde melkveebedrijf waarvan de mineralenbalans is weergegeven in Tabel 1, bedraagt ongeveer 150 kg N per ha per jaar (Biewinga *et al.*, 1992). Een reduktie van 70 % zou voor een dergelijk bedrijf een norm opleveren van 45 kg N per ha per jaar. Van belang is hier dat de ammoniakdoelstelling op landelijk niveau is geformuleerd en geen nadere uitwerking naar bedrijfs- of hectareniveau is gegeven. Voor deze studie is het nodig van een toelaatbare emissie per hectare uit te gaan. In de meeste berekeningen is deze gesteld op 50 kg N per ha per jaar. In § 5.9 zijn ook berekeningen uitgevoerd voor toelaatbare ammoniakemissies van 40 en 30 kg N per ha per jaar.
De nitraatconcentratie in het grondwater dat in principe bruikbaar is voor drinkwaterwinning mag niet hoger zijn dan 50 mg per liter. Voor diep ontwaterde zandgronden betekent dit dat bij een gemiddeld neerslagoverschot (aanvulling van het grondwater) van 300 mm per jaar de nitraatuitspoeling niet hoger mag zijn dan 34 kg N per ha per jaar (zie ook § 3.3 punt 6). De doelstelling voor oppervlaktewater is hier buiten beschouwing gelaten omdat het momenteel nog niet mogelijk is de effecten van verschillen in bedrijfsvoering op de N-concentratie in het oppervlaktewater te kwantificeren.
Voor P wordt gestreefd naar een situatie van evenwichtsbemesting, waarbij de gift gelijk is aan de gewasonttrekking plus enige onvermijdelijke en voor het milieu acceptabele verliezen. Aangezien de doelstelling van evenwichtsbemesting in principe zou moeten gelden voor situaties waar de P-toestand van de grond ruim voldoende is, zou de toelaatbare P-gift, conform het huidige landbouwkundige bemestingsadvies aangepast moeten worden aan de P-toestand van de grond (zie: Adviesbasis voor de bemesting van Grasland en Voedergewassen). Dit houdt in dat op P-arme gronden een overschot op de P-balans van het bedrijf toegelaten zou moeten zijn en op P-rijke gronden (tijdelijk) een tekort op de P-balans geboden is. Op grond van het voorgaande is in deze studie gerekend met toelaatbare P-overschotten van -5, 0, 5 en 10 kg P per ha per jaar (zie § 5.10). Bij de berekening van de toelaatbare N-overschotten is standaard een toelaatbaar P-overschot van 5 kg per ha per jaar aangenomen.

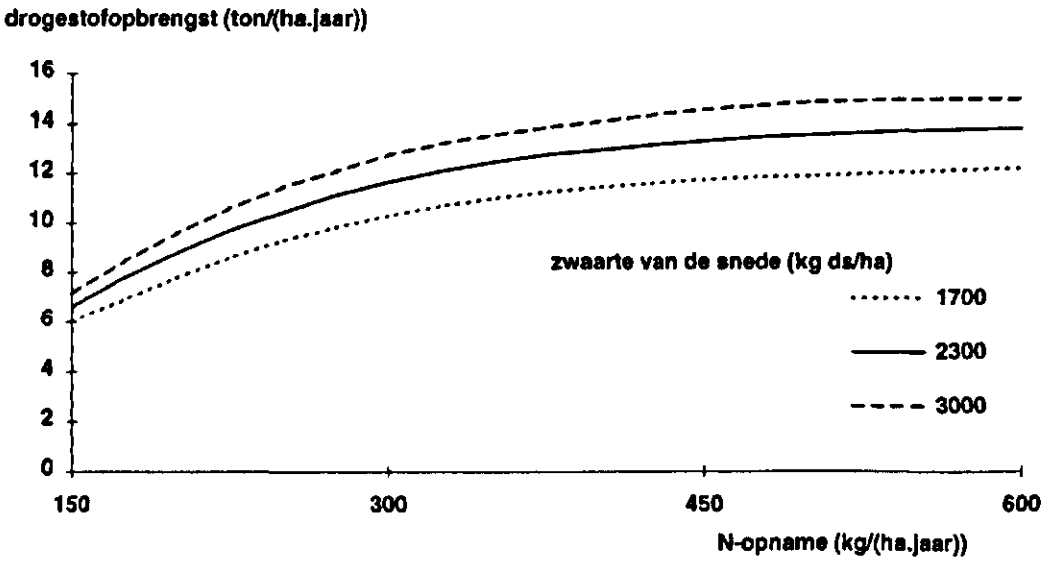
3. Beschrijving van het rekenmodel en van de belangrijkste daarin verwerkte informatie

3.1. Inleiding

Het doel van deze studie is vast te stellen bij welk overschot op de N-balans van melkveebedrijven nog juist wordt voldaan aan de milieudoelstellingen voor het jaar 2000 (zie § 2.3). Hierbij dient rekening te worden gehouden met verschillen in bedrijfsopzet en berijfsvoering. Om dit te kunnen doen is een computermodel ontwikkeld dat is gebaseerd op GRASMOD, een op het AB-DLO ontwikkeld N-stromenmodel voor grasland (Van de Ven, 1992). Het model is uitgebreid en aangepast zodat het N- en P-stromen op bedrijfsniveau beschrijft. In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving van het rekenmodel en van de belangrijkste daarin verwerkte informatie gegeven.

3.2. Het N-stromenmodel voor grasland GRASMOD

Met behulp van het N-stromenmodel voor grasland GRASMOD, dat elders uitgebreid is bechreven (Van de Ven, 1992), kunnen effecten van de N-gift en het graslandbeheer op de oprengst en N-huishouding van grasland worden gekwantificeerd. De in GRASMOD gebruikte relaties en veronderstellingen zijn ontleend aan gegevens uit de literatuur en van deskundigen. Daarnaast zijn normen uit de landbouwvoorlichting gebruikt. Indien onvoldoende kennis beschikbaar was, zijn schattingen verricht. GRASMOD is een beschrijvend model, gebaseerd op empirische relaties.
De relaties binnen GRASMOD zijn opgesteld voor blijvend grasland op een diep ontwaterde zandgrond met een goede bodemstructuur en een goed vochtleverend vermogen. Daarbij wordt uitgegaan van een goede uitvoering van het graslandbeheer, die gekarakteriseerd wordt door een juiste en tijdige inzet van produktiemiddelen.
In het model worden drie vormen van graslandgebruik onderscheiden: zomerstalvoedering, onbeperkt en beperkt weiden. Ze worden gecombineerd met maaien voor voederwinning. Bij zomerstalvoedering staan de melkkoeien gedurende het gehele jaar op stal; hierbij wordt vers gras (gemaaid bij 2300 kg drogestof per ha) op stal gevoerd. Onder onbeperkt weiden wordt een vorm van graslandbeheer verstaan waarbij het melkvee gedurende het weideseizoen dag en nacht wordt geweid en regelmatig van perceel wordt gewisseld. In GRASMOD wordt uitgegaan van een beweidingsduur van 4 dagen per perceel. Nadat het perceel is beweid is er een hergroeiperiode tot het moment waarop weer een voldoende zware snede aanwezig is voor een volgende weide- of maaisnede. Inscharen voor beweiding vindt plaats bij 1700 kg drogestof per ha, maaien voor voederwinning bij 3000 kg drogestof per ha. Bij beperkt weiden worden de dieren gedurende de dag geweid en 's nachts opgestald. Omdat door de korte weidetijd de energiebehoefte van het melkvee niet kan worden gedekt door gras alleen, wordt 's nachts ruwvoer op stal verstrekt.



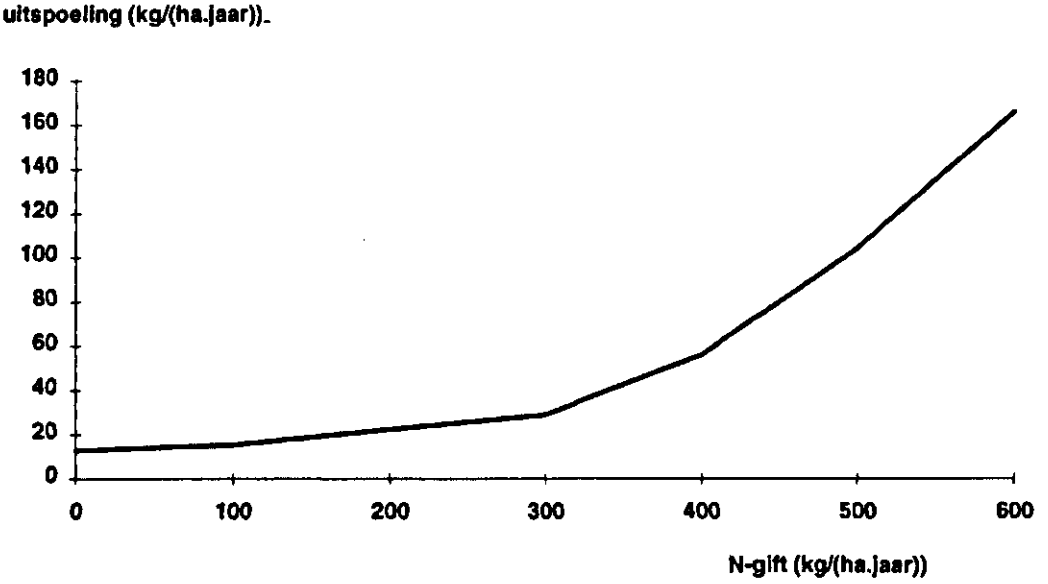
Figuur 1 Bruto drogestofopbrengst van gras in afhankelijkheid van de N-opname en de zwaarte van de snede (Van de Ven, 1992)

In Fig. 1 is voor de drie verschillende snede-opbrengsten (nl. 1700, 2300 en 3000 kg drogestof per ha) de bruto-drogestofopbrengst uitgezet tegen de N-opname. De gegeven verbanden zijn afgeleid uit resultaten van een 10 jaar durende veldproef op goed vochthoudende zandgrond, uitgevoerd op drie locaties in Gelderland (Van Steenbergen, 1977). De maximale drogestofopbrengsten bij oogsten bij 1700, 2300 en 3000 kg drogestof per ha zijn respectievelijk 12400, 13400 en 14800 kg per ha per jaar (Fig. 1). De door het gewas opgenomen N is afkomstig van levering door de bodem, uit depositie, bemesting en eventueel uit urine en faeces van weidend vee. Uit de verhouding van de N-opname en de drogestofopbrengst wordt het N-gehalte van het gras berekend.
De hoeveelheid anorganische N die jaarlijks beschikbaar komt door mineralisatie van organisch materiaal en depositie is gesteld op respectievelijk 180 en 45 kg per ha. Er is aangenomen dat van de N die beschikbaar komt door mineralisatie en depositie 150 kg per ha per jaar in het gewas wordt geoogst (Van der Meer, 1987). Als het gewas voor de gewenste drogestofopbrengst meer N moet opnemen, moet in de resterende N-behoefte worden voorzien door middel van bemesting. Hierbij is de N-recovery afhankelijk gesteld van de hoogte van de aanvulling uit bemesting (Tabel 2).

Tabel 2 Overzicht van de relatie tussen de N-bemesting en de hoeveelheid N die daaruit door het gras wordt opgenomen (in kg/(ha·jaar))

N-gift	N-opname uit bemesting
0	0
200	170
400	310
500	360
600	400
900	450

Van het gras dat wordt aangeboden aan het melkvee wordt een gedeelte niet benut. Bij zomerstalvoedering bedraagt dit verlies 7 % van de aangeboden drogestof; bij beperkt en onbeperkt weiden bedragen deze verliezen respectievelijk 14 en 20 % (Remmelink, 1990). Bij onbeperkt weiden bestaat het rantsoen in de weideperiode uit gras als enig ruwvoer dat eventueel wordt aangevuld met krachtvoer om volledig in de energiebehoefte van de dieren te voorzien. Bij beperkt weiden wordt 's nachts snijmaïs bijgevoerd. De snijmaïs voorziet standaard in éénderde van de energiebehoefte van het melkvee. Ook bij beperkt weiden ontvangen de dieren eventueel aanvullend krachtvoer om de energiebehoefte volledig te dekken. Bij zomerstalvoedering kan gras het enige ruwvoer zijn of in combinatie met snijmaïs worden verstrekt. Bij alle systemen van graslandgebruik bevatten de rantsoenen waarmee gerekend wordt zo weinig mogelijk krachtvoer (er wordt 'op de norm gevoerd').
Een deel van de door het melkvee opgenomen mineralen wordt met melk en vlees afgevoerd. Het resterende deel (vaak meer dan 80 % van de door de dieren opgenomen N) komt met de mest en urine weer terug op het land (Kemp *et al.*, 1979). Bij alle drie graslandgebruikswijzen zijn de dieren gedurende tenminste een gedeelte van de dag in de (melk)stal. Bij onbeperkt weiden bedraagt deze periode 4 uur per etmaal, bij beperkt weiden 14 uur en bij zomerstalvoedering 24 uur. Bij de berekening van de hoeveelheid N die in faeces en urine op het grasland komt, wordt verondersteld dat de mest- en urine-uitscheiding evenredig over het etmaal is verdeeld. De N die in urine of faeces op het grasland terecht komt en niet vervluchtigt, kan door het gras worden opgenomen of gaat door denitrificatie of uitspoeling verloren.
In GRASMOD wordt uitgegaan van een gemiddelde relatie tussen N-gift en nitraatuitspoeling voor diep ontwaterd zandgrasland dat uitsluitend wordt gemaaid. Deze relatie is elders afgeleid uit experimenteel onderzoek (Van der Meer & Meeuwissen, 1989) en weergegeven in Fig. 2. Uit deze figuur blijkt dat er zonder N-bemesting (dus uit mineralisatie van organische N en atmosferische depositie) maar 15 kg N per ha per jaar uitspoelt. Dit is minder dan in veel recente experimenten is gevonden (o.a. Wouters *et al.*, 1993), maar daar zou nawerking van jarenlange hoge N-giften een rol kunnen spelen. GRASMOD berekent het effect van beweiding op de nitraatuitspoeling uit de aangenomen uitspoelingscurve voor gemaaid grasland en de resultaten van experimenteel onderzoek naar het lot van N in mest- en urineplekken.
In mest- en urineplekken komt N geconcentreerd op een kleine oppervlakte terecht. Voor faeces is aangenomen dat deze extra N geen invloed op de grasgroei en nitraatuitspoeling heeft. Het grootste deel van de N in faeces is namelijk organisch gebonden en komt langzaam vrij. Daarnaast wordt in faecesplekken de grasgroei door bedekking tijdelijk geremd. Hierbij is verondersteld dat de extra produktie aan de randen van een faecesplek de lagere produktie in het centrum van de faecesplek compenseert (Middelkoop, 1989). Aangenomen is verder dat van de N in faeces 13 % als ammoniak vervluchtigt (Van der Meer & van Uum-van Lohuyzen, 1989).



Figuur 2 Relatie tussen de N-gift en de nitraatuitspoeling uit grasland op een zandgrond met Gt VII* bij uitsluitend maaien (Van de Ven, 1992)

Ook van de N in urine vervluchtigt op zandgrond gemiddeld 13 %. Daarnaast gaat gemiddeld 27 % verloren door een nog niet nader geïdentificeerd proces (mogelijk chemodenitrificatie) en is dus gemiddeld 60 % over voor opname door het gras en denitrificatie of nitraatuitspoeling (Vertregt & Rutgers, 1988). Aangenomen is dat het percentage vervluchtiging uit urine onafhankelijk is van het N-niveau. Nader onderzoek moet uitwijzen of deze aanname juist is (Van der Meer, 1991). Wel dient opgemerkt te worden dat op klei- en veengrond waarschijnlijk een kleiner deel van de urine-N vervluchtigt dan op zandgrond (Vertregt & Rutgers, 1988; Van der Meer & Van Uum-van Lohuyzen, 1989; Bussink, 1989). Een belangrijke aanname in GRASMOD is verder dat de voor het gras beschikbare anorganische N uit urine op het door urine beïnvloede oppervlak dezelfde bemestende waarde heeft als de N uit kunstmest en daarom kan worden opgeteld bij de hoeveelheid N uit kunstmest, mineralisatie en depositie om de totale N-beschikbaarheid in urineplekken te berekenen. Door de hogere beschikbaarheid van N in urineplekken is de N-opname door het gras in urineplekken hoger. Met behulp van figuur 1 kan uit de extra N-opname de (extra) drogestofopbrengst in een urineplek worden vastgesteld.

Het deel van de totale oppervlakte dat wordt beïnvloed door urine en faeces is afhankelijk van de veebezetting, dat wil zeggen van het aantal volledige koe-weidedagen (het aantal lozingen) en de beïnvloede oppervlakte per lozing (voor een urinelozing 0,68 m^2 en voor een mestflat 0,08 m^2). In GRASMOD wordt onderscheid gemaakt tussen velddelen die niet, éénmaal, tweemaal of vaker met urine en/of faeces worden bedekt. Voor al deze velddelen worden de N-belasting, de N-opname, de drogestofopbrengst en de verliezen volgens dezelfde procedure berekend. Hierna worden de resultaten per ha berekend als het gewogen gemiddelde van de verschillende velddelen. Uitgaande van de totale N-belasting wordt uit de curve voor uitsluitend maaien (Fig. 2) de nitraatuitspoeling onder urineplekken geschat. Hierbij is aangenomen dat bij een N-belasting hoger dan 600 kg per ha per jaar, 70 % van de extra N uitspoelt (Van der Meer & Meeuwissen, 1989).

Alle N die onder de wortelzone terecht komt, wordt beschouwd als verloren door uitspoeling. De drinkwaternorm van 50 mg nitraat per liter geldt voor grondwater op 2 meter diepte. Onder bepaalde omstandigheden kan nitraat in de tijd die verstrijkt tussen het moment waarop het water met het opgeloste nitraat de wortelzone verlaat en het moment waarop het op

2 meter beneden de grondwaterspiegel komt, worden gedenitrificeerd (Oosterom, 1983). Stikstof gaat dan verloren als N_2 of N_2O. Hiermee wordt in het model echter geen rekening gehouden. Het is echter in het model wel mogelijk de nitraatuitspoeling te corrigeren voor de grondwatertrap (zie § 3.3 punt 6).
Stikstofverlies door afspoeling treedt vooral op bij hoge grondwaterstanden en op slecht ontwaterde gronden (Steenvoorden, 1988). Op een diep ontwaterde zandgrond met een goede bodemstructuur zijn de N-verliezen door afspoeling waarschijnlijk gering en derhalve in het model voorlopig buiten beschouwing gelaten.

3.3. Toevoegingen aan GRASMOD

Om het model geschikt te maken voor het specifieke doel van dit project (het berekenen van het overschot op de mineralenbalans van een bedrijf als wordt voldaan aan variabele milieudoelstellingen) is GRASMOD uitgebreid tot een bedrijfsmodel en zijn de invoer en uitvoer van het programma aangepast. Dit resulteert in een uitvoer waarin de bedrijfsbalans voor N en P op het scherm wordt getoond, met enkele resultaten zoals de hoogte en de bronnen van nitraatuitspoeling en ammoniakvervluchtiging als aan de opgegeven milieudoelstellingen wordt voldaan. De overige resultaten worden weggeschreven naar een datafile die later eventueel kan worden opgevraagd.
De berekende mineralenbalans beperkt zich tot de hoofdposten (Tabel 1). Dit zijn voor wat betreft de aanvoerposten: kunstmest, krachtvoer, aangekocht ruwvoer, depositie en overige aanvoer. Hierbij worden de posten depositie en overige aanvoer voor een nutriënt constant verondersteld (Tabel 3). Aan de afvoerzijde worden onderscheiden: melk, vee, verkocht ruwvoer, afgezette mest en het overschot. Op de volgende punten is het model aangepast:

3.3.1. Wijziging invoerparameters

GRASMOD rekent op basis van een gegeven drogestofopbrengst en maaipercentage uit hoe hoog de veebezetting kan zijn. Om beter aan te kunnen sluiten bij de feitelijke situatie op bestaande bedrijven is in deze studie de beweiding van de dieren centraal gesteld. Uit een opgegeven veebezetting, rantsoen en wijze van graslandgebruik berekent het programma hoeveel gras nodig is voor beweiding en zet dit af tegen de hoeveelheid gras die voor beweiding beschikbaar is. Is meer gras beschikbaar dan nodig is, dan wordt het overschot bestemd voor voederwinning waarbij een correctie van de groeisnelheid wordt toegepast omdat voor voederwinning in een ouder stadium wordt geoogst. Is er een tekort aan weidegras, dan wordt gedurende het weideseizoen bijgevoerd met kuilgras.

