

# **Monitoring van nationale ammoniakemissies uit de landbouw**

**Op weg naar een verbeterde rekenmethodiek**

**J.H.A.M. Steenvoorden, W.J. Bruins, M.M. van Eerd, M.W. Hoogeveen,  
N. Hoogervorst, J. F.M. Huijsmans, H. Leneman, H.G. van der Meer,  
G.J. Monteny, F.J. de Ruijter**

**Reeks Milieuplanbureau 6**

**DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1999**

## REFERAAT

Steenvoorden, J.H.A.M., W.J. Bruins, M.M. van Eerdt, M.W. Hoogeveen, N. Hoogervorst, J.F.M. Huijsmans, H. Leneman, H.G. van der Meer, G.J. Monteny, F.J. de Ruijter, 1999. *Monitoring van nationale ammoniakemissies uit de landbouw; Op weg naar een verbeterde rekenmethodiek*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Reeks Milieuplanbureau 6. 142 blz. 4 fig.; 21 tab.; 153 ref.

De huidige rekenmethodiek voor het berekenen van de nationale ammoniakemissies uit landbouwkundige bronnen is aan een kritische analyse onderworpen. Aanleiding hiervoor was het grote verschil tussen de op directe wijze berekende ammoniakemissie uit de verschillende landbouwbronnen en de op indirecte wijze berekende emissie, afgeleid uit concentratiemetingen van ammoniak in lucht. De