Tabel 3 Overzicht van enkele constanten die bij de berekeningen zijn gebruikt (o.a. Wieling *et al.*, 1977; Daatselaar *et al.*, 1990; Van de Ven, 1992; Aarts *et al.*, 1988)

Produkt	Gehalten (%)	
	N	P
Krachtvoer	2,56	0,50
Snijmaïskuil	1,44	0,25
Melk	0,53	0,09
Vlees	2,50	0,74
Weidegras	variabel [1]	0,44
Graskuil	variabel [1]	0,37
Aanvoer	N (kg/(ha·jr))	P(kg/(ha·jr))
Depositie	49	0,9
Overige aanvoer	18	2,0

[1] zie Fig. 1

Bij de uitvoering van de berekeningen wordt in eerste instantie gestreefd naar het verkrijgen van voldoende beweidingsdagen. Met betrekking tot de stalperiode is verondersteld dat een bedrijf een eventueel tekort aan ruwvoer kan opvangen door snijmaïs of graskuil van *dezelfde kwaliteit als het eigen produkt* aan te kopen. Daarnaast is aangenomen dat indien het bedrijf meer ruwvoer produceert dan nodig is voor eigen gebruik, het surplus wordt afgezet.

3.3.2. berekening van de beschikbaarheid van mineralen in dierlijke mest

Een verdere toevoeging aan het model is de berekening van de hoeveelheid mineralen in en de bemestende waarde van de dierlijke mest die door het eigen vee wordt geproduceerd. De hoeveelheid van een nutriënt in de drijfmest wordt berekend als het verschil tussen de opname van dat nutriënt door het vee en de vastlegging in de produkten melk en vlees [1]. Hierbij worden geen massastromen (tonnen drijfmest) maar mineralenstromen (kilogrammen N en P) berekend.

[1] N-uitscheiding = N-opname - N-vastlegging in produkten
[2] N in drijfmest = op stal uitgescheiden N - N-vervluchtiging uit stal en opslag

Om te komen tot de uiteindelijke hoeveelheid N in de drijfmest die wordt aangewend, wordt van de hoeveelheid uitgescheiden N in de stal, het verlies in stal en opslag afgetrokken [2]. De vervluchtiging van ammoniak uit de stal is gesteld op 13,24 % van de totale hoeveelheid uitgescheiden N (De Winkel, 1988). Bij sommige berekeningen is aangenomen dat het mogelijk is door toepassing van emissiebeperkende maatregelen dit percentage tot de helft terug te brengen (Kroodsma *et al.*, 1989). De vervluchtiging van N uit de drijfmest tijdens opslag buiten de stal is gesteld op 2 % van de in de opgeslagen mest aanwezige N (Monteny, 1991).
Bij de toediening van drijfmest treedt ammoniakvervluchtiging op (Tabel 4). De hoogte van deze vervluchtiging is afhankelijk gesteld van de hoeveelheid N die wordt toegediend en de wijze waarop de drijfmest wordt toegediend. Voor oppervlakkig toedienen is de ammoniak-

emissie gesteld op 60 % van de minerale N in de drijfmest en voor toedienen via zodebemesting op 8 %. Bij de toediening van drijfmest op bouwland wordt uitgegaan van oppervlakkige toediening en onderwerken in dezelfde werkgang. Hiervoor is een vervluchtigingspercentage van 5 % van de minerale N in de drijfmest aangenomen. De hoeveelheid ammoniak die vervluchtigt tijdens de toediening van organische mest kan vervolgens worden berekend als:

[3] $N_{am} = N_{drijfmest} * (N_m * C_1)$

waarin:

N_{am}	hoeveelheid N die als ammoniak vervluchtigt (kg).
$N_{drijfmest}$	hoeveelheid N in de drijfmest (kg).
C_1	fractie die bij de toegepaste toedieningstechniek vervluchtigt (zie Tabel 4).
N_m	N_m -fractie (in runderdrijfmest ongeveer 50 % van de totale N in drijfmest).

Tabel 4 Invloed van de methode van mesttoediening op het deel van de ammonium-N in de mest dat door ammoniakvervluchtiging verloren gaat; in experimenten gemeten (Korevaar, 1990) en voor deze studie aangenomen waarden.

Methode van toediening	Gemeten verlies (%)	Aangenomen in deze studie (%)
- injectie	0 - 1	1
- zodebemesting	5 - 10	8
- inregenen	5 - 30	20
- verdund verregenen	5 - 30	20
- oppervlakkig toedienen, binnen twee uur onderwerken	10 - 30	15
- oppervlakkig toedienen, geen verdere maatregelen	20 - 100	60

De mate waarin de N uit de N_e-fractie van de drijfmest door het gewas kan worden benut is afhankelijk gesteld van het tijdstip waarop de drijfmest wordt aangewend (zie Tabel 5 en Tabel 6). Om de hoeveelheid P in drijfmest te berekenen wordt dezelfde methode als voor N gehanteerd (zie formule [1]). Gezien het feit dat P niet door vervluchtiging verloren gaat kan de berekening aanmerkelijk eenvoudiger (formules [2] en [3] vervallen). Voor P in runderdrijfmest is aangenomen dat de werking gelijk is aan die van kunstmest-P.

Tabel 5 Effect van het tijdstip van toedienen van runderdrijfmest op het gedeelte van de niet vervluchtigde N uit de N_m-fractie dat opneembaar is (Middelkoop & Aarts, 1991)

Tijdstip van toedienen runderdrijfmest	Fractie opneembaar
September	0,75
Oktober	0,40
November	0,10
December	0,25
Januari	0,40
Februari	0,75
Maart t/m augustus	1,00

Tabel 6 Effect van het tijdstip van toedienen van runderdrijfmest op het gedeelte van de N in de N_e-fractie (ongeveer 25 % van de N aanwezig in dierlijke mest) dat voor een grasgewas opneembaar is (Middelkoop & Aarts, 1991)

Tijdstip van toedienen	Fractie opneembaar
1 jan	0,87
1 feb	0,89
1 mrt	0,89
1 apr	0,89
1 mei	0,88
1 jun	0,87
1 jul	0,84
1 aug	0,81
1 sep	0,71
1 okt	0,78
1 nov	0,81
1 dec	0,85

3.3.3. Variabele produktie per koe

De drogestofopname door het vee uit gras en andere voeders wordt bepaald middels rantsoenberekeningen (Pelser, 1988; Wieling *et al.*, 1977). Hierbij is uitgegaan van melkvee met een afkalfdatum van 1 februari, een variabel in te stellen melkproduktie per koe van 5000 tot 9000 kg melk per lactatie van 305 dagen, met 4,40 % vet en een in te stellen percentage eiwit (voor deze studie is dit percentage ingesteld op 3,41 %). Uitgegaan wordt van een tussenkalftijd van 365 dagen. Het jaar wordt hierbij ingedeeld in vijf perioden, op grond van verschillen in rantsoen tijdens de weide- en stalperiode en het lactatie-stadium van de dieren (Van de Ven, 1992). Per periode wordt via regressie de gemiddelde dagelijkse melkproduktie van de dieren en een hierop gebaseerd rantsoen berekend.

3.3.4. Jongvee

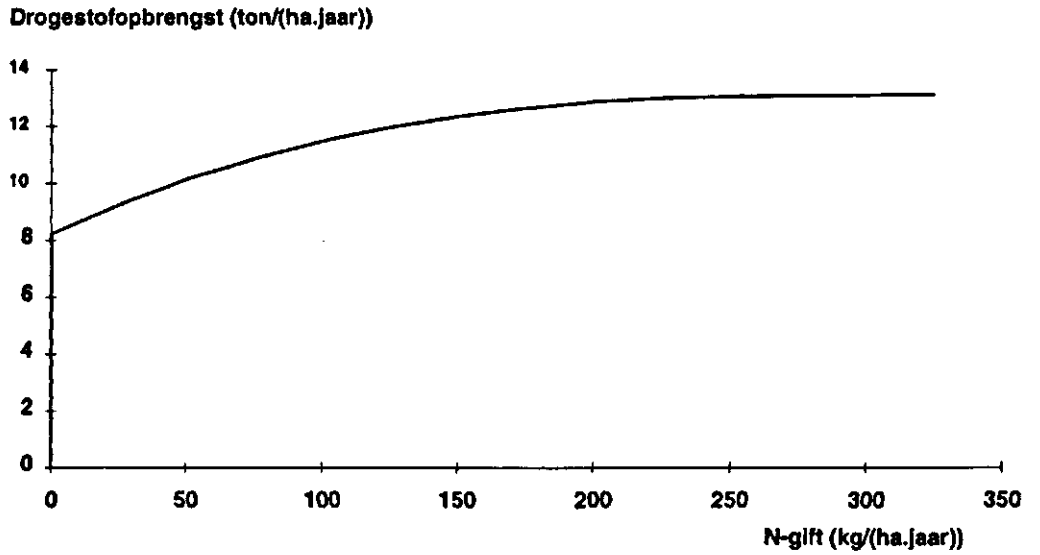
Een volgende toevoeging is de mogelijkheid verschillende hoeveelheden jongvee in het bedrijfssysteem op te nemen. Hiervoor wordt als invoer gevraagd: het aantal aanwezige kalveren en pinken per melkkoe, en de wijze van graslandgebruik voor kalveren en voor pinken afzonderlijk.
Voor de opfok van jongvee wordt in het model twee jaar gerekend. Hierbij wordt een groeischema gehanteerd waarin de groei na de melkperiode en tot 200 kg lichaamsgewicht 750 gram per dag bedraagt en in de periode daarna 650 gram per dag. De groei voor de laatste twee maanden van de dracht van de vaars is gesteld op 200 gram per dag plus de groei van het kalf (Pelser, 1988). Per periode wordt een grasopname berekend afhankelijk van het beweidingssysteem en de opgegeven hoeveelheid snijmaïs in het rantsoen. Bijvoedering met snijmaïs kan per periode voor de kalveren en pinken afzonderlijk worden opgegeven.
Een eventueel energietekort uit ruwvoer wordt gedekt met krachtvoer.
De drie graslandgebruikswijzen *(onbeperkt weiden, beperkt weiden, zomerstalvoedering)* kunnen voor kalveren en pinken afzonderlijk worden opgegeven. Bij beweiding met jongvee wordt gerekend met een beweidingsverlies van gemiddeld 15 %. Aangezien het jongvee niet

wordt gemolken zijn de correctiefactoren voor de verdeling van de hoeveelheid mest en urine over weide en stal aangepast (onbeperkt weiden: 24 uur weide; beperkt weiden: 12 uur weide, 12 uur stal; zomerstalvoedering: 24 uur stal).
Aangenomen is dat evenveel melkkoeien worden afgevoerd als jaarlijks vaarzen afkalven. Het gewicht van de afgevoerde dieren wordt gerelateerd aan het gemiddelde melkproduktieniveau (Wieling *et al.*, 1977). Daarnaast wordt aangenomen dat het aantal nuka's dat wordt afgevoerd gelijk is aan het complement van het aantal aangehouden kalveren. Tevens is aangenomen dat het aantal afgevoerde éénjarige kalveren gelijk is aan het verschil tussen het aantal kalveren per melkkoe en het aantal pinken per melkkoe. Ook de eventuele afvoer in de vorm van kadavers wordt dus bij de mineralenafvoer opgeteld als zijnde afgevoerde dieren.

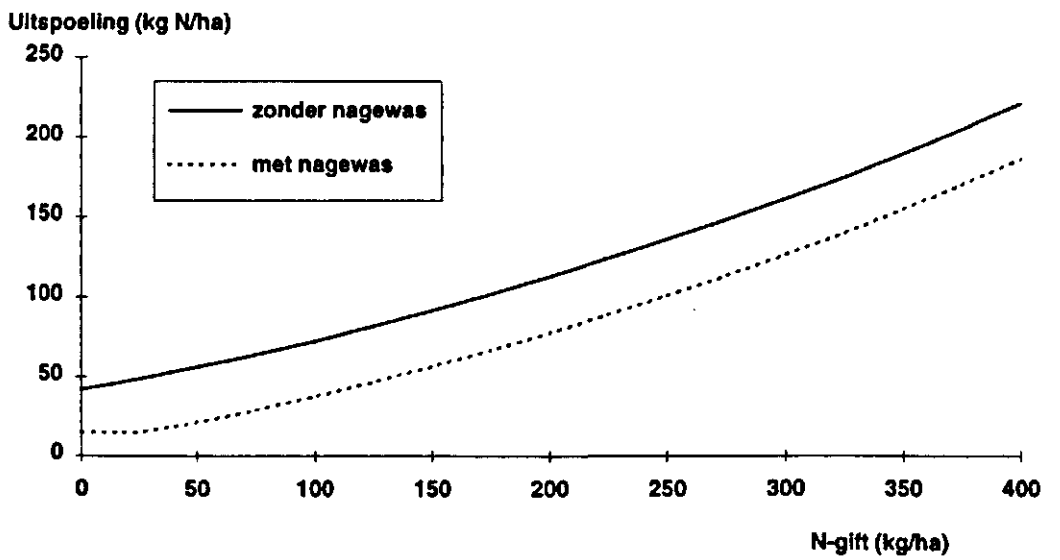
3.3.5. Verbouw van snijmaïs

De verbouw van snijmaïs op eigen land is in het model mogelijk door een percentage van het areaal te bestemmen voor de teelt van dit gewas. Om de drogestofopbrengst en de N-uitspoeling te berekenen zijn rekenregels gebruikt zoals beschreven door Aarts & Middelkoop (1990). De relaties tussen de N-gift en de drogestofopbrengst enerzijds en de nitraatuitspoeling anderzijds zijn in respectievelijk de Figuren 3 en 4 afgebeeld.
Voor snijmaïs wordt in eerste instantie uitgegaan van bemesting op basis van de P-onttrekking door het gewas. Deze wordt berekend door vermenigvuldiging van de drogestofopbrengst met het P-gehalte (Tabel 3). Hieruit wordt dan de toegestane bemesting in de vorm van drijfmest geschat. Het rekenmodel start de berekeningen met een hoge drogestofopbrengst en verlaagt deze stapsgewijs (omdat de N uit de drijfmest niet toereikend is voor de produktie en geen kunstmest-N gebruikt wordt; zie verder) tot de aanvoer van P via drijfmest in evenwicht is met de afvoer van P in de snijmaïs. Dit is in het model meestal het geval bij een drijfmestgift van ongeveer 38 ton per ha per jaar.
De voor het gewas opneembare N uit drijfmest wordt berekend volgens dezelfde methode als voor grasland (de beschikbaarheid van N uit de N_m- en N_e-fractie hangt af van het toedieningstijdstip). Omdat bij bemesting van snijmaïs volgens deze uitgangspunten de uitspoelingsdoelstelling al wordt overschreden (Fig. 4), wordt geen N toegediend in de vorm van kunstmest.

Bovenstaande situatie gaat uit van langjarige teelt van snijmaïs op hetzelfde perceel, waarbij door de bemesting van de snijmaïs de P-toestand van de grond op peil dient te worden gehouden. Gezien het feit dat hierbij de uitspoelingsnorm voor nitraat wordt overschreden, zal op het resterende areaal een lagere uitspoeling moeten worden bewerkstelligd om op bedrijfsniveau de uitspoelingsdoelstelling te kunnen realiseren. De nitraatuitspoeling onder snijmaïs kan worden verminderd door de bemesting te baseren op de uitspoelingsdoelstelling. Uit Fig. 4 blijkt echter dat realisatie van de uitspoelingsdoelstelling op basis van de in het rekenmodel veronderstelde relatie zelfs zonder N-bemesting niet mogelijk is. Een andere mogelijkheid om de nitraatuitspoeling onder snijmaïs te beperken is de teelt van een nagewas (Fig. 4). In het model is aangenomen dat een nagewas de nitraatuitspoeling met 35 kg N per ha per jaar vermindert.



Figuur 3 De in het rekenmodel verwerkte relatie tussen de N-gift en de netto-drogestofopbrengst van snijmaïs



Figuur 4 De in het rekenmodel verwerkte relatie tussen de N-gift en de nitraatuitspoeling onder snijmaïs met en zonder teelt van een nagewas

3.3.6. Correctie van de nitraatuitspoeling voor de grondwatertrap

Behalve van factoren als de hoogte en het tijdstip van de N-gift en de wijze van graslandgebruik is de uiteindelijke nitraatuitspoeling naar het grondwater afhankelijk van de grondwatertrap. Bij een hoge grondwaterstand spoelt minder nitraat uit naar het grondwater doordat een gedeelte van het overschot aan nitraat door denitrificatie verloren gaat. In Tabel 7 zijn de hiervoor door Boumans *et al.* (1989) en Steenvoorden & Rijtema (1988) opgestelde correctiefactoren gegeven. Met behulp van deze correctiefactoren kan voor de diverse grondwatertrappen de potentiële nitraatuitspoeling worden gecorrigeerd voor N-verliezen door denitrificatie. Als maar een deel van het in het najaar in de bodem overgebleven nitraat uitspoelt, kan een hogere N-gift worden toegediend voordat de nitraatdoelstelling wordt overschreden.
Binnen het rekenmodel is het mogelijk gemaakt het overschot aan nitraat in de bodem te corrigeren voor de grondwatertrap. Hiervoor zijn in navolging van de Commissie Stikstof (Goossensen & Meeuwissen, 1990) de correctiefactoren van Boumans *et al.* (Tabel 7) gebruikt.

Tabel 7 Gemiddelde nitraatgehalten in het ondiepe grondwater bij verschillende grondwatertrappen op de stikstofproefbedrijven op zandgrond en de uit die gehalten afgeleide Gt-correctiefactoren of nitraatuitspoelingsindices (Boumans *et al.*, 1989). De nitraatgehalten zijn gecorrigeerd voor verschillen in N-gift; de oorspronkelijke waarden verschillen echter weinig van deze. Ter vergelijking zijn de correctiefactoren uit het onderzoek van Steenvoorden & Rijtema (1988) opgenomen (Tabel ontleend aan: Van der Meer, 1991).

Gt	Gemiddelde nitraatconcentratie (mg N/l)	Gt-correctiefactoren (Boumans *et al.*, 1989)	Correctiefactoren Steenvoorden & Rijtema (1988)
I			0,04
II	3	0,05	0,04
III	5	0,08	0,10
III *	18	0,32	0,22
IV	23	0,43	0,22
V	28	0,52	0,15
V*	26	0,48	0,22
VI	35	0,64	0,41
VII	45	0,84	0,73
VII*	54	1,00	1,00

3.3.7. Variabel in te stellen milieudoelstellingen

In de invoerprocedure kunnen verschillende maxima voor nitraatuitspoeling, ammoniakvervluchtiging en P-overschot worden opgegeven. Het model start de rekenprocedure met een lage drogestofopbrengst van het grasland (bruto-drogestofopbrengst van ongeveer 7 ton per ha per jaar). Bij deze situatie worden de N-verliezen berekend. Zijn deze lager dan de opgegeven maxima, dan wordt de drogestofopbrengst van het grasland verhoogd door verhoging van de N-gift. Dit gebeurt net zolang tot één van de opgegeven maxima wordt overschreden. Hierna wordt het P-overschot berekend om de (eventueel) toegestane P-gift in de vorm van kunstmest te berekenen. Is het P-overschot hoger dan toegestaan, dan wordt drijfmest afgevoerd en wordt de berekening opnieuw uitgevoerd.

3.3.8. Afvoer van drijfmest

De P-doelstelling voor het jaar 2000 is evenwichtsbemesting, waarbij niet meer P aan de bodem mag worden toegevoegd dan eraan wordt onttrokken, afgezien van enige onvermijdbaar geachte en voor het milieu acceptabele verliezen (zie § 2.3 voor de in deze studie toegepaste concretisering van deze doelstelling). Gezien het feit dat op vrijwel alle melkveebedrijven de aanvoer van P in aangekocht voer de afvoer van P via melk, vlees en ruwvoer overtreft (zie o.a. Tabel 1), zal er in de regel *geen P-bemesting met kunstmest* plaats kunnen vinden. Daarnaast zal de P-aanvoer in aangekocht voer beperkt moeten worden door minder voer aan te kopen (meer voer van eigen grond) en/of het P-gehalte in het aangekochte voer te verlagen. Dit laatste is slechts in beperkte mate mogelijk omdat voor het vee een bepaald P-gehalte in het rantsoen vereist is. Verder zou drijfmest afgezet kunnen worden om de P-balans in evenwicht te brengen. De hoeveelheid drijfmest-P die moet worden afgezet is gelijk aan het verschil tussen het aanwezige en het toelaatbare P-overschot op het bedrijf (zie § 2.3). Beperking van de P-aanvoer in kunstmest en aangekocht voer lijkt in de Nederlandse situatie voor melkveebedrijven een realistischer oplossing dan verhoging van de P-afvoer door mestafzet.
Indien de P-doelstelling of de doelstelling voor ammoniakvervluchtiging niet wordt gerealiseerd, bestaat in het rekenmodel de mogelijkheid tot mestafvoer. Om rekentechnische redenen wordt de mest die wordt afgevoerd constant van samenstelling geacht. Hierbij wordt uitgegaan van 4,0 kg N en 0,8 kg P per m^3 drijfmest. Verondersteld is dat de drijfmest vanuit de opslag wordt afgevoerd. Na afvoer van elke ton drijfmest wordt de berekening opnieuw uitgevoerd. Hierbij dient te worden aangetekend dat het rendement van mestafvoer, in termen van verlaging van ammoniakvervluchtiging dermate laag is dat, indien drijfmest wordt afgevoerd om de vervluchtigingsdoelstelling te realiseren, het financieel gezien aantrekkelijker zal zijn om investeringen te plegen die de ammoniakemissie beperken.

4. Uitkomsten van het model en werkwijze in deze studie

4.1. Inleiding

Met het hiervoor beschreven modelinstrumentarium kunnen verschillende typen melkveebedrijven worden doorgerekend. Het model kwantificeert daarbij de verschillende posten en de overschotten op de N- en de P-balans, en verder o.a. de ruwvoeropbrengsten en de N-verliezen door ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling. In dit hoofdstuk wordt eerst een voorbeeld van de uitkomsten van het model gegeven voor een intensieve bedrijfsopzet waarin nog geen rekening wordt gehouden met stringente milieudoelstellingen. Daarna worden de effecten van emissiebeperkende maatregelen gekwantificeerd. Dit wordt gedaan door de maatregelen één voor één in te voeren en bij elke maatregel of combinatie van maatregelen te berekenen hoe ver de totale N-gift (uit drijfmest en kunstmest) beperkt moet worden om aan de milieudoelstellingen voor ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling te voldoen. Als de N-gift te veel moet worden verminderd, daalt de gewasopbrengst sterk en wordt het aantrekkelijk meer direkte emissiebeperkende maatregelen te treffen. De milieudoelstellingen voor ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling zijn in eerste instantie op respectievelijk 50 en 34 kg N per ha per jaar gesteld en het toelaatbare P-overschot op 5 kg per ha per jaar (zie § 2.3).

4.2. Voorbeeld van modelresultaten bij een intensieve bedrijfsvoering

In deze paragraaf wordt een voorbeeld gegeven van uitkomsten zoals die met het model kunnen worden verkregen voor bedrijven die nog geen rekening houden met stringente milieudoelstellingen. In het voorbeeld worden drie wijzen van graslandgebruik onderscheiden: onbeperkt weiden (O), beperkt weiden (B) en zomerstalvoedering (Z), allen in combinatie met maaien voor voederwinning. De wijzen van graslandgebruik worden in de berekeningen gecombineerd met twee methoden van toediening van drijfmest: oppervlakkige toediening (OP) of toediening met de zodebemester (ZO). De verkregen combinaties worden doorgerekend bij een drietal veebezettingen: 1,6, 2,2 en 2,8 melkkoeien per ha. De hoeveelheid jongvee is afhankelijk gesteld van de veebezetting (0,30 kalf en 0,27 pink per melkkoe). Er is in eerste instantie uitgegaan van bedrijven die uitsluitend grasland hebben met de mogelijkheid van aankoop van graskuil en snijmaïs. Indien de energiebehoefte van de dieren niet kan worden gedekt door het verstrekte ruwvoer, wordt standaard krachtvoer (A-brok) gegeven. Hierbij wordt op de norm gevoerd. De P-bemesting is overeenkomstig de geldende adviezen voor een grond met P-toestand 'ruim voldoende' (Anonymus, 1987-2).
Tabel 8 geeft een overzicht van de resultaten van berekeningen waarbij werd uitgegaan van een N-bemesting van 400 kg werkzame N per ha per jaar. Een dergelijk niveau van N-voorziening is momenteel min of meer gangbaar (economisch optimaal) op intensieve graslandbedrijven. In de variant 'Onbeperkt weiden met toepassing van zodebemesting en 2,2 melkkoe-eenheden per ha*' wordt in deze situatie 309 kg kunstmest-N en ongeveer 91 kg werkzame N uit drijfmest per ha per jaar gegeven (Tabel 8).

---

* *1 melkkoe-eenheid = 1 melkkoe (6500 kg melk/305 dagen) + 0,30 kalf + 0,27 pink*

Bij de in Tabel 8 vermelde resultaten dient opgemerkt te worden dat er behalve zodebemesting geen specifieke maatregelen in de berekeningen zijn meegenomen, maar dat er wel wordt uitgegaan van een efficiënte bedrijfsvoering (bemesting, gewasopbrengsten en veevoeding volgens 'de normen') en van voldoende opslagcapaciteit voor drijfmest om de drijfmest op het gewenste moment (in het voorjaar en de voorzomer) toe te kunnen dienen.
Uit Tabel 8 blijkt dat de hoogste netto-drogestofopbrengsten op het grasland worden bereikt bij varianten die minder vaak worden beweid (zomerstalvoedering, beperkt weiden, lage veebezetting). De stijging van de netto-drogestofopbrengst bij zomerstalvoedering met toenemende veebezetting kan worden verklaard uit de lagere verliespercentages bij het vers vervoederen van het gras (7 %) dan bij conservering van hetzelfde gras door middel van inkuilen (15 % inkuilverliezen + 2 % vervoederingsverliezen).
De nitraatuitspoeling is hoog bij de varianten met een groot aantal koeweidedagen per ha. De hoge concentraties aan minerale N onder urineplekken zorgen voor een hoge plaatselijke en totale nitraatuitspoeling. De ammoniakvervluchtiging neemt toe bij toename van de veebezetting en bij beperking van de beweidingsduur. Bij beperking van de beweidingsduur is de toename van de ammoniakvervluchtiging uit de stal, de mestopslag en bij toediening van de drijfmest groter dan de afname van de ammoniakemissie uit de weide.

Tabel 8 Berekende giften kunstmest-N en -P, netto-drogestofopbrengsten, emissies van nitraat en ammoniak en overschotten op de N- en P-balansen van graslandbedrijven met melkvee bij variatie van enkele aspecten in de bedrijfsvoering (graslandgebruik, methode van mesttoediening, veebezetting) en een vaste N-bemesting (400 kg werkzame (N/(ha·jaar)).

Variant bedrijfsvoering	kunstmest N (kg/(ha·jr))	kunstmest P (kg/(ha·jr))	Netto ds-opbrengst (kg/(ha·jr))	Emissie van NO_3 (kg/(ha·jr))	Emissie van NH_3 (kg/(ha·jr))	N-overschot (kg/(ha·jr))	P-overschot (kg/(ha·jr))
O-OP-1,6	355	12	9828	148	75	377	9
O-OP-2,2	342	0	9566	151	94	439	10
O-OP-2,8	330	0	9400	158	111	495	22
O-ZO-1,6	329	12	9828	148	46	351	9
O-ZO-2,2	309	0	9566	151	58	406	10
O-ZO-2,8	290	0	9400	158	68	456	22
B-OP-1,6	334	27	10464	118	93	323	21
B-OP-2,2	318	12	10272	131	112	382	17
B-OP-2,8	302	0	10206	140	134	433	17
B-ZO-1,6	294	27	10464	118	51	285	21
B-ZO-2,2	272	12	10272	131	61	335	17
B-ZO-2,8	247	0	10206	140	73	378	17
Z-OP-1,6	324	30	12712	61	94	283	21
Z-OP-2,2	302	16	13134	62	122	342	18
Z-OP-2,8	280	2	13578	61	149	397	16
Z-ZO-1,6	282	30	12712	61	47	241	21
Z-ZO-2,2	247	16	13134	62	61	287	18
Z-ZO-2,8	212	2	13578	61	74	330	16

Door toepassing van zodebemesting verbetert de benutting van de in de drijfmest aanwezige N. Indien de gift kunstmest-N niet wordt aangepast, zal dit weliswaar resulteren in een iets hogere netto-drogestofopbrengst, maar ook in een toename van de nitraatuitspoeling. Indien de kunstmestgift wel wordt aangepast, zoals in Tabel 8, zal de drogestofopbrengst gelijk blijven, maar de ammoniakvervluchtiging en het N-overschot dalen. In Tabel 8 is het N-overschot van de varianten met zodebemesting gemiddeld 13 % lager dan van de varianten met oppervlakkige toediening. Dit verschil is ongeveer gelijk aan de door Aarts *et al.* (1988) berekende reductie van het N-overschot door toepassing van zodebemesting. De daling kan volledig worden verklaard uit de lagere gift kunstmest-N. Uit Tabel 8 blijkt verder dat het N-overschot afneemt als de beweiding wordt beperkt (vergelijk de graslandgebruikswijzen) en toeneemt als de veebezetting stijgt. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door verschillen in de aan- en verkoop van voedermiddelen.
De hoogte van het P-overschot wordt in de eerste plaats bepaald door de hoeveelheid voer die aangekocht moet worden. Deze hangt vooral af van de veebezetting, maar ook van de netto-opbrengst van het grasland, die hoger is naarmate meer wordt gemaaid (Tabel 8). Verder speelt het bemestingsadvies een rol. Dat is relatief hoger naarmate meer wordt gemaaid. Daarnaast is het advies bij beperkt weiden, bij een gelijk maaipercentage, 30 kg P_2O_5 per ha per jaar hoger dan bij onbeperkt weiden, wat tot uiting komt in de verschillende giften kunstmest-P.

4.3. Voorbeeld van modelresultaten onder stringente milieudoelstellingen

Uit Tabel 8 blijkt dat bij het gekozen niveau van N-voorziening zowel de N-emissies als het P-overschot de in § 2.3 aangenomen milieudoelstellingen voor het jaar 2000 (50 kg NH_3-N, 34 kg NO_3-N, 5 kg P per ha per jaar) overschrijden. Dit betekent dat aanpassing van de bedrijfsopzet of de bedrijfsvoering noodzakelijk is. In Tabel 9 is voor de varianten met zodebemesting uit Tabel 8 nagegaan in hoeverre door vermindering van de giften kunstmest-N en kunstmest-P kan worden voldaan aan de aangenomen milieudoelstellingen. Als beperking van de kunstmestgift niet voldoende is om aan de milieudoelstellingen te voldoen, wordt berekend hoeveel drijfmest moet worden afgevoerd. In Tabel 9 is bij de afvoer van drijfmest tussen haakjes vermeld waarom de mest moet worden afgezet (P: om de P-doelstelling te realiseren; NH_3: om de ammoniakdoelstelling te realiseren).
Uit Tabel 9 blijkt dat om bij deze bedrijfsopzet te voldoen aan de milieudoelstellingen de gift kunstmest-N in bijna alle situaties beneden 200 kg per ha per jaar moet blijven. Hierbij is niet voor alle varianten dezelfde N-emissie het meest beperkend. Bij varianten met een lage veebezetting is de nitraatuitspoeling beperkend. Bij een hoge veebezetting is de doelstelling voor ammoniakemissie beperkend. Vooral bij de hogere veebezettingen bij zomerstalvoedering is een sterke reductie van de N-gift nodig om aan de doelstelling voor ammoniakvervluchtiging te voldoen. Bij een wat strengere ammoniaknorm zou dat bij de andere vormen van graslandgebruik ook het geval zijn. Dit resulteert in een lagere grasopbrengst waardoor meer voer aangekocht moet worden. Als gevolg hiervan neemt het P-overschot toe en moet meer drijfmest worden afgezet. In enkele gevallen (bv. B-ZO-2,8) moet de afzet van drijfmest extra worden verhoogd om de doelstelling voor ammoniakvervluchtiging te kunnen realiseren. Kunstmest-P mag alleen worden gegeven bij varianten met een lage veebezetting.

Tabel 9 Overzicht van de toelaatbare giften kunstmest-N en -P, de netto-drogestofopbrengst, de emissies van nitraat en ammoniak, het N-overschot en de noodzakelijke afvoer van drijfmest als voldaan moet worden aan stringente milieudoelstellingen (zie § 2.3) bij variatie van enkele aspecten van de bedrijfsvoering en enkele emissiebeperkende maatregelen. Deze emissiebeperkende maatregelen zijn: mesttoediening met de zodebemester, vermindering van de kunstmestgiften en, indien daarmee de doelstellingen niet worden bereikt, afvoer van drijfmest.

Variant bedrijfsvoering	kunstmest		netto ds-opbrengst	Emissie van		N-overschot	Avoer van drijfmest
	N	P		NO_3	NH_3		
	(kg/(ha·jr))		(kg/(ha·jr))	(kg/(ha·jr))		(kg/(ha·jr))	(ton/(ha·jr))
O-ZO-1,6	135	4	8922	34	34	180	0
O-ZO-1,8	132	0	8770	34	37	195	2 (P)
O-ZO-2,0	137	0	8656	34	40	205	7 (P)
O-ZO-2,2	143	0	8545	34	42	212	13 (P)
O-ZO-2,4	149	0	8400	34	44	219	19 (P)
B-ZO-1,6	127	9	9646	34	35	145	0
B-ZO-1,8	120	5	9564	34	39	160	0
B-ZO-2,0	111	1	9500	34	43	174	0
B-ZO-2,2	114	0	9449	34	46	180	5 (P)
B-ZO-2,4	116	0	9399	34	48	184	10 (P)
B-ZO-2,6	121	0	9344	34	50	187	16 (P)
B-ZO-2,8	116	0	9003	30	50	171	26 (NH_3)
Z-ZO-1,6	213	13	12426	34	41	187	0
Z-ZO-1,8	199	9	12528	34	45	200	0
Z-ZO-2,0	187	5	12645	34	49	214	0
Z-ZO-2,2	145	0	12538	26	50	200	1 (P)
Z-ZO-2,4	121	0	12398	24	50	184	7 (P)
Z-ZO-2,6	103	0	12200	23	50	169	14 (P)
Z-ZO-2,8	84	0	11892	21	50	155	21 (P)
Z-ZO-3,0	69	0	11479	19	50	142	29 (NH_3)

Uit Tabel 9 blijkt tevens dat bij de lage veebezettingen de hier genomen maatregelen bevredigende resultaten geven. Er wordt voldaan aan de milieudoelstellingen en de derving van de grasopbrengst is niet groot: 9 % bij onbeperkte beweiding, 8 % bij beperkte beweiding en 2 % bij zomerstalvoedering (vergelijk met Tabel 8). Bij hogere veebezettingen bij zomerstalvoedering, en in het algemeen bij strengere ammoniaknormen, moet de N-gift echter zo sterk verminderd worden dat de grasopbrengst sterk daalt. Hier dienen dus aanvullende emissiebeperkende maatregelen getroffen te worden, zoals beperking van de ammoniakemissie in de stal (ammoniakvervluchtiging is de meest beperkende factor).
In Tabel 10 zijn de berekeningen uitgevoerd voor bedrijfssituaties waar naast toepassing van zodebemesting maatregelen worden getroffen die de ammoniakvervluchtiging in de stal met 50 % verminderen. Uit Tabel 10 blijkt dat door de emissiebeperking in de stal, de ammoniakemissie bij het gekozen maximum voor de ammoniakvervluchtiging (50 kg N/(ha·jaar), bij geen enkele bedrijfsvariant nog beperkend is. In de varianten waarbij in Tabel 9 de ammoniakvervluchtiging het meest beperkend was, kan de N-bemesting worden verhoogd totdat de nitraatuitspoeling beperkend wordt. Dit resulteert in een hogere netto-drogestofopbrengst

van het grasland. Hierdoor zal de input van P via voeraankopen afnemen, zodat het P-overschot daalt en minder drijfmest hoeft te worden afgevoerd.
Uit Tabel 9 blijkt dat als alleen maar emissie-arme mesttoediening wordt toegepast, de N-gift vooral bij hogere veebezettingen bij zomerstalvoedering sterk verminderd moet worden om de genoemde ammoniakdoelstelling te halen. Indien echter tevens de ammoniakvervluchtiging uit de stal met 50 % wordt verminderd (Tabel 10), wordt de nitraatuitspoelingsdoelstelling beperkend voor de toelaatbare N-gift (en het toelaatbare overschot op de N-balans). Bij deze maatregelen en de genoemde milieudoelstellingen varieert het toelaatbare overschot op de N-balans van zuivere graslandbedrijven tussen 140 en 250 kg per ha per jaar. Bij vervanging van gras door snijmaïs neemt het toelaatbare N-overschot sterk af (§ 5.4). Bij de gekozen teeltwijze van snijmaïs wordt het bij meer dan 25 % snijmaïs moeilijk om gemiddeld over het bedrijf aan de nitraatnorm te voldoen.
Bij onbeperkt weiden moet volgens het model bij veebezettingen vanaf 1,8 melkkoeien per ha mest afgevoerd worden om de fosfaatdoelstelling te halen; bij zomerstalvoedering is dat door de hogere grasopbrengst pas het geval bij 2,4 melkkoeien per ha.

Tabel 10 Als Tabel 9 met aanvullende maatregelen waardoor de ammoniakvervluchtiging in de stal met 50 % wordt gereduceerd. De emissiebeperkende maatregelen zijn dus: mesttoediening met de zodebemester, reductie van de ammoniakvervluchtiging in de stal met 50 %, vermindering van de kunstmestgiften en, indien de doelstellingen daarmee niet worden bereikt, afvoer van drijfmest.

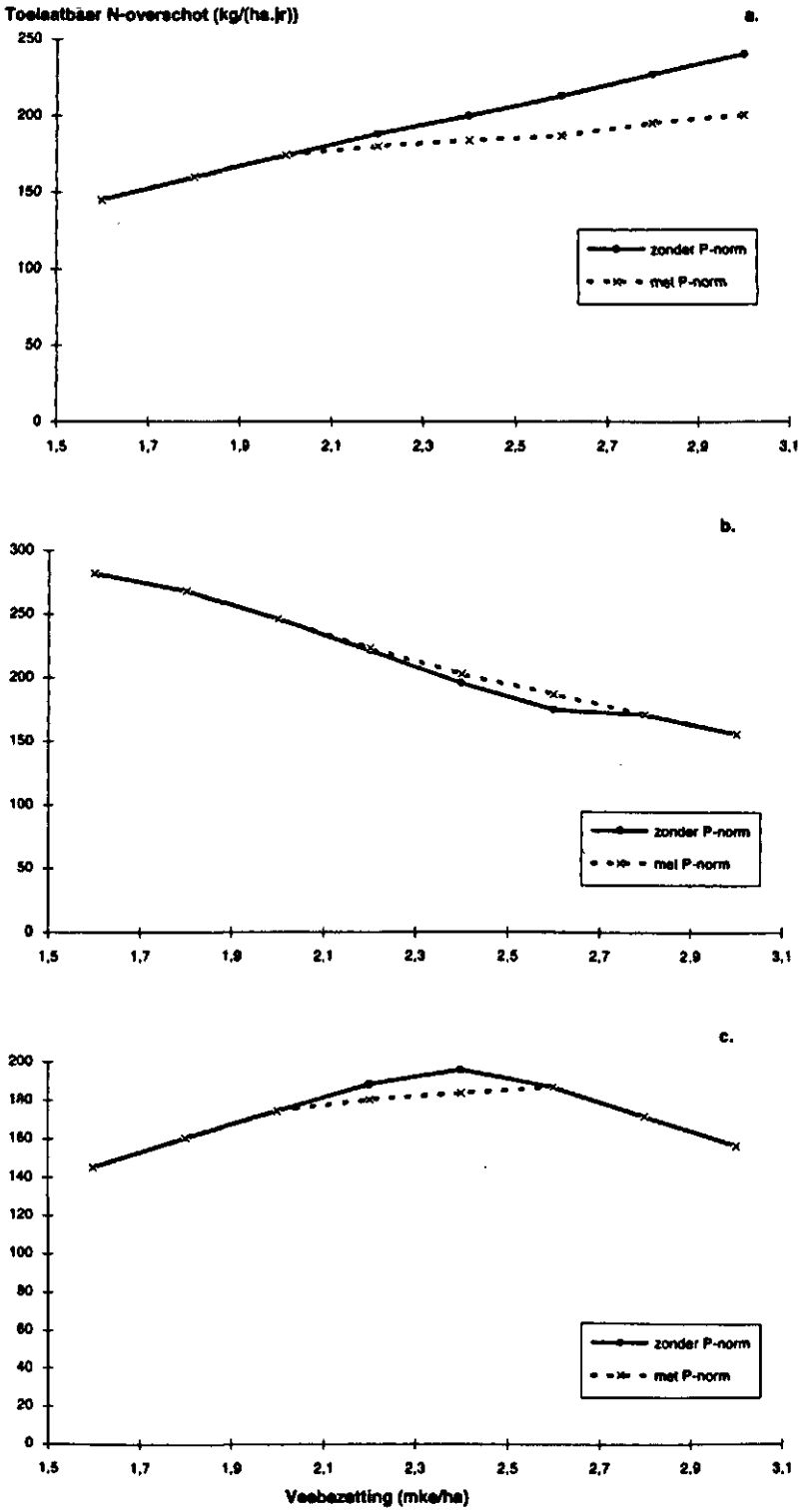
Variant bedrijfsvoering	kunstmest N (kg/(ha·jr))	kunstmest P (kg/(ha·jr))	netto ds-opbrengst (kg/(ha·jr))	Emissie van NO_3 (kg/(ha·jr))	Emissie van NH_3 (kg/(ha·jr))	N-overschot (kg/(ha·jr))	Afvoer van drijfmest (ton/(ha·jr))
O-ZO-1,6	130	4	8922	34	27	176	0
O-ZO-1,8	127	0	8770	34	29	190	2 (P)
O-ZO-2,0	131	0	8656	34	31	200	7 (P)
O-ZO-2,2	137	0	8545	34	32	206	13 (P)
O-ZO-2,4	142	0	8400	34	34	212	19 (P)
B-ZO-1,6	122	8	9646	34	26	139	0
B-ZO-1,8	113	4	9564	34	29	154	0
B-ZO-2,0	104	0	9500	34	33	167	0
B-ZO-2,2	107	0	9449	34	34	172	5 (P)
B-ZO-2,4	108	0	9399	34	35	176	10 (P)
B-ZO-2,6	110	0	9344	34	37	180	15 (P)
B-ZO-2,8	113	0	9278	34	38	186	20 (P)
Z-ZO-1,6	205	13	12426	34	29	179	0
Z-ZO-1,8	190	9	12529	34	32	191	0
Z-ZO-2,0	178	5	12654	34	35	205	0
Z-ZO-2,2	167	1	12791	34	38	219	0
Z-ZO-2,4	167	0	12936	34	40	228	4 (P)
Z-ZO-2,6	170	0	13087	34	42	235	9 (P)
Z-ZO-2,8	173	0	13243	34	44	242	14 (P)
Z-ZO-3,0	175	0	13386	34	45	248	19 (P)

4.4. Wijze van berekening en grafische weergave van het toelaatbare N-overschot

Bij de berekeningen van het toelaatbare overschot op de N-balans wordt een gegeven bedrijfsopzet in eerste instantie doorgerekend bij een geringe N-gift en dus een lage bruto-drogestofopbrengst van het grasland (7 ton/(ha·jaar); zie Fig. 1). Bij dit opbrengstniveau wordt een rantsoen voor het vee berekend. Hieruit wordt de hoeveelheid N en P in de drijfmest en in mest en urine bij beweiding berekend die wordt verdeeld over het beschikbare areaal. Vervolgens worden de drogestofopbrengst en het rantsoen op basis van deze bemesting opnieuw berekend. Door deze berekening een aantal malen uit te voeren wordt een definitieve netto-drogestofopbrengst berekend en de behoefte aan kunstmest-N en -P, de nitraatuitspoeling en de vervluchtiging van ammoniak die daarbij horen. Indien de toegestane maxima voor nitraatuitspoeling en ammoniakvervluchtiging niet worden overschreden, wordt de drogestofopbrengst verhoogd door meer kunstmest-N te gebruiken en wordt de berekening opnieuw uitgevoerd. Dit gebeurt net zolang tot één van de opgegeven grenswaarden wordt bereikt. Hierna wordt bepaald of het P-overschot lager is dan het toegestane maximum en of de gift kunstmest-N positief is. Indien dit niet zo is, wordt begonnen met de afzet van drijfmest. De berekeningen worden voor elke ton drijfmest die wordt afgevoerd opnieuw uitgevoerd, totdat aan alle milieudoelstellingen wordt voldaan en de gift kunstmest-N groter of gelijk is aan 0.
Bij de gevolgde rekenwijze blijkt dat de grenswaarden voor nitraatuitspoeling en ammoniakvervluchtiging in de regel niet bij dezelfde gift kunstmest-N worden bereikt. Dit is zichtbaar in de Tabellen 9 en 10, waar bij vrijwel alle varianten van de bedrijfsvoering voor slechts één van beide vormen van N-verlies de grenswaarde is bereikt. Deze vorm van N-verlies beperkt dus in dat geval de input van kunstmest-N en bepaalt het toelaatbare N-overschot. De andere vorm van N-emissie heeft onder de betreffende omstandigheden de grenswaarde nog niet bereikt en zou dus een wat hogere gift kunstmest-N en een hoger N-overschot toelaten. Hoeveel hoger is met het model te berekenen. Zo kan er bij een gegeven bedrijfsopzet zowel voor een nitraatuitspoelingsdoelstelling als voor een ammoniakvervluchtigingsdoelstelling een toelaatbaar N-overschot berekend worden. Uit de Tabellen 9 en 10 blijkt dat de hoogte van deze toelaatbare N-overschotten vrij sterk afhankelijk is van de veebezetting. Eén en ander houdt in dat bij een gegeven bedrijfsopzet (gekenmerkt door de wijze van graslandgebruik, mesttoedieningstechniek, percentage snijmaïs in het areaal, etc.) en een variabele veebezetting een tweetal lijnen kunnen worden berekend: een nitraat-lijn, die het toelaatbare N-overschot aangeeft op basis van de doelstelling voor nitraatuitspoeling, en een ammoniak-lijn, die het toelaatbare N-overschot aangeeft op basis van de doelstelling voor ammoniakvervluchtiging. Fig. 5a geeft een voorbeeld van zo'n nitraat-lijn, dus van de relatie tussen de veebezetting en het toelaatbare N-overschot onder de uitspoelingsdoelstelling. Fig. 5b geeft een voorbeeld van een ammoniak-lijn, dus van de relatie tussen de veebezetting en het toelaatbare N-overschot onder de ammoniakemissiedoelstelling. Voor beide relaties wordt tevens het effect van een toelaatbaar P-overschot van 5 kg per ha per jaar getoond.

De instelling van een maximaal toelaatbaar P-overschot betekent dat indien dit overschot wordt overschreden en de gift kunstmest-P niet verder kan dalen, drijfmest moet worden afgevoerd. Gezien het feit dat het P-overschot, afgezien van een gift kunstmest-P indien daar ruimte voor is, wordt bepaald door de voeraankopen en daarmee door de veebezetting, bepaalt de hoogte van het toelaatbare P-overschot bij welke veebezetting moet worden begon-

nen met afzet van drijfmest en welke hoeveelheid moet worden afgezet. De hoogte van het toelaatbare P-overschot bepaalt daarmee bij welke veebezetting de lijn afbuigt van de lijn waarin geen rekening wordt gehouden met een maximaal toelaatbaar P-overschot (Fig. 5a). Het verschil tussen beide lijnen in Fig. 5b is kleiner dan in Fig. 5a. Dit komt doordat drijfmest niet alleen moet worden afgevoerd om de P-doelstelling te realiseren, maar bij een hogere veebezetting ook om de vervluchtigingsdoelstelling te realiseren.
Het toelaatbare N-overschot voor de drie milieudoelstellingen samen wordt verkregen door de nitraat-lijn en de ammoniak-lijn over elkaar te leggen en het minimum van beide lijnen te nemen (Fig. 5c). In dit voorbeeld ligt de nitraat-lijn lager dan de ammoniak-lijn tot ongeveer 2 melkkoe-eenheden per ha. Bij een hogere veebezetting bepaalt de ammoniak-lijn de hoogte van het toelaatbare N-overschot.
De ligging van de nitraat-lijn (Fig. 5a) en de ammoniak-lijn (Fig. 5b) en dus ook van de gecombineerde lijn (Fig. 5c) wordt bepaald door de hoogte van respectievelijk de nitraat- en de ammoniakdoelstelling, de produktieomstandigheden (grondsoort, grondwaterstand), de bedrijfsopzet (gewassenkeuze, graslandgebruik, samenstelling en produktiviteit van de veestapel) en de bedrijfsvoering en daarbij in het bijzonder de emissiebeperkende maatregelen. Door bijvoorbeeld maatregelen te nemen die de vervluchtiging van ammoniak vanuit de stal beperken (vergelijk de Tabellen 9 en 10), neemt het toelaatbare N-overschot voor de ammoniakdoelstelling toe, en verschuift de ammoniak-lijn naar 'boven'. Hierdoor kruisen de ammoniak-lijn en de nitraat-lijn elkaar niet meer binnen het beschouwde traject van veebezettingen. Het toelaatbare N-overschot wordt daarmee binnen het in Tabel 10 gegeven traject van veebezettingen volledig bepaald door de nitraatdoelstelling. Dit houdt ook in dat voor de aangenomen ammoniakdoelstelling met iets minder strenge emissiebeperkende maatregelen volstaan kan worden.
In het volgende hoofdstuk zal dieper worden ingegaan op de factoren die de ligging van de nitraat- en de ammoniak-lijn beïnvloeden, en op de mate waarin ze dat doen.



Figuur 5 Voorbeeld van de relatie tussen de veebezetting en het toelaatbare N-overschot voor een gegeven bedrijfsopzet (beperkt weiden, mesttoediening met de zodebemester, geen snijmaïs in het bouwplan, 6500 kg melk per koe per jaar).

a indien slechts rekening wordt gehouden met de milieudoelstelling voor nitraatuitspoeling (34 kg N/ha), en er al dan niet een norm is voor het toelaatbare P-overschot (5 kg/ha) en

b. indien slechts rekening wordt gehouden met de milieudoelstelling voor ammoniakvervluchtiging (50 kg N/ha), en er al dan niet een norm is voor het toelaatbare P-overschot (5 kg/ha)

c. indien rekening wordt gehouden met de milieudoelstellingen voor nitraatuitspoeling (34 kg N/ha), ammoniakvervluchtiging (50 kg N/ha).

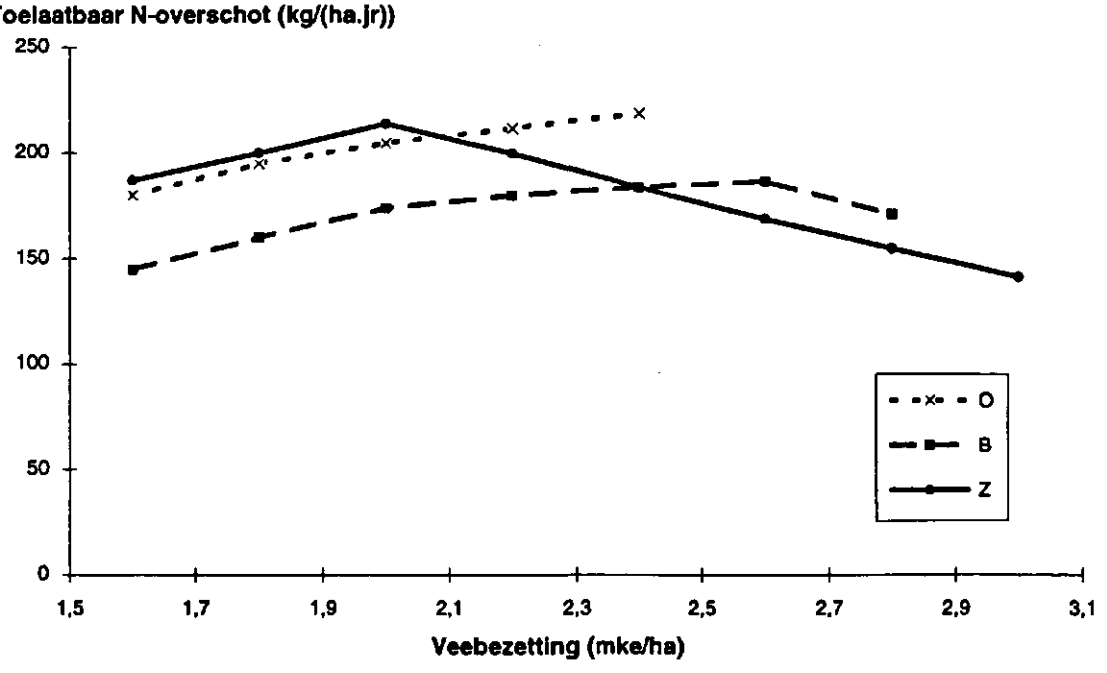
5. Effecten van bedrijfsvariabelen op het toelaatbare N-overschot

5.1. Samenvatting van de belangrijkste uitgangspunten voor de berekeningen

Doel van dit hoofdstuk is het verkrijgen van inzicht in de mate waarin bepaalde bedrijfsvariabelen de hoogte van het toelaatbare N-overschot onder de milieudoelstellingen voor het jaar 2000 (zie § 2.3) beïnvloeden. Hierbij wordt het effect van afzonderlijke bedrijfsvariabelen gekwantificeerd bij een overigens min om meer constante bedrijfsopzet. In deze paragraaf wordt deze bedrijfsopzet (het 'standaardbedrijf') beschreven.
Het 'standaardbedrijf' is, tenzij anders vermeld, een puur graslandbedrijf met melkvee.
Het bedrijf heeft de mogelijkheid om graskuil van dezelfde kwaliteit als de eigen graskuil en snijmaïs aan te kopen. Het bedrijf beschikt over een loopstal met betonnen roostervloer maar zonder verdere emissiebeperkende aanpassingen en voldoende mestopslagcapaciteit, zodat alle drijfmest op het gewenste moment kan worden toegediend. Op grasland wordt de drijfmest met een zodebemester toegediend. Indien er een variant met bouwland is, wordt de op het bouwland toegediende drijfmest direkt na het uitrijden ondergewerkt. De melkproduktie op het 'standaardbedrijf' bedraagt 6500 kg per koe per lactatieperiode (305 dagen lactatie en 60 dagen droogstand). Het vee wordt op de norm gevoerd. De berekeningen worden uitgevoerd voor een reeks van veebezettingen, waardoor de diverse bedrijfsvarianten zowel worden doorgerekend bij een ruwvoertekort als bij een ruwvoeroverschot. Aangenomen wordt dat een eventueel ruwvoeroverschot van het bedrijf wordt afgevoerd. De hoeveelheid jongvee is gerelateerd aan het aantal melkkoeien. In de standaardsituatie wordt gewerkt met een lage jongveebezetting: 0,30 kalf en 0,27 pink per gemiddeld aanwezige melkkoe. Het melkquotum wordt in eerste instantie gerelateerd aan de veebezetting. In de berekeningen is het minimum 1,6 melkkoe-eenheden (mke) per ha met een melkquotum van 10400 kg per ha per jaar en het maximum 3,0 melkkoe-eenheden per ha met een melkquotum van 19500 kg per ha per jaar.
Het melkvee op het 'standaardbedrijf' wordt in de weideperiode onbeperkt geweid, waarbij een eventueel energietekort uit ruwvoer wordt gecompenseerd door krachtvoer (A-brok) te verstrekken. Voor de eenvoud van de berekeningen is aangenomen dat het jongvee op stal wordt gehouden en daar wordt gevoerd met vers gras of graskuil, indien nodig aangevuld met standaard krachtvoer (A-brok).
De milieudoelstellingen en de motivering van de keuze van de toelaatbare emissies zijn reeds samengevat in § 2.3. Indien het bedrijf in eerste instantie niet aan de doelstellingen voor het P-overschot en/of de ammoniakvervluchtiging kan voldoen, bestaat de mogelijkheid om drijfmest af te voeren. Hierbij is aangenomen dat de drijfmest wordt afgevoerd vanuit de mestopslag.
Naast de genoemde emissiebeperkende maatregelen (goed management, grote en afgedekte mestopslag, emissiearme mesttoediening) is op het 'standaardbedrijf' uitsluitend vermindering van de giften kunstmest-N en -P en afvoer van drijfmest mogelijk om de milieudoelstellingen te realiseren. In de volgende paragrafen worden echter ook de effecten van aanvullende emissiebeperkende maatregelen berekend.

5.2. Invloed van de wijze van graslandgebruik

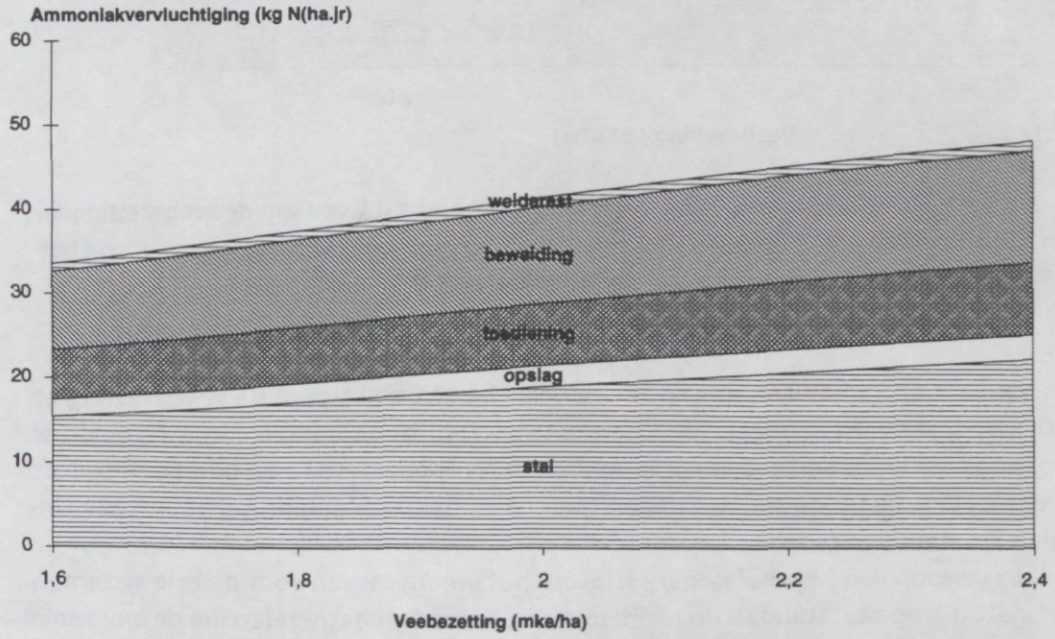
Op melkveebedrijven worden verschillende systemen van graslandgebruik toegepast.
De keuze voor een bepaald systeem van graslandgebruik hangt onder andere af van factoren als verkaveling, staltype, veebezetting en mogelijkheden van ruwvoeraankoop en -verkoop.
In Fig. 6 is voor de drie systemen van graslandgebruik die in het model zijn opgenomen (onbeperkt weiden, beperkt weiden en zomerstalvoedering) het toelaatbare N-overschot uitgezet tegen de veebezetting.
Het toelaatbare N-overschot in Fig. 6 wordt bij de lage veebezettingen bepaald door de nitraatdoelstelling en bij de hoge door de ammoniakdoelstelling (zie ook Fig. 5c). Bij toenemende veebezetting wordt de ammoniakdoelstelling het eerst beperkend bij de variant zomerstalvoedering. Door het opstallen van de dieren komt alle mest in de stal terecht. De emissie die optreedt uit de stal en mestopslag, en bij toediening van de mest is in totaal hoger dan de vervluchtiging die optreedt bij beweiding (zie volgende paragraaf).
De sterke daling van het toelaatbare N-overschot bij hoge veebezettingen in Fig. 6 duidt erop dat de gift kunstmest-N sterk verminderd moet worden om aan de ammoniakdoelstelling te voldoen (zie ook het object zomerstalvoedering in Tabel 9). Die vermindering van de N-gift en de opbrengstderving die daarvan het gevolg is, kan slechts vermeden worden als aanvullende emissiebeperkende maatregelen getroffen worden, bijvoorbeeld in de stal. Dit wordt in de volgende paragraaf uitgewerkt.



Figuur 6 Verband tussen de veebezetting en het toelaatbare N-overschot bij onbeperkt weiden (O), beperkt weiden (B) en zomerstalvoedering (Z) op het 'standaardbedrijf' (§ 5.1) en bij de in § 2.3 aangenomen milieudoelstellingen voor het jaar 2000

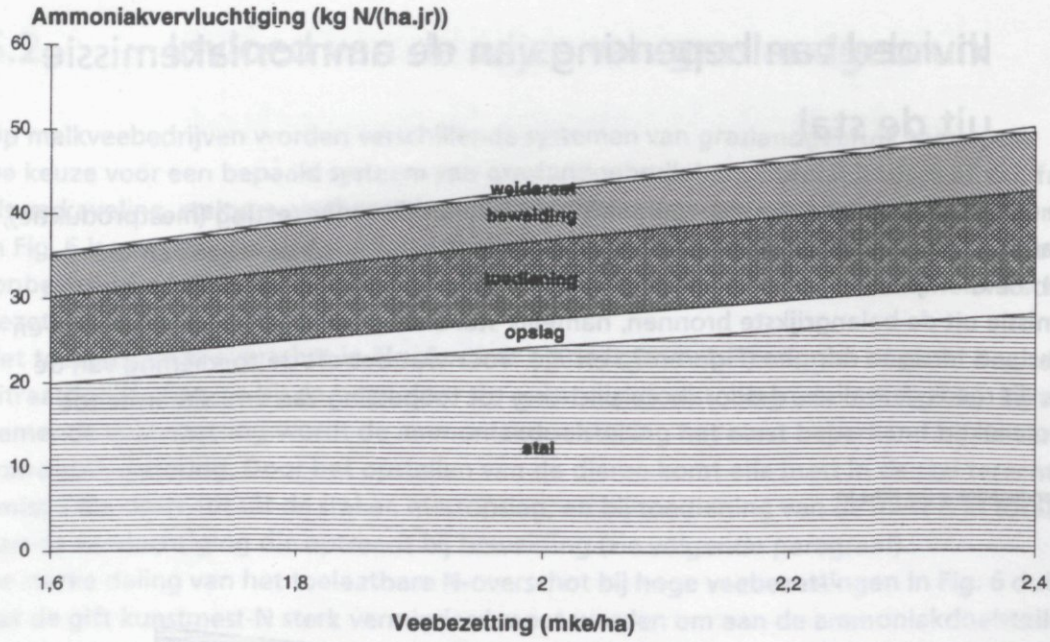
5.3. Invloed van beperking van de ammoniakemissie uit de stal

De hoogte van de ammoniakemissie is vooral afhankelijk van de veebezetting (mestproduktie), het N-gehalte in het rantsoen (N-uitscheiding), het graslandgebruik en de wijze van toediening van de dierlijke mest. Reductie van de ammoniakvervluchtiging kan worden bereikt door de emissie uit de belangrijkste bronnen, namelijk stal en mestopslag, uitgereden mest en beweid grasland terug te dringen (Figuren 7a en 7b). Voor wat betreft de toediening van de drijfmest is dit reeds gerealiseerd door de verplichting tot toepassing van emissie-arme toedieningstechnieken.



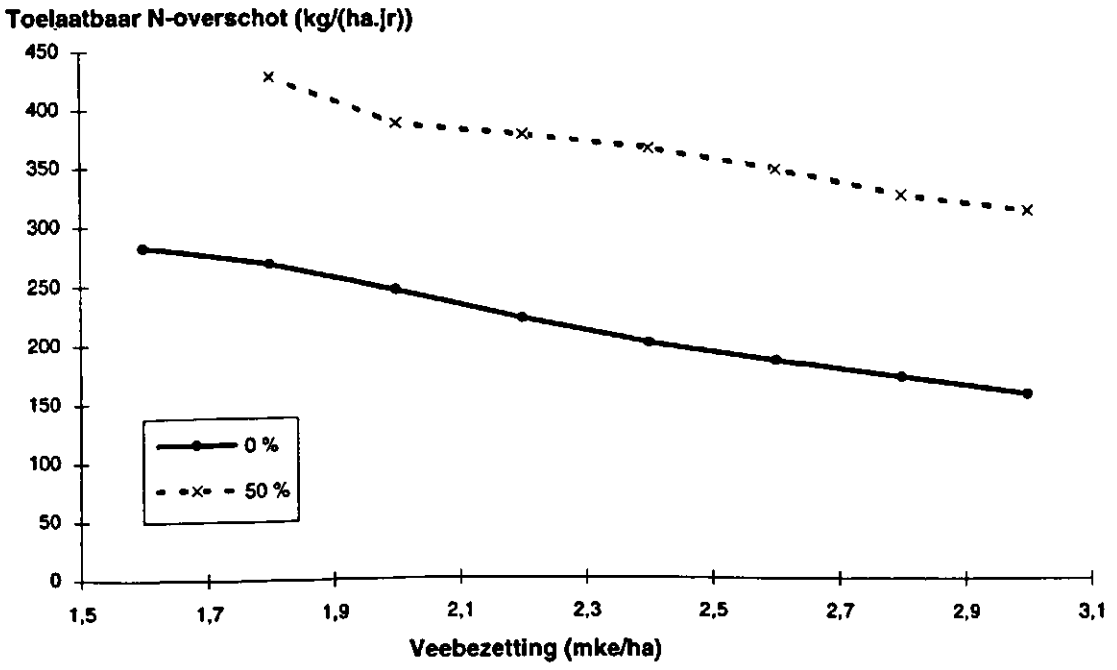
Figuur 7a Totale omvang en bronnen van ammoniakemissie onder invloed van de veebezetting bij onbeperkt weiden en toepassing van zodebemesting ('standaardbedrijf'). De bemesting is zodanig beperkt dat wordt voldaan aan de doelstelling voor nitraatuitspoeling en een toelaatbaar P-overschot van 5 kg/(ha·jaar).

Uit Fig. 7a blijkt dat na invoer van emissie-arme mesttoediening op het 'standaardbedrijf' de emissie uit de stal en bij beweiding de grootste posten zijn. Bij beperkt weiden blijft de emissie uit de met de zodebemester toegediende drijfmest nog groter dan uit het beweide grasland (Fig. 7b). Er is de laatste jaren veel onderzoek verricht op het gebied van vermindering van de ammoniakemissie uit de stal. Hoewel dit nog niet tot kant en klare toepassingen heeft geleid is in deze studie aangenomen dat een reductie van 50 % van de ammoniakemissie uit de stal bereikt kan worden.

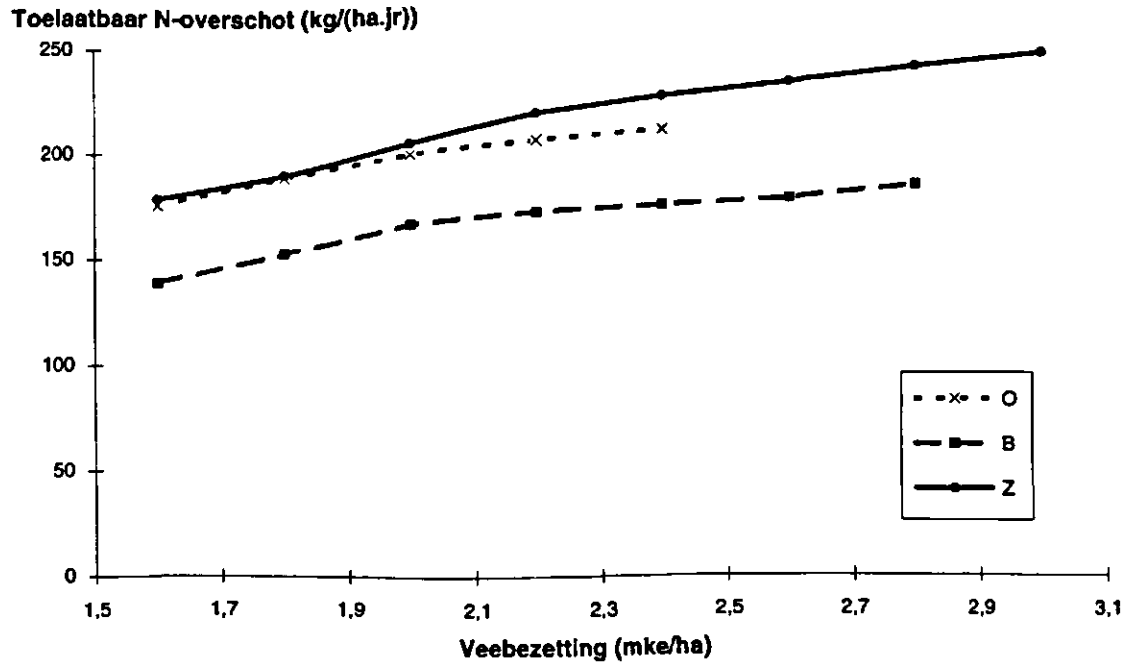


Figuur 7b Totale omvang en bronnen van ammoniakemissie onder invloed van de veebezetting bij beperkt weiden en toepassing van zodebemesting (overige bedrijfsvariabelen als op het 'standaardbedrijf'). De bemesting is zodanig beperkt dat wordt voldaan aan de doelstelling voor nitraatuitspoeling en een toelaatbaar P-overschot van 5 kg/(ha·jaar).

In Fig. 8a is het verloop van de ammoniak-lijn (lijn die het verband tussen de veebezetting en het toelaatbare N-overschot aangeeft als alleen rekening wordt gehouden met de ammoniakdoelstelling) gegeven bij beperkt weiden, toepassen van zodebemesting en 0 of 50 % reductie van de ammoniakemissie uit de stal. Uit deze figuur blijkt dat deze maatregel het niveau van de ammoniak-lijn sterk beïnvloedt.
In Fig. 8b is het verloop van het toelaatbare N-overschot weergegeven voor de drie systemen van graslandgebruik op het 'standaardbedrijf' met aanvullende maatregelen die de ammoniakemissie uit de stal met 50 % verminderen. Uit vergelijking van Fig. 8b met Fig. 6 blijkt dat door deze reductie van de ammoniakvervluchtiging uit de stal, de ammoniakdoelstelling niet meer beperkend is voor het toelaatbare N-overschot. Het toelaatbare N-overschot wordt nu over het gehele traject van veebezettingen bepaald door de uitspoelingsdoelstelling (zie ook Tabel 10). Door de beperking van de ammoniakemissie uit de stal, zal de mest iets meer minerale N bevatten dan in de uitgangssituatie. Daarentegen zullen veranderingen in de rantsoensamenstelling door verlaging van de N-gift op grasland of vervanging van gras door snijmaïs of andere energierijke en eiwitarme produktien het aandeel minerale N in de mest juist verminderen. Het bleek echter niet mogelijk deze effecten op de mestsamenstelling te kwantificeren en daarom is in het model steeds gerekend met een aandeel van minerale N in N-totaal van 50 %. Dit heeft tot gevolg dat bij een maatregel waardoor het aandeel minerale N in de mest iets toeneemt, het model een kleine onderschatting geeft van de N-werking van die mest en dus een kleine overschatting van de toelaatbare gift kunstmest-N en het toelaatbare N-overschot.



Figuur 8a Verloop van de ammoniak-lijnen (verband tussen de veebezetting en het toelaatbaar N-overschot voor de ammoniakdoelstelling) bij beperkt weiden, toepassing van zodebemesting en 0 of 50 % reductie van de ammoniakvervluchtiging uit de stal. Behalve de genoemde emissiebeperkende maatregelen is de N-gift zodanig beperkt dat wordt voldaan aan de doelstelling voor ammoniakvervluchtiging.



Figuur 8b Verband tussen de veebezetting en het toelaatbare N-overschot bij onbeperkt weiden (O), beperkt weiden (B) en zomerstalvoedering (Z), toepassing van zodebemesting en een reductie van de ammoniakemissie uit de stal van 50 %. De berekende waarden gelden voor de in § 2.3 aangenomen milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

5.4. Invloed van het percentage maïs op het bedrijf

Snijmaïs en voederbieten zijn energierijke en eiwitarme voedermiddelen. Door bijvoedering van deze produkten kan een mogelijke N-overmaat uit graslandprodukten voor het vee worden gecorrigeerd. Daarnaast hebben ze minder N nodig dan gras en is het emissie-arm toedienen van drijfmest op bouwland eenvoudiger uitvoerbaar en goedkoper dan op grasland. Omdat in Nederland de teelt van snijmaïs qua oppervlakte momenteel de teelt van voederbieten ver overtreft, worden in dit rapport uitsluitend berekeningen voor snijmaïs uitgevoerd. Onder maïsland is de nitraatuitspoeling hoog vergeleken met die onder gemaaid grasland (o.a. Schröder, 1985; Van Dijk, 1985). Bij toediening van de in de mestwetgeving maximaal toegestane hoeveelheid drijfmest op maïsland, zal de nitraatuitspoeling bij hoge grondwatertrappen (lage grondwaterstand) de doelstelling ruimschoots overtreffen. Bovendien wordt in dat geval meer P aan de bodem toegediend dan er via de oogst wordt onttrokken. Indien zoveel drijfmest wordt gegeven dat de hoeveelheid P daarin ongeveer gelijk is aan de hoeveelheid die in het geoogste produkt wordt afgevoerd (dat is het geval bij ongeveer 38 ton runderdrijfmest per ha), zal de nitraatuitspoeling bij hoge grondwatertrappen ook nog hoger zijn dan de doelstelling (Fig. 4). Dit heeft tot gevolg dat de nitraatuitspoeling onder het resterende grasland extra beperkt moet worden om op bedrijfsniveau aan de uitspoelingsdoelstelling te voldoen en dat er een maximum aandeel snijmaïs in het bouwplan is waarbij nog aan de uitspoelingsdoelstelling voldaan kan worden. Zelfs bij de laagst mogelijke nitraatuitspoeling uit grasland, dat wil zeggen de uitspoeling als gevolg van mineralisatie van organische N, atmosferische depositie en bemesting met de voor het grasland overblijvende hoeveelheid drijfmest (Fig. 2), is het maximaal toelaatbare aandeel snijmaïs op het bedrijf niet meer dan ongeveer 29 %. Bij een toename van de veebezetting zal dit percentage dalen vanwege de grotere hoeveelheid drijfmest die beschikbaar is, en de extra uitspoeling die optreedt bij beweiding. Bij toepassing van een wintergewas of andere maatregelen waardoor de uitspoeling bij een bepaalde N-gift wordt beperkt (Fig. 4), stijgt het toelaatbare aandeel snijmaïs In Tabel 11 is het toelaatbare N-overschot bij verschillende percentages snijmaïs in het areaal gegeven voor de drie systemen van graslandgebruik. De snijmaïs wordt bemest met een drijfmestgift die de afgevoerde P in het geoogste gewas compenseert. De daling van het toelaatbare N-overschot bij toename van het percentage maïs is ongeveer even groot als de daling van de hoeveelheid kunstmest-N die nodig is om de uitspoelingsdoelstelling te kunnen realiseren.

Indien snijmaïs in het bouwplan wordt opgenomen (in plaats van wordt aangekocht), zal het resterende grasland intensiever moeten worden beweid om een gelijke grasopname per dier te realiseren (zie § 3.2). Door dit grotere aantal koeweidedagen per ha, in combinatie met de noodzakelijke compensatie van de hoge uitspoeling onder snijmaïs, zal de toegestane hoeveelheid kunstmest-N op grasland dalen. Dit betekent een reductie van de drogestofopbrengst van het grasland. Uit de berekeningen blijkt dat de hogere opbrengst van snijmaïs t.o.v. het (beweide) grasland deze reductie niet kan compenseren. Bij onbeperkt weiden en een veebezetting van 2,4 mke per ha heeft dit zelfs tot gevolg dat de gekozen combinaties met snijmaïs niet aan de uitspoelingsdoelstelling kunnen voldoen. In die gevallen overschrijdt de nitraatuitspoeling onder snijmaïs plus de nitraatuitspoeling onder urineplekken en de laagst mogelijke uitspoeling van het grasland de maximaal toegestane hoeveelheid.

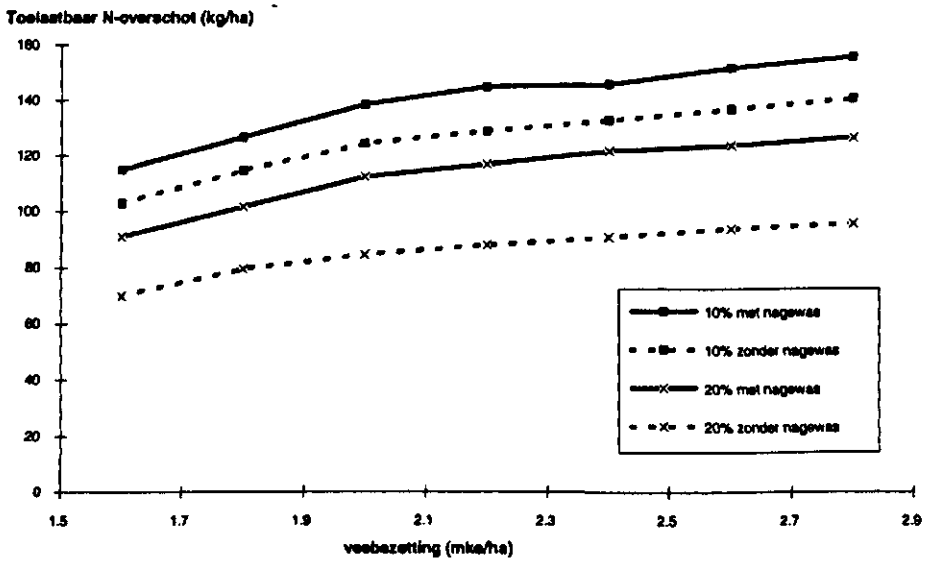
Door snijmaïs in het bouwplan op te nemen daalt weliswaar het N-overschot (Mandersloot, 1992), maar de cijfers in Tabel 11 geven aan dat het toelaatbare N-overschot eveneens afneemt. Een daling van het N-overschot, zoals die wordt gevonden bij het opnemen van snijmaïs in het bouwplan, betekent daarom niet noodzakelijkerwijs dat de milieubelasting afneemt.
De grote nitraatuitspoeling onder snijmaïs bij de huidige teeltwijze beperkt de mogelijkheden voor de teelt van dit gewas op melkveebedrijven als deze worden geconfronteerd met de milieudoelstellingen voor het jaar 2000. Het verminderen van de nitraatuitspoeling, bijvoorbeeld door het telen van een nagewas dat een gedeelte van het overschot aan minerale N dat in het najaar aanwezig is opneemt, zal resulteren in ruimere mogelijkheden voor snijmaïs.
In Tabel 12 zijn de resultaten weergegeven van berekeningen met een variabel percentage snijmaïs in het bouwplan als de snijmaïs met een nagewas wordt geteeld. Vergelijking met Tabel 11 leert dat de teelt van een nagewas met name bij de hogere percentages snijmaïs in het bouwplan de realiseerbare drogestofproduktie onder de nitraatuitspoelingsdoelstelling aanmerkelijk verhoogt. In tegenstelling tot de situatie waarin snijmaïs wordt geteeld zonder nagewas, kan bij de teelt van het gewas met een nagewas bij beperkte beweiding en zomerstalvoedering een hogere drogestofproduktie per ha worden gerealiseerd. Hierdoor kan in situaties met een ruwvoertekort, het P-overschot - en daarmee de noodzakelijke afvoer van drijfmest - afnemen (vergelijk de Tabellen 12 en 11).
De lagere uitspoeling onder snijmaïs ten gevolge van de teelt van een nagewas zorgt voor een stijging van het toelaatbare N-overschot (zie Fig. 9). Deze stijging is afhankelijk van het percentage snijmaïs in het areaal en is het gevolg van de hogere toegestane N-gift op het graslandareaal.
Naast de mogelijkheid om zelf snijmaïs te telen, bestaat de mogelijkheid om snijmaïs aan te kopen. In principe bestaat deze mogelijkheid slechts voor bedrijven met een ruwvoertekort of bedrijven met een afzetmogelijkheid voor het surplus aan graskuil. Door aankoop van voedermiddelen worden de verliezen die gepaard gaan met de teelt van deze produkten afgewenteld op de bedrijven waar ze worden verbouwd. Dit geldt voor snijmaïs en graskuil, maar in principe ook voor aangekocht krachtvoer. Op een bedrijf dat ruwvoer en krachtvoer in grote hoeveelheden aankoopt, zal het N-verlies per kg geproduceerde melk derhalve lager zijn dan op een bedrijf dat zelfvoorzienend is in ruwvoer. Voor een bedrijf kan het vanuit milieukundig perspectief aantrekkelijk zijn om bijvoorbeeld snijmaïs en krachtvoer in grote hoeveelheden aan te kopen in plaats van snijmaïs en krachtvoervervangers zelf te telen. Aan de andere kant kan worden gesteld dat dit, zeker in de toekomst wanneer de produktiecapaciteit van de grond door de milieudoelstellingen wordt beperkt, in de prijs van zo'n produkt tot uitdrukking zal komen. Een dergelijke ontwikkeling zou wellicht mogelijkheden kunnen bieden voor een verdergaande specialisatie binnen de produktiekolom, waarbij intensieve bedrijven (hoge melkproduktie per ha) voer aankopen terwijl extensieve bedrijven hun accenten verleggen naar de teelt van ruwvoer of de opfok van jongvee.

Tabel 11 Effecten van een variabel percentage snijmaïs in het bouwplan op de toelaatbare giften kunstmest-N en -P, de netto-drogestofopbrengst, de emissies van nitraat en ammoniak, het toelaatbare N-overschot en de noodzakelijke afvoer van drijfmest bij de drie wijzen van graslandgebruik, toepassing van emissiearme mesttoediening en maatregelen die de ammoniakemissie uit de stal met 50 % verminderen. De berekeningen gaan uit van de in § 2.3 gegeven milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

Variant bedrijfsvoering	Snijmaïs (%)	kunstmest N (kg/(ha·jr))	kunstmest P (kg/(ha·jr))	netto ds-opbrengst (kg/(ha·jr))	Emissie van NO_3 (kg N/(ha·jr))	Emissie van NH_3 (kg N/(ha·jr))	N-overschot (kg/(ha·jr))	Avoer van drijfmest (ton/(ha·jr))
a. veebezetting van 1,6 mke per ha								
O	0	130	4	8922	34	27	176	0
	5	110	4	8872	34	26	156	0
	10	88	4	8773	34	25	135	0
	15	64	3	8584	34	24	114	0
	20	38	2	8257	34	23	94	0
B	0	122	8	9646	34	26	139	0
	5	100	8	9556	34	25	121	0
	10	78	7	9434	34	24	103	0
	15	54	6	9201	34	24	86	0
	20	30	5	8879	34	23	70	0
Z	0	205	13	12426	34	29	179	0
	5	178	13	12295	34	28	157	0
	10	152	12	12165	34	27	135	0
	15	107	11	11806	34	25	102	0
	20	56	8	11060	34	22	71	0
b. veebezetting van 2,4 mke ha								
O	0	142	0	8400	34	34	212	19
	5	-	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-	-
B	0	108	0	9399	34	35	176	10
	5	86	0	9318	34	34	155	10
	10	67	0	9184	34	33	133	11
	15	46	0	8962	34	32	112	12
	20	26	0	8645	34	31	91	14
Z	0	167	0	12880	34	40	228	4
	5	151	0	12887	34	39	213	3
	10	124	0	12730	34	39	186	3
	15	76	0	12241	34	35	138	5
	20	34	0	11451	34	31	99	8

Tabel 12 Effecten van een variabel percentage snijmaïs in het bouwplan op de toelaatbare giften kunstmest-N en -P, de netto-drogestofopbrengst, de emissies van nitraat en ammoniak, het toelaatbare N-overschot en de noodzakelijke afvoer van drijfmest bij de drie wijzen van graslandgebruik, toepassing van emissiearme mesttoediening, teelt van een nagewas na maïs en maatregelen die de ammoniakemissie uit de stal met 50 % verminderen. De berekeningen gaan uit van de in § 2.3 gegeven milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

Wijze van graslandgebruik	Snijmaïs (%)	kunstmest N (kg/(ha·jr))	kunstmest P (kg/(ha·jr))	netto ds-opbrengst (kg/(ha·jr))	Emissie van NO_3 (kg N/(ha·jr))	Emissie van NH_3 (kg N/(ha·jr))	N-overschot (kg/(ha·jr))	Afvoer van drijfmest (ton/(ha·jr))
a. veebezetting van 1,6 mke per ha								
O	0	130	4	8922	34	27	176	0
	5	119	5	8992	34	26	161	0
	10	107	5	9064	34	26	147	0
	15	96	5	9140	34	26	133	0
	20	83	6	9179	34	25	118	0
B	0	122	8	9646	34	26	139	0
	5	110	8	9679	34	26	127	0
	10	97	8	9715	34	26	115	0
	15	85	8	9715	34	25	103	0
	20	73	8	9774	34	25	91	0
Z	0	205	13	12426	34	29	179	0
	5	187	13	12363	34	28	164	0
	10	170	13	12300	34	28	148	0
	15	153	13	12237	34	28	133	0
	20	136	13	12175	34	27	117	0
b. veebezetting van 2,4 mke per ha								
O	0	142	0	8400	34	34	212	19
	5	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-
B	0	108	0	9399	34	35	176	10
	5	96	0	9461	34	35	161	10
	10	83	0	9492	34	35	146	10
	15	74	0	9526	34	34	133	9
	20	55	0	9549	34	34	122	8
Z	0	167	0	12880	34	40	228	4
	5	150	0	12869	34	40	212	3
	10	135	0	12803	34	40	195	3
	15	118	0	12736	34	40	180	2
	20	101	0	12736	34	39	164	1



Figuur 9 Verband tussen de veebezetting en het toelaatbare N-overschot bij twee percentages snijmaïs in het bouwplan, met en zonder de teelt van een nagewas, bij beperkt weiden, toepassing van zodebemesting en 50 % reductie van de ammoniak-emissie uit de stal. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de in § 2.3 aangenomen milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

Tabel 13 Effecten van de veebezetting en de melkproduktie per koe op de toelaatbare giften kunstmest-N en -P, de netto-drogestofopbrengst, de emissies van nitraat en ammoniak, het toelaatbare N-overschot en de noodzakelijke afvoer van drijfmest bij onbeperkt weiden, emissiearme messtoediening en maatregelen die de emissie uit de stal met 50 % verminderen. De berekeningen gaan uit van de in § 2.3 gegeven milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

mke/ha	Melkproduktie	Kunstmest		netto ds-	Emissie van		N-overschot	afvoer van
		N	P	opbrengst	NO_3	NH_3		drijfmest
	(kg/(koe·jr))	(kg/(ha·jr))		(kg/(ha·jr))	(kg N/(ha·jr))		(kg/(ha·jr))	(ton/(ha·jr))
1,4	6000	142	9	9085	34	28	159	0
	7500	134	6	9013	34	25	168	0
	9000	126	2	8925	34	27	177	0
2,0	6000	131	0	8684	34	30	198	6
	7500	135	0	8591	34	32	202	12
	9000	139	0	8449	34	34	204	19

5.5. Invloed van de veebezetting, het melkquotum per ha en de melkproduktie per koe

De hoogte van de melkproduktie per ha bepaalt in belangrijke mate de totale afvoer van mineralen in produkten. Voor een gemiddeld gespecialiseerd melkveebedrijf bedroeg de afvoer in melk in de periode 1983-1986 ongeveer 83 % van de totale N-afvoer en ongeveer 75 % van de totale P-afvoer in produkten (Tabel 1). De melkproduktie per ha is de resultante van de melkproduktie per koe en het aantal melkkoeien per ha.
In Tabel 13 wordt een overzicht gegeven van resultaten van berekeningen van de effecten van de veebezetting en de melkproduktie per koe op het toelaatbare N-overschot en de noodzakelijke mestafzet bij onbeperkt weiden, zodebemesting en 50 % reductie van de ammoniakemissie vanuit de stal. Hierbij is uitgegaan van drie produktieniveaus per koe (6000, 7500 en 9000 kg melk per jaar), met de bijbehorende verschillen in voeropname en mestproduktie per dier. Uit Tabel 13 blijkt dat bij een bepaalde veebezetting het effect van het melkproduktieniveau per koe op het toelaatbare N-overschot beperkt is. De melkproduktie per koe heeft een groter effect op het P-overschot dan op het toelaatbare N-overschot. Bij een hogere melkproduktie per dier stijgt de energiebehoefte van het dier sneller dan de ruwvoeropnamecapaciteit, zodat een grotere aanvulling met krachtvoer nodig is, wat tot uiting komt in een toename van het P-overschot. Bij een hogere melkproduktie per dier daalt echter het N-overschot per liter melk.
In Tabel 14 zijn de resultaten gegeven van berekeningen van de effecten van een gegeven melkproduktie per ha (melkquotum) en een variabele melkproduktie per melkkoe op het toelaatbare N-overschot. Uit Tabel 14 blijkt dat naarmate de veebezetting hoger moet zijn om het melkquotum vol te melken, dat wil zeggen bij een lage melkproduktie per koe en een hoog melkquotum per ha, het toelaatbare N-overschot groter is. Uit Tabel 14 blijkt tevens dat er bij een hoog melkquotum per ha mest afgezet moet worden om aan de P-doelstelling te kunnen voldoen (toelaatbaar P-overschot 5 kg per ha per jaar). De af te zetten hoeveelheid mest is echter minder bij een hoge melkproduktie per koe.

Tabel 14 Effecten van de melkproduktie per ha en per koe op de toelaatbare giften kunstmest-N en -P, de netto-drogestofopbrengst, de emissies van nitraat en ammoniak, het toelaatbare N-overschot en de noodzakelijke afvoer van drijfmest bij beperkt weiden, emissiearme messttoediening en maatregelen die de emissie uit de stal met 50 % verminderen.
De berekeningen gaan uit van in § 2.3 gegeven milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

Melkproduktie		Kunstmest		Netto ds-	Emissie van		N-overschot	Afvoer van
per ha (kg/jr)	per koe (kg/jr)	N (kg/(ha·jr))	P	opbrengst (kg/(ha·jr))	NO_3 (kg N/(ha·jr))	NH_3	(kg/(ha·jr))	drijfmest (ton/(ha·jr))
10000	6000	120	7	9628	34	27	144	0
	7500	131	11	9691	34	24	127	0
	9000	136	13	9747	34	22	120	0
14000	6000	108	0	9445	34	34	173	6
	7500	106	0	9491	34	32	166	3
	9000	103	0	9573	34	31	156	0
18000	6000	115	0	9255	34	39	189	23
	7500	111	0	9343	34	37	176	17
	9000	107	0	9421	34	35	168	12

5.6. De invloed van jongvee

De invloed van de hoeveelheid jongvee per melkkoe op het toelaatbare N-overschot is vergelijkbaar met de invloed van het aantal melkkoeien per ha (Figuren 5a en 5b). Bij de opfok van jongvee vindt de afvoer van mineralen echter op indirekte wijze plaats, namelijk via vervanging van melkvee, in de vorm van afgevoerd vee. Gewichtsaanzet is een produktieproces dat in termen van mineralenefficiëntie minder gunstig is dan produktie van melk.
Doordat de opfok van jongvee betrekkelijk onafhankelijk plaats vindt van de produktie van melk, valt het aspect jongvee onder te verdelen in: hoeveelheid jongvee per ha en de wijze waarop het jongvee wordt geweid of gevoerd. Beide aspecten zijn voor melkvee reeds behandeld in Hoofdstuk 4 en § 5.2.
In Tabel 15 is de invloed van de hoeveelheid jongvee per melkkoe op het toelaatbare N-overschot bij een tweetal veebezettingen berekend. Uit Tabel 15 blijkt dat de hoeveelheid jongvee per melkkoe een significante invloed heeft op de ammoniakemissie, het toelaatbare N-overschot en het P-overschot. Dit laatste blijkt bij beide veebezettingen uit het feit dat bij toename van de hoeveelheid jongvee, drijfmest moet worden afgezet om aan de P-doelstelling te voldoen.

Tabel 15 Effecten van de hoeveelheid jongvee per melkkoe op de toelaatbare giften kunstmest-N en -P, de netto-drogestofopbrengst, de emissies van nitraat en ammoniak, het toelaatbare N-overschot en de noodzakelijke afvoer van drijfmest bij beperkt weiden, emissiearme mesttoediening en maatregelen die de ammoniakemissie uit de stal met 50 % verminderen. De berekeningen gaan uit van de in § 2.3 gegeven milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

Veebezetting			Kunstmest		Netto ds-	Emissie van		N-overschot	Afvoer van
mk	pi	ka	N	P	opbrengst	NO_3	NH_3		drijfmest
	(stuks/ha)		(kg/(ha·jr))		(kg/(ha·jr))	(kg N/(ha·jr))		(kg/(ha·jr))	(ton/(ha·jr))
1,6	0	0	137	13	9719	34	27	158	0
1,6	0,16	0,2	131	11	9686	34	29	165	0
1,6	0,32	0,4	125	9	9661	34	31	173	0
1,6	0,64	0,8	115	5	9572	34	35	187	0
1,6	1,28	1,6	102	0	9420	34	42	198	12
2,2	0	0	113	3	9584	34	29	150	0
2,2	0,22	0,28	106	0	9524	34	31	163	0
2,2	0,44	0,55	108	0	9458	34	32	171	5
2,2	0,88	1,1	106	0	9368	34	35	177	10
2,2	1,76	2,2	109	0	9179	34	41	197	24

Het effect op het toelaatbare N-overschot zou nog sterker zijn als niet de nitraatuitspoeling maar de ammoniakemissie de meest beperkende factor was bij het realiseren van de milieudoelstellingen (bijvoorbeeld als er minder emissiebeperkende maatregelen waren getroffen).
Naast de hoeveelheid jongvee per melkkoe heeft ook het graslandgebruik door het jongvee enige invloed op het toelaatbare N-overschot. Dit effect is echter gering in vergelijking met het effect van de hoeveelheid jongvee per melkkoe.

5.7. De invloed van extra aanvoer of afvoer van organische mest

Tot dusver is er van uitgegaan dat alle door het vee geproduceerde drijfmest zoveel mogelijk op het eigen land wordt gebruikt en dat de afzet van drijfmest tot een noodzakelijk minimum wordt beperkt. Het is echter denkbaar dat men een grotere hoeveelheid mest ter beschikking heeft, dat er onvoldoende mestopslagcapaciteit aanwezig is of dat men extra drijfmest afvoert om meer kunstmest te kunnen gebruiken. Aanvoer van extra organische mest zal uit oogpunt van de milieudoelstellingen slechts mogelijk zijn op bedrijven met een lage veebezetting. De meest beperkende factor voor deze bedrijven is de realisatie van de uitspoelingsdoelstelling. Onder de aangenomen grenswaarde is voor deze bedrijven nog veel ruimte m.b.t. de ammoniakdoelstelling. Na de nitraatdoelstelling is echter het toelaatbare P-overschot het eerst beperkend. Op bedrijven met een hoge veebezetting zal aanvoer van organische mest moeten worden gecompenseerd door afvoer van eigen organische mest, hetgeen zowel economisch als praktisch niet aantrekkelijk lijkt. In Tabel 16a worden de resultaten gegeven van berekeningen van de effecten van aanvoer van extra organische mest (afkomstig van mestvarkens) op N-emissies en het toelaatbare N-overschot. Deze mest heeft de volgende samenstelling: Ntot: 6,7 kg per ton, Ptot: 1,6 kg per ton (Neeteson, 1991).

Tabel 16a Effecten van de aanvoer van drijfmest van mestvarkens op de toelaatbare gift kunstmest-N, de netto-drogestofopbrengst, de emissies van nitraat en ammoniak, het toelaatbare N-overschot en de noodzakelijke afvoer van drijfmest bij emissiearme mesttoediening, maatregelen in de stal die de ammoniakemissie met 50 % verminderen, beperkt weiden en een veebezetting van 1,6 mke per ha. De berekeningen gaan uit van de in § 2.3 gegeven milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

Aanvoer van drijfmest (ton/(ha·jr))	Kunstmest-N (kg/(ha·jr))	netto ds-opbrengst (kg/(ha·jr))	Emissie van NO_3 (kg N/(ha·jr))	Emissie van NH_3 (kg N/(ha·jr))	Overschot N (kg/(ha·jr))	Overschot P (kg/(ha·jr))	Afvoer van drijfmest (ton/(ha·jr))
0	122	9646	34	26	139	5	0
5	103	9646	34	28	152	5	0
10	103	9646	34	28	152	5	8
15	105	9646	34	28	151	5	17

Uit Tabel 16a blijkt dat de gift kunstmest-N als gevolg van de extra aangevoerde drijfmest dient te worden beperkt met een hoeveelheid die gelijk is aan de hoeveelheid minerale N die uit de aangevoerde drijfmest voor het gewas beschikbaar komt. Het toelaatbare N-overschot stijgt als extra drijfmest wordt gebruikt. Deze toename kan worden toegeschreven aan het deel van de drijfmest-N dat niet voor het gewas beschikbaar komt, bijvoorbeeld door ammoniakvervluchtiging en organische N die niet mineraliseert in het jaar van toediening (Nr-fractie) en dus accumuleert in de bodem.
Door de P in de aangevoerde mest dient in eerste instantie de P-bemesting in de vorm van kunstmest te worden beperkt. Op het moment dat dit niet meer mogelijk is zal eigen organische mest moeten worden afgezet om aan de P-doelstelling te voldoen (Tabel 16a).
Tot extra afvoer van drijfmest kan worden besloten als de ammoniakvervluchtiging voor een bedrijf de meest beperkende factor binnen de milieudoelstellingen is, of als onvoldoende

opslagcapaciteit voor mest op het bedrijf aanwezig is. Door extra afvoer van drijfmest daalt de ammoniakemissie en kan de totale N-gift worden verhoogd, waardoor een hogere netto-drogestofopbrengst kan worden gerealiseerd (zie ook Tabel 9). Tabel 16b geeft tevens de resultaten van berekeningen van de effecten van extra afvoer van drijfmest op de N- en P-huishouding van een bedrijf bij de in § 2.3 gegeven milieudoelstellingen.
Uit Tabel 16b blijkt dat de netto-drogestofopbrengst toeneemt als meer drijfmest wordt afgezet dan noodzakelijk is. De toename in drogestofopbrengst is echter waarschijnlijk onvoldoende om de kosten van de extra mestafvoer te compenseren. Het P-overschot daalt zodat extra P in de vorm van kunstmest kan (moet) worden gebruikt. De invloed van extra afvoer van dierlijke mest op het N-overschot blijkt vrijwel nihil te zijn.

Tabel 16b Effecten van extra afvoer van drijfmest op de toelaatbare gift kunstmest-N, de netto-drogestofopbrengst van het grasland, de emissies van nitraat en ammoniak, het toelaatbare N-overschot, het P-overschot en de totale afvoer van drijfmest bij mesttoediening met de zodebemester, zomerstalvoedering en een veebezetting van 2,4 mke per ha.
De berekeningen gaan uit van de in § 2.3 gegeven milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

Extra Afvoer drijfmest (ton/(ha·jr))	Kunstmest-N (kg/(ha·jr))	netto ds-opbrengst (kg/(ha·jr))	Emissie van NO_3 (kg N/(ha·jr))	Emissie van NH_3 (kg N/(ha·jr))	Overschot N (kg/(ha·jr))	Overschot P (kg/(ha·jr))	Afvoer van drijfmest (ton/(ha·jr))
0	121	12398	24	50	184	5	7
2	131	12446	25	50	185	3	9
4	141	12494	25	50	185	1	11
6	151	12542	25	50	186	-1	13
8	161	12590	26	50	187	-3	15
10	171	12638	26	50	187	-5	17

5.8. Invloed van de grondwatertrap

De berekeningen zoals die in het voorgaande zijn uitgevoerd, zijn van toepassing op de meest uitspoelingsgevoelige grondwatertrap: Gt VIII. De grondwatertrap beïnvloedt onder andere de verhouding tussen het gedeelte van het overschot aan minerale N dat het grondwater belast en het deel dat denitrificeert. Het feit dat in de milieudoelstellingen geen maxima zijn gesteld aan de denitrificatie, betekent dat bedrijven met een lagere grondwatertrap (dus met een hogere grondwaterstand) een hoger toelaatbaar N-bemestingsniveau zullen hebben en dus een hoger toelaatbaar N-overschot (hogere nitraat-lijn). Dit geldt uiteraard alleen in situaties waar de ammoniakdoelstelling niet beperkend is (lage veebezetting; bedrijven waar reeds veel gedaan is aan vermindering van de ammoniakemissie). Met behulp van de in Tabel 7 gegeven correctiefactoren voor het deel van het overschot aan minerale N in de bodem dat het grondwater belast, kan een schatting worden gemaakt van de invloed van de grondwatertrap op het toelaatbaar N-overschot onder de uitspoelingsdoelstelling. Tabel 17 geeft hiervan een voorbeeld.
Uit Tabel 17 blijkt dat het effect van de grondwatertrap aanzienlijk is als de grenswaarde voor de ammoniakvervluchtiging niet wordt bereikt. De ammoniakvervluchtiging zal bij de lagere grondwatertrappen de meest beperkende factor vormen (Fig. 8). Doordat bij een lagere Gt de N-gift hoger kan zijn, zal de grasopbrengst ook hoger zijn, als gevolg waarvan de P-onttrek-

king aan de bodem zal stijgen. Dit houdt in dat de P-bemesting ook toe kan nemen, of dat de drijfmestafvoer kan verminderen.
Tabel 17 en Fig. 10 geven ook een beeld van het effect van een eventueel variabele uitspoelingsdoelstelling op het toelaatbare N-overschot. De som van nitraatuitspoeling en denitrificatie in Tabel 17 zou men namelijk kunnen beschouwen als toelaatbare nitraatuitspoeling bij Gt VIII. Het is duidelijk dat het toelaatbare N-overschot sterk reageert op een minder strenge nitraatdoelstelling.
In Fig. 10 kan met de volgende formule een nitraatdoelstelling bij de lijnen worden berekend (aannemend dat alle lijnen betrekking hebben op een situatie met Gt VIII):

NO_3 (kg N per ha) = (34 / (correctiefactor voor de betreffende Gt)) * 100

Tabel 17 Effecten van de grondwatertrap (Gt) op de toelaatbare giften kunstmest-N en -P, de nettodrogestofopbrengst van het grasland, de N-emissies door nitraatuitspoeling + denitrificatie en ammoniakvervluchtiging, het toelaatbare N-overschot en de noodzakelijke afzet van drijfmest bij mesttoediening met de zodebemester, onbeperkt weiden en een veebezetting van 1,6 mke per ha. De berekeningen gaan uit van de in § 2.3 gegeven milieudoelstellingen voor het jaar 2000.

Gt	Kunstmest- N (kg/ha)	Kunstmest-P (kg/ha)	Netto ds-opbrengst (kg/ha)	NO_3 + N-emissie (kg N/ha)	NH_3 emissie (kg N/ha)	N-overschot (kg/ha)	Afvoer van drijfmest (ton/ha)
III*	329	8	9828	148	46	351	0
IV	257	7	9625	85	42	285	0
V	226	6	9508	67	40	257	0
V*	233	6	9534	71	40	263	0
VI	202	6	9417	53	38	235	0
VII	167	5	9198	41	36	206	0
VIII	135	4	8922	34	34	180	0

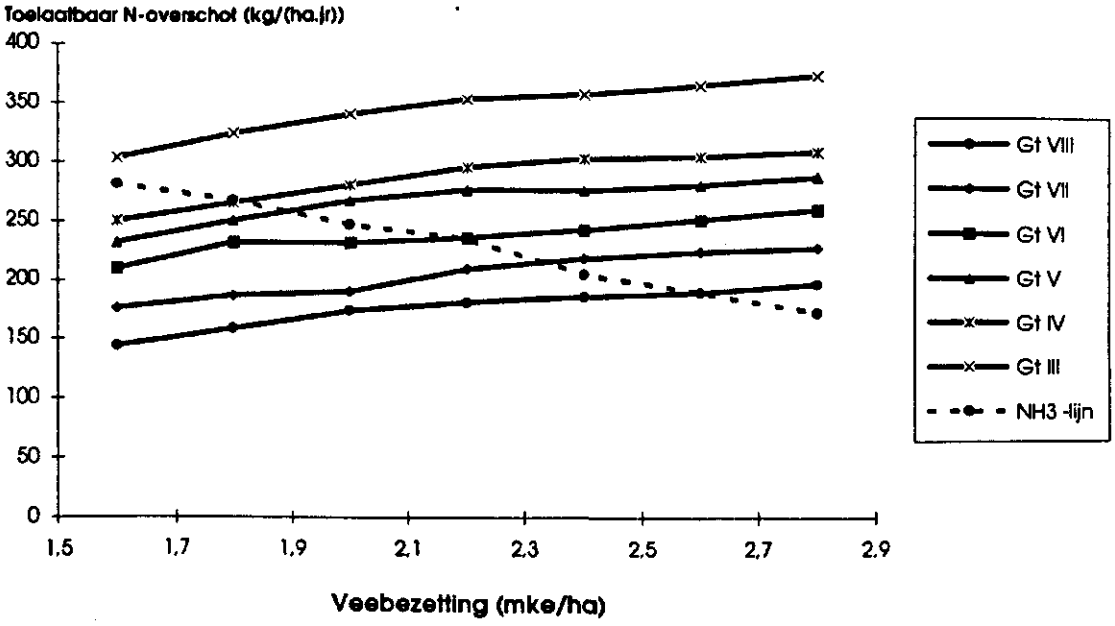
5.9. Invloed van de hoogte van de maximaal toegestane ammoniakvervluchtiging

Uit de voorafgaande paragrafen kwam naar voren dat de hoogte van het toelaatbaar N-overschot bepaald kan worden door de nitraat- of de ammoniakdoelstelling. Welke vorm van emissie beperkend is, hangt af van de bedrijfsopzet, de grondwatertrap, de toelaatbare emissie en de reeds genomen emissiebeperkende maatregelen.
Bij lage veebezetting is de nitraatuitspoeling de meest beperkende factor; bij hoge veebezettingen de ammoniakvervluchtiging (Fig. 10). In feite zijn er twee lijnen (Fig. 5). Het snijpunt van de twee lijnen is afhankelijk van tal van factoren zoals bijvoorbeeld: het percentage snijmaïs in het bouwplan, de graslandgebruikswijze, en de grondwatertrap. Daarnaast is de ammoniak-lijn afhankelijk van de maximaal toegestane ammoniakvervluchtiging.
In de milieudoelstellingen is sprake van een reductie van de ammoniakemissie in het jaar 2000 met 50 - 70 % ten opzichte van het referentiejaar 1980. Het betreft een nationale doelstelling waaruit niet direkt een maximale hoeveelheid per ha kan worden afgeleid. De toelaatbare ammoniakemissie heeft echter grote invloed op de hoogte van het toelaatbare N-overschot. Uit de berekeningen bleek dat zonder emissiebeperkende aanpassingen van de stal, bij een

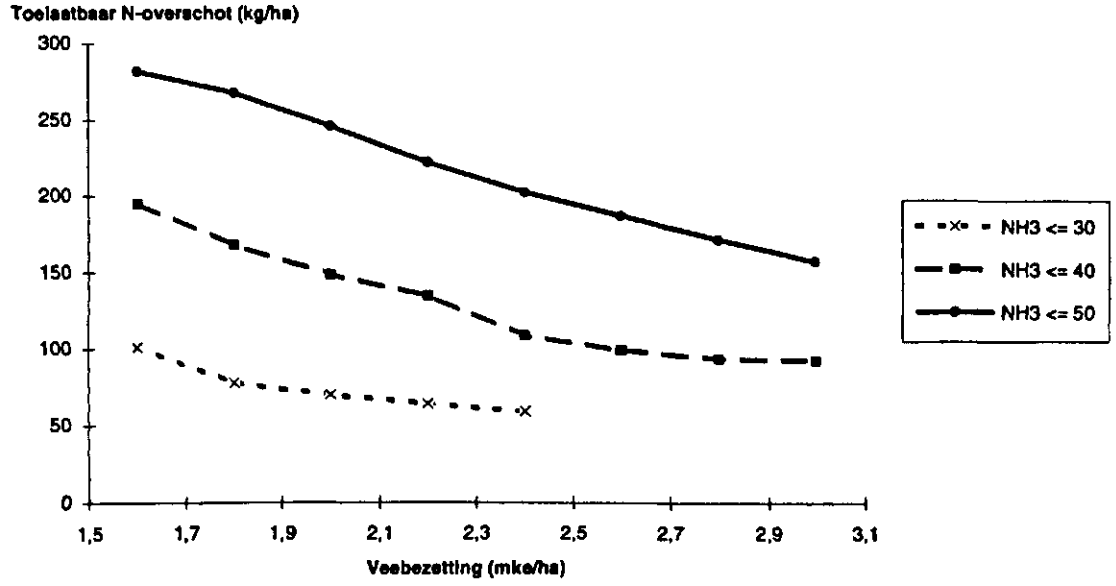
vervluchtigingsdoelstelling van minder dan 50 kg N per ha de ammoniakvervluchtiging bij wat hogere veebezettingen de meest beperkende factor is.
Indien een reductie van 50 % van de ammoniakemissie uit de stal kan worden gerealiseerd kan een niveau van minder dan 50 kg N per ha worden bereikt. In Fig. 11 zijn de uitkomsten weergegeven van berekeningen met betrekking tot de invloed van de vervluchtigingsdoelstelling op het toelaatbaar N-overschot. Bij een doelstelling van maximaal 50 kg N per ha is bij een lage veebezetting de uitspoeling het meest beperkend, bij een hogere veebezetting de vervluchtiging. Echter ook bij een doelstelling van maximaal 40 kg N per ha blijft de nitraatuitspoeling de meest beperkende factor bij lage veebezettingen. Bij een vervluchtigingdoelstelling van 30 kg N per ha is deze doelstelling bij alle in beschouwing genomen veebezettingen beperkend.

5.10. Invloed van de hoogte van het toegestane P-overschot per ha

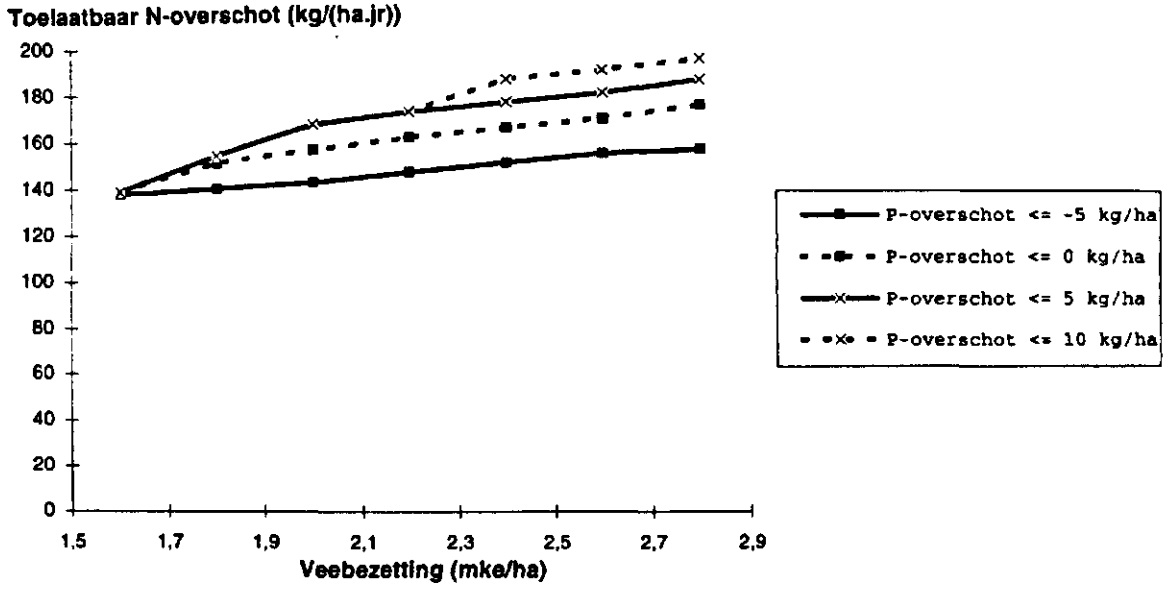
In de milieudoelstellingen wordt gesproken van evenwichtsbemesting voor fosfaat, waarbij de toediening aan de bodem de onttrekking niet mag overtreffen, dit afgezien van enige 'onvermijdelijke verliezen'. Aan deze laatste term wordt geen verdere invulling gegeven. Hierbij zou gedacht kunnen worden aan een bescheiden overschot op de P-balans, waarvan de hoogte eventueel gekoppeld zou kunnen zijn aan de P-toestand van de bodem. Om de invloed van de hoogte van het toelaatbare P-overschot te bestuderen zijn berekeningen uit-gevoerd van de gevolgen van een aantal niveaus (Fig. 12; Tabel 18).



Figuur 10 Invloed van de grondwatertrap en de veebezetting op het toelaatbare N-overschot, op basis van de nitraatuitspoelingsdoelstelling (nitraat-lijnen) bij beperkt weiden, toepassing van zodebemesting en maatregelen die de ammoniak-emissie uit de stal met 50 % beperken.



Figuur 11 Invloed van de hoogte van de toelaatbare ammoniakemissie (in kg N per ha) op het toelaatbare N-overschot (bij beperkt weiden)



Figuur 12 Invloed van de hoogte van het toelaatbare P-overschot (in kg per ha) op het toelaatbare N-overschot (bij beperkt weiden)

Als het P-overschot niet aan een maximum wordt gebonden en het toelaatbaar N-overschot wordt bepaald door de uitspoelingsdoelstelling bestaat er een rechtlijnig verband tussen veebezetting en toelaatbaar N-overschot (Fig. 5a). Wordt aan het P-overschot een maximum toegekend, dan volgt het toelaatbaar N-overschot de lijn van de beperking door nitraat-uitspoeling tot een bepaald punt waarna deze afbuigt en vlakker gaat lopen. In dit traject wordt de afvoer van N in drijfmest voor een deel door de extra aanvoer van N in kunstmest gecompenseerd. Het punt waarop de lijn afbuigt hangt onder andere af van de hoogte van het toelaatbare P-overschot.

Wellicht meer van belang is de invloed van de hoogte van het toelaatbare P-overschot op de hoeveelheid mest die afgevoerd moet worden. In Tabel 18 worden de af te voeren hoeveelheden drijfmest gegeven bij verschillende veebezettingen en niveaus van toelaatbaar P-overschot. Uit Tabel 18 blijkt dat verhoging van het toelaatbare P-overschot de hoeveelheid drijfmest die per ha moet worden afgevoerd, verlaagt met ongeveer 1,4 ton per kg toegestaan P-overschot.

Tabel 18 Overzicht van de noodzakelijke afvoer van drijfmest (in ton per ha per jaar) bij verschillende veebezettingen en niveaus van toelaatbaar P-overschot. Bij beperkt weiden en een reduktie van de ammoniakvervluchtiging uit de stal met 50 %.

Veebezetting	Hoogte van het toelaatbare P-overschot (kg/(ha·jr))			
(mke/ha)	-5	0	5	10
1,6	4	0	0	0
1,8	9	2	0	0
2,0	14	7	0	0
2,2	19	12	5	0
2,4	24	17	10	4
2,6	29	22	15	9
2,8	36	27	20	14

6. Discussie

6.1. Het model

In tegenstelling tot andere sectoren in de landbouw vindt in de melkveehouderij zowel dierlijke als plantaardige produktie plaats. De verbindende schakels tussen beiden worden gevormd door dierlijke mest en ruwvoer. Daarbij is geen sprake van een gesloten systeem; immers naast de aankoop van bijvoorbeeld kunstmest is aankoop en/of verkoop van (ruw)-voeders en organische mest mogelijk. Mede door dit slechts gedeeltelijk grondgebonden karakter verschillen melkveebedrijven sterk in produktieomstandigheden, bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering. Deze verschillen hebben invloed op de mineralenstromen en -verliezen, zeker voor een mobiel element als N. Om een uitspraak te kunnen doen over de invloed van verschillen in opzet en beheer van melkveebedrijven op het toelaatbare N-overschot, is een model ontwikkeld waarmee het mogelijk is voor zeer uiteenlopende vormen van melkveehouderij het produktieproces te beschrijven en de gevolgen daarvan voor het toelaatbare N-overschot te kwantificeren.
Het model dat voor de berekeningen is gebruikt, is opgesteld op basis van resultaten van onderzoek op goed ontwaterde zandgronden. Het heeft waarschijnlijk maar een beperkte geldigheid voor andere omstandigheden. Verder is het vooral een model dat N-stromen en -verliezen beschrijft; informatie over P en K is veel beperkter en betreft voornamelijk normgetallen die in het model nog niet door veranderingen in bemesting met P, K en N worden beïnvloed. Het model biedt daardoor nog geen mogelijkheden om naar specifieke strategieën voor oplossing van de P-problematiek te kijken.
In het model zitten ook nog geen lange-termijneffecten van lagere bemestingsniveaus en aangepaste vormen van bedrijfsvoering (o.a. grondgebruik, wisselbouw tussen gras en maïs). Deze beïnvloeden de organische-stofhuishouding en de N- en P-huishouding in de bodem en daardoor op langere termijn de N- en P-levering door de bodem (naar gewassen en grond- en oppervlaktewater).
De hoogte van de nitraat- en ammoniakdoelstelling beïnvloedt het toelaatbare N-overschot in sterke mate. We hebben toelaatbare verliezen per ha aangenomen (§ 2.3) en de berekende streefwaarden voor het N-overschot gelden slechts voor deze waarden. Het model biedt echter de mogelijkheid om voor andere doelstellingen dezelfde berekeningen te maken (Fig. 8, 9 en 10).

6.2. Nitraat-emissies in de melkveehouderij en strategieën om deze te beperken

In de berekeningen van het toelaatbare N-overschot hebben we moeten kwantificeren welke emissiebeperkende maatregelen voor de verschillende bedrijfstypen genomen moeten worden om aan de milieudoelstellingen te voldoen.

Daarbij hebben we een logische volgorde proberen aan te houden die als volgt kan worden samengevat:

1. Gangbaar N-niveau (economisch optimaal) en een goede bedrijfsvoering met toepassing van de bemestingsadviezen en veevoedingsnormen echter met voldoende mestopslag om alle mest in het voorjaar en de zomer toe te dienen waarbij emissie-arme toedienings-methoden worden toegepast (Tabel 8).
2. Maatregelen als onder 1, maar met verlaging van de N-gift tot aan de nitraat- en ammoniakdoelstelling wordt voldaan (Tabel 9).
3. Maatregelen als onder 1, plus emissiebeperking van 50 % uit de stal en vermindering van de N-gift tot aan de nitraat- en ammoniakdoelstelling wordt voldaan (Tabel 10).

Wat betreft de P-doelstelling is onder 2 en 3 het gebruik van kunstmest-P verminderd en als dat niet voldoende is wordt mest afgevoerd. De effecten van bedrijfsvarianten en andere milieudoelstellingen zijn bij de niveaus 2 of 3 bekeken. Het is belangrijk om daar rekening mee te houden, want bij niveau 1 zouden ze mogelijk een groter absoluut effect op emissies hebben.

6.3. Nitraatuitspoeling

Uit de resultaten van de berekeningen kan de algemene conclusie worden getrokken dat het N-verlies door nitraatuitspoeling behalve van de grondwatertrap vooral afhankelijk is van de intensiteit waarmee een perceel wordt beweid en bemest. Kenmerkende aspecten hiervan zijn het aantal koeweidedagen (afhankelijk van de wijze van graslandgebruik en van de veebezetting) en de hoogte van de N-gift (uit drijfmest en kunstmest). De N die tijdens beweiding in urine wordt uitgescheiden vormt een belangrijke bron van N-verlies. Bij beweiding wordt N uit het gewas door de dieren opgenomen, en voor een belangrijk deel in geconcentreerde vorm, onregelmatig verdeeld, teruggebracht op het veld. Hierdoor ontstaan plaatselijk hoge concentraties aan N in de bodem die tot grote N-verliezen door ammoniakvervluchtiging en vooral nitraatuitspoeling kunnen leiden. Verlaging van de N-gift op grasland en beperking van de beweidingsduur, vooral in de tweede helft van het groeiseizoen, zijn goede maatregelen om het N-verlies door nitraatuitspoeling te verminderen (Tabellen 8 en 9). Verlaging van de N-gift werkt daarbij van twee kanten, namelijk enerzijds door verlaging van het N-gehalte in het gras en van de N-uitscheiding in urine en anderzijds door verruiming van de capaciteit van het gras om urine-N op te nemen. Vermindering van de N-uitscheiding door het vee door maïs in het rantsoen op te nemen, is door de grote nitraatuitspoeling bij de conventionele teeltwijze van dit gewas geen effectieve maatregel om de nitraatuitspoeling op bedrijfsniveau of regionaal niveau te verminderen (Tabellen 11a, 11b, 12a en 12b). Alleen bij een sterke vermindering van de nitraatuitspoeling uit maïsland (Fig. 4) zal dit gewas een rol kunnen spelen bij vermindering van N-emissies.

6.4. Ammoniakvervluchtiging

Bij hoge veebezettingen is de hoogte van de ammoniakvervluchtiging vaak meer beperkend dan de nitraatuitspoeling. De hoogte van de ammoniakvervluchtiging wordt bepaald door de produktie van N in mest en urine (afhankelijk van veebezetting en rantsoensamenstelling) en de methode van mestbehandeling en toediening van de dierlijke mest. Hoewel de wijze van graslandgebruik enige invloed heeft, betreft het voornamelijk verschillen in de bron waaruit het verlies optreedt. Zo vindt bij onbeperkt weiden de ammoniakvervluchtiging voor een aan-

zienlijk deel plaats vanuit de weidemest, terwijl bij beperking van de beweidingsduur de afname van de ammoniakvervluchtiging uit de weidemest wordt teniet gedaan door een toename van de emissie uit de stal, de mestopslag en bij toediening van de mest (Fig. 8a en 8b). Door emissiebeperkende maatregelen te nemen, kan de ammoniakvervluchtiging vanuit de stal worden teruggedrongen. Hiervoor is een cijfer aangenomen van 50 % (Van den Ham & Van der Hoek, 1990). Uit de berekeningen blijkt dat hierdoor meer ruimte ontstaat voor bedrijven met een hogere veebezetting. De verminderde behoefte aan kunstmest-N ten gevolge van maatregelen ter beperking van de emissie van ammoniak uit de stal wordt door het model waarschijnlijk enigszins onderschat. Dit gezien het feit dat in het model wordt gerekend met een vaste (procentuele) verdeling van de N in de organische mest over de fracties Nm (50 %), Ne (25 %) en Nr (25 %). Hierdoor wordt de ophoping van N (Nr-fractie) overschat. Anderzijds wordt de hoeveelheid voor het gewas opneembare N onderschat (Nm-fractie) hetgeen een overschatting van de benodigde hoeveelheid kunstmest, en hiermee van het toelaatbare N-overschot tot gevolg heeft.
Hoe hoog de ammoniakemissie onder de milieudoelstellingen mag bedragen is niet exact bekend. In de milieudoelstellingen is sprake van een nationale doelstelling van 50-70 % reductie van de ammoniakemissie ten opzichte van het niveau van 1980. Hiervoor wordt geen nadere invulling naar hectare-niveau gegeven. De vraag of elk individueel bedrijf een reductie dient te realiseren van 50-70 % van de ammoniakemissie of dat deze emissie gebonden is aan een maximum hoeveelheid per hectare is derhalve niet beantwoord. Om toch een uitspraak te kunnen doen omtrent de gevolgen van deze milieudoelstelling is gerekend met een drietal maximum niveaus van ammoniakemissie: 50, 40 en 30 kg N per ha. Uit Fig. 9 blijkt dat indien de ammoniakdoelstelling op 40 kg N per ha of lager wordt gesteld, de ammoniakemissie bij bijna alle veebezettingen de meest beperkende factor is.

6.5. P-overschot

De hoogte van het P-overschot blijkt vooral afhankelijk van de hoeveelheid P die wordt gegeven in de vorm van kunstmest en de hoeveelheid die aangevoerd wordt in aangekocht ruw- en krachtvoer. Indien P-bemesting wordt beschouwd als een voorraadbemesting, is een reductie van de gift kunstmest-P de meest eenvoudige manier om verlaging van het P-overschot te realiseren. Bij een hoge veebezetting is echter de aanvoer van P via ruwvoer, krachtvoer en depositie groter dan de afvoer via melk en vlees. In dergelijke situaties zal mestafvoer noodzakelijk zijn om het P-overschot te reduceren. Afhankelijk van de hoogte van het toelaatbare P-overschot kan dit leiden tot de noodzaak aanzienlijke hoeveelheden drijfmest af te voeren (zie Tabel 18). Omdat hiermee ook N van het bedrijf verdwijnt, mag meer N in de vorm van kunstmest worden aangevoerd. Op dit punt wordt de interne kringloop van N op het bedrijf als het ware verder geopend om de doelstelling met betrekking tot P te kunnen realiseren.
Met betrekking tot het P-overschot kan worden opgemerkt dat evenwichtsbemesting (geen of een klein overschot per hectare) zonder afvoer van drijfmest uitsluitend te realiseren is indien geen of weinig P in de vorm van kunstmest wordt toegediend en de voeraankopen beperkt blijven of voer wordt aangekocht met een laag P-gehalte. Bij een hogere veebezetting dan ongeveer 2 melkkoeien + bijbehorend jongvee per ha (Tabel 10) is de aankoop van voedermiddelen (krachtvoer + ruwvoer) dusdanig dat afvoer van drijfmest nodig is om de P-balans in evenwicht te brengen. In de milieudoelstellingen wordt met betrekking tot P gesproken van evenwichtsbemesting plus enige 'onvermijdelijke en voor het milieu aanvaardbare verliezen'. De invulling die aan de term 'onvermijdelijke verliezen' wordt gegeven beïnvloedt de veebezetting waarbij en de hoeveelheid drijfmest die zal moeten worden afgevoerd. Opgemerkt

moet worden dat het model nog te weinig informatie over P-stromen bevat om na te gaan in hoeverre het mogelijk is door tactische aanpassingen van de bedrijfsvoering het P-overschot bij hogere veebezettingen meer te beperken.
Bij de berekeningen wordt uitgegaan van de veronderstelling dat een daling van de P-bemesting ten opzichte van de adviesgift mogelijk is zonder nadelige consequenties voor de grasopbrengst, zolang niet meer P aan de bodem wordt onttrokken dan eraan wordt toegevoegd. Het is niet duidelijk of dit ook in werkelijkheid het geval zal zijn. Met name tijdens beweiding vindt een ongelijkmatige verdeling van P plaats in de vorm van faeces en urine. Zonder aanvullende maatregelen betekent dit dat slechts op bedrijfsniveau sprake is van evenwichtsbemesting, maar tussen percelen of binnen een perceel niet. Evenwichtsbemesting zal om een nauwkeurige planning en uitvoering van het management op zowel bedrijfs- als perceelsniveau vragen.

6.6. Invloed van de veebezetting op het toelaatbare N-overschot

Bij de verkenningen van de hoogte van het toelaatbare N-overschot van melkveebedrijven is de veebezeting als belangrijksste bedrijfsvariabele genomen. Hierdoor zijn de berekeningen zowel voor bedrijven met een ruwvoeroverschot als een ruwvoertekort uitgevoerd. Bij bedrijven met een lage veebezetting wordt in de berekeningen zoveel N gebruikt als door de milieudoelstellingen (in deze situatie meestal de nitraatdoelstelling) wordt toegelaten. Het eventuele ruwvoeroverschot wordt van het bedrijf afgevoerd en de N in dit overschot wordt op de N-balans van het bedrijf bij de afvoer in produkten gerekend, waardoor het N-overschot vermindert. Bij aankoop van voer neemt de totale N-aanvoer op het bedrijf toe doordat de N-aanvoer in het voer groter is dan de besparing op kunstmest-N die het gevolg is van de toegenomen hoeveelheid N in de geproduceerde mest.
Afzet en aanvoer van voer beïnvloeden het toelaatbare N-overschot van melkveebedrijven dus doordat de N in het voer op de N-balans wordt meegnomen, maar ook doordat de verliezen die bij de produktie of benutting van het voer optreden voor een deel ook verplaatst worden. Hierbij dient er rekening mee gehouden te worden dat N-verliezen door nitraatuitspoeling vooral optreden op de plaats waar het voer geproduceerd wordt en N-verliezen door ammoniakvervluchtiging vooral op de plaats waar het voer wordt geconsumeerd. Dit verklaart in belangrijke mate dat het toelaatbare N-overschot van een bedrijf op basis van de nitraatdoelstelling toeneemt bij stijgende veebezetting (Fig. 5a) en op basis van de ammoniakdoelstelling afneemt (Fig. 5b). Bij aankoop van voer vindt dus maar een gedeeltelijke afwenteling van nutriëntenverliezen plaats, namelijk alleen van de verliezen die optreden bij de produktie van het voer. De verliezen die optreden bij de consumptie van voer, dus de verliezen uit dierlijke mest (ammoniakvervluchtiging en P-accumulatie) vinden plaats op het bedrijf dat het voer aankoopt. Grote voeraankopen vormen een probleem door de nutriëntenverliezen die samengaan met de consumptie van het voer en veel minder door afwenteling van verliezen bij de teelt.

6.7. Factoren die de hoogte van het toelaatbare N-overschot beïnvloeden

Er is reeds op gewezen dat melkveebedrijven zowel voor de nitraatuitspoelingsdoelstelling als voor de ammoniakvervluchtigingsdoelstelling een toelaatbaar N-overschot hebben. In Hoofdstuk 4 is dit inzichtelijk gemaakt door voor een bepaalde bedrijfsopzet zowel een zogenaamde 'nitraatlijn' als een 'ammoniaklijn' te berekenen. De 'nitraatlijn' geeft voor die bedrijfsopzet het verband weer tussen de veebezetting en het toelaatbare N-overschot op basis van de nitraatdoelstelling en de 'ammoniaklijn' geeft deze relatie weer op basis van de ammoniakdoelstelling (Fig. 5a en 5b). Vergelijking van deze lijnen leert dat voor een bepaald bedrijf beide waarden van het toelaatbare N-overschot sterk kunnen verschillen.
In Hoofdstuk 5 is onderzocht in welke mate verschillende factoren de ligging van de 'nitraatlijn' en de 'ammoniaklijn' beïnvloeden. De resultaten van deze verkenningen zijn samengevat in Tabel 19.

Tabel 19 Overzicht van de invloed van enkele factoren op de ligging van de 'nitraatlijn' en de 'ammoniaklijn'

Factor	'Nitraat-lijn'	'Ammoniak-lijn'	Verwijzing
NH_3-doelstelling	0	++	Figuur 9
NH_3-doelstelling	++	0	Figuur 8
P-doelstelling	+	0-+	Figuur 5 en 10
beperking NH_3-emissie stal	0	++	Figuur 8a
% snijmaïs in bedrijfsoppervlakte	++	+	Tabel 11
wintergewas na snijmaïs	+	0	Figuur 10
methode mesttoediening	0	++	Tabel 8
veebezetting	++	++	Figuur 5
wijze graslandgebruik	+	+	Figuur 6
jongvee per koe (= veebezetting)	++	++	Tabel 15
melkproduktie per koe	+	+	Tabel 14
grondwatertrap	++	0	Figuur 8

legenda: 0 = geen invloed + = beperkte invloed ++ = grote invloed

Tabel 19 geeft aan dat de scherpte van de milieudoelstellingen (toelaatbare emissies) een groot effect heeft op het toelaatbare N-overschot. Verder wordt de ligging van de 'nitraatlijn' en de 'ammoniaklijn' bepaald door de 'normale' nitraat- en ammoniakverliezen die bij een bepaalde bedrijfsvoering horen en de strategie die gekozen wordt om deze verliezen te beperken. Die kan inhouden dat specifieke emissiebeperkende maatregelen worden genomen (b.v. emissiearme mesttoediening) of dat de N-aanvoer in kunstmest (en eventueel via aangekocht voer) wordt verminderd. Als gekozen wordt voor specifieke emissiebeperkende maatregelen zal het toelaatbare N-overschot hoger zijn bij indirecte beïnvloeding door vermindering van de N-aanvoer. Afweging van kosten en opbrengstderving speelt een rol bij de keuze tussen deze mogelijkheden. De momenteel bestaande regelgeving op het gebied van het gebruik van dierlijke mest (dosering, tijdstip en techniek van toediening) vormt in dit opzicht een goede basis voor alle melkveebedrijven en kan aangevuld worden met meer bedrijfsspecifieke maatregelen.

6.8. Mogelijkheden om het systeem van 'streefwaarden' te gebruiken

Tabel 19 en de daaraan ten grondslag liggende uitkomsten van berekeningen geven aan dat het waarschijnlijk niet raadzaam is voor alle melkveebedrijven één of enkele waarden voor het toelaatbare N-overschot voor te schrijven. Melkveebedrijven verschillen sterk in structuur, produktieomstandigheden en bedrijfsvoering en veel van de betreffende factoren beïnvloeden het toelaatbare N-overschot.
Uit § 5.4 blijkt dat bedrijven met een laag N-overschot niet noodzakelijkwijs de beste milieuprestaties leveren. Door bijvoorbeeld snijmaïs in het bouwplan op te nemen, kan het gebruik van kunstmest-N sterk verminderen en daalt het N-overschot. Echter door de grote N-verliezen door nitraatuitspoeling die de gangbare teelt van snijmaïs kenmerken, daalt het toelaatbare N-overschot van het bedrijf ook sterk.
Met het ontwikkelde model is voor een melkveebedrijf op zandgrond te berekenen hoe hoog de N-verliezen zijn bij de huidige bedrijfsvoering en welke aanpassingen nodig zijn om te voldoen aan milieu-eisen met betrekking tot nitraatuitspoeling, ammoniakvervluchtiging en P-overschot. Ook kan worden berekend bij welk N-overschot aan die eisen wordt voldaan.
Het model kan derhalve een nuttig hulpmiddel zijn bij de evaluatie van de milieuprestaties van een bedrijf en bij de planning van bedrijfsaanpassingen aan milieu-eisen.

Literatuur

Aarts, H.F.M., E.E. Biewinga, G. Bruin, B. Edel & H. Korevaar, 1988.
Melkveehouderij en milieu, Verslag nr. 79, CABO, Wageningen, 136 pp.

Aarts, H.F.M. & N. Middelkoop, 1990.
De invloed van bodemeigenschappen en bemesting, op de opbrengst van maïs en de emissies van ammoniak en nitraat. Verslag nr. 131, CABO, Wageningen, 55 pp.

Anonymus, 1987.
Notitie Tussentijdse Evaluatie Verzuringsbeleid. Ministerie van VROM, Den Haag, 324 pp.

Anonymus, 1987-2.
Adviesbasis voor bemesting van grasland en Voedergewassen. Consulentschap in Algemene Dienst voor Bodem- Water en Bemestingszaken in de Veehouderij, Wageningen

Anonymus, 1990.
65e Beschrijvende rassenlijst voor Landbouwgewassen 1990. Leiter Nijpels Maatstricht.

Biewinga, E.E., H.F.M Aarts & R.A. Donker, 1992.
Melkveehouderij bij stringente milieunormen; Bedrijfs- en onderzoeksplan van het proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu. Rapport nr. 1, 284 pp.

Boumans, L.J.M., C.R Meinardi & G.J.W. Krajenbrink, 1989.
Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. RIVM rapport nr. 724903002, RIVM, Bilthoven.

Bussink, D.W., 1989.
Ammoniakemissionen bei Weidehaltung. In: Ammoniak in der Umwelt: Kreislaufe, Wirkungen, Minderung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt/Verein Deutscher Ingenieure, Dusseldorf.

Corré, W.J. & C.A.M. de Klein, 1990.
Stikstofverlies en milieubelasting door denitrificatie in de bovengrond van grasland. In: A. Breewsma en H.A.C. Verkerk (eds.): Milieueffecten van nitraat en fosfaat uit dierlijke mest: problemen en oplossingen. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, 27-33.

Daatselaar, C.H.G., D.W. de Hoop, H. Prins & B.W. Zaalmink, 1990.
Bedrijfsvergelijkend onderzoek naar de benutting van mineralen op melkveebedrijven. LEI-onderzoeksverslag nr. 61, Den Haag, 89 pp.

Dijk, T.A. van, 1985.
De uitspoeling van mineralen op bouwland waaraan jaarlijks drijfmest wordt toegediend. IB-rapport 2-85, IB, Haren, 61 pp.

Goossensen, F.R. & P.C. Meeuwissen (eds), 1990.
Advies van de commissie stikstof. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 9. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, Ede, 93 pp. + bijlagen.

Ham, A. van den & K.W. van der Hoek, 1990.
Effecten van milieumaatregelen voor melkveebedrijven, IKC publikatie nr. 15, 80 pp.

Kemp, A., O.J. Hemkes & T. van Steenbergen, 1979.
The crude protein production of grassland and the utilization of milking cows. Netherlands Journal of Agricultural Science 27: 36-47.

Korevaar, H., 1990.
Overzicht van mestbenuttingsmogelijkheden. In: Praktijkonderzoek: mestbenutting op grasland. PR Lelystad, Jaargang 3, nr. 3: 23-26.

Kroodsma, W. & J.W.H. Huis in 't Veld, 1989.
Ammoniakemissiemeting aan oppervlaktebronnen in een natuurlijk geventileerde ligboxenstal m.b.v. een Lindvalldoos. Nota 372, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG), Wageningen, 42 pp.

L&V, 1989.
Ministerie van Landbouw en Visserij. *Minder en Beter in de veevoeding.* Informatiebundel voor de voorlichting.

LNV, 1989.
Ministerie van Lanbouw, Natuurbeheer en Visserij. *Structuurnota Landbouw.* Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21148, nrs. 2-3. 's Gravenhage.

L&V en VROM, 1988.
Basis voor mestregelgeving in grondwaterbeschermingsgebieden. Rapport van de werkgroep Diffuse Verontreiniging, DGM/IPO/VNG-overleg.

LNV en VROM, 1990.
Ministeries van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. *Plan van aanpak beperking ammoniak-emissie van de landbouw.* Tweede kamer, vergaderjaar 1990-1991, 18225, nr. 42. 's Gravenhage.

Meer, H.G. van der, 1987.
Mogelijkheden tot verbetering van de benutting van stikstof op grasland. Jaarverslag 1986, CABO, Wageningen, 34-41.

Meer, H.G. van der & P.C. Meeuwissen, 1989.
Emissie van stikstof uit landbouwgronden in relatie tot bemesting en bedrijfsvoering. Landschap 1, 19-32.

Meer, H.G. van der & M.G. van Uum - van Lohuyzen, 1989.
Benutting en verliezen van stikstof uit de urine en mest van weidend vee. Gebundelde Verslagen Nederlandse Vereniging voor Weide- en Voederbouw nr. 30, 65-79.

Meer, H.G. van der, 1991.
Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maïsland. Stand van zaken in het onderzoek naar de stikstofproblematiek van gras- en maïsland, DLO Wageningen, 134 pp.

Middelkoop, N., 1989.
Effecten van mest en urine op de produktiviteit van grasland. Doctoraal verslag vakgroep Landbouwplantenteelt en Graslandkunde, Landbouwuniversiteit Wageningen, 63 pp.

Middelkoop, N. & H.F.M. Aarts, 1991.
De invloed van bodemeigenschappen, bemesting en gebruik op de opbrengst en de stikstofemissies van grasland op zandgrond. Verslag 144, CABO, Wageningen, 78 pp.

Monteney, G.J., 1991.
Stand van zaken onderzoek vermindering NH_3-emissie: perspectieven voor de toekomst. In: H.A.C. Verkerk (ed.) Mest en milieu in 2000, visie vanuit het landbouwkundig onderzoek. Onderzoek inzake de mest en ammoniakproblematiek in de veehouderij 13, Veenendaal, 91-113.

Neeteson, J.J., 1991.
Mogelijkheden voor het gebruik van dierlijke mest in de akkerbouw, rekening houdend met milieudoelstelling. In: Verkerk, H.A.C. (ed.) Mest en milieu in 2000, visie vanuit het landbouwkundig onderzoek. Onderzoek inzake de mest en ammonialproblematiek in de veehouderij 13, Veenendaal, pp 91-113.

Oosterom, H.P., 1983.
Invloed van diverse factoren bij zandgronden op nitraatuitspoeling en verplaatsing in het grondwater. Nota 1490, ICW, Wageningen, 54 pp.

Pelser, L. (ed), 1988.
Handboek voor de rundveehouderij, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), Lelystad, 376 pp.

Prins, W.H., 1983.
Limits to nitrogen fertilizer on grassland, Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen, 122 pp.

Remmelink, G.J., 1990.
Grasproduktie en benutting bij de beweidingssystemen O4 en B4. Rapport 114, PR, Lelystad, 57 pp.

Schröder, J., 1985.
De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaltieit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheze (zandgrond) 1974-1982. PAGV-verslag nr. 32. PAGV, Lelystad.

Sibma, L. & Th. Alberda, 1980.
The effect of cutting frequency and nitrogen fertilization on dry matter production, nitrogen uptake and herbage nitrate content. Netherlands Journal of Agricultural Science 28: 243-251.

Steenbergen, T. van, 1977.
De invloed van grond en jaar op het effect van stikstofbemesting op de grasland-opbrengst. Stikstof 85: 9-15.

Steenvoorden, J.H.A.M. van, 1988.
Vermindering van stikstofverliezen naar grond- en oppervlaktewater. ICW nota 1849, ICW, Wageningen. 27 pp.

Ven, G.W.J. van de, 1990.
Optimalisering van ruwvoederproduktie en gebruik van dierlijke mest in relatie tot milieueisen. In: A. Breeuwsma en H.A.C. Verkerk (eds.): Milieueffecten van nitraat en fosfaat uit dierlijke mest: problemen en oplossingen. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, pp 9-24.

Ven, G.W.J. van de, 1992.
GRASMOD, a grassland management model to calculate nitrogen losses from grassland. Report no. 158, CABO, Wageningen, 109 pp.

Vertregt, N. & B. Rutgers, 1988.
Ammonia volatilization from grazed pastures. Report 84, CABO, Wageningen, 37 pp.

Wieling, H., A.H. Koops, L.E.M. Rompelberg & S. de Jong, 1977.
Normen voor de Voedervoorziening, Proefstation voor de Rundveehouderij (PR), rapport nr. 57. 56 pp. + bijlagen.

Winkel, K. de, 1988.
Ammoniak-emissiefactoren voor de veehouderij. Publikatiereeks Lucht, 76.

Wouters, A.P, A.H.J. van der Putten & J.H.A.M. Steenvoorden, 1993.
Invloed van beregening op de produktie en stikstofhuishouding van grasland; Resultaten van onderzoek uitgevoerd in de periode 1982-1984 op ROC Heino. Gebundelde verslagen Nederlands Vereniging voor Weide en Voederbouw nr 33: 60 - 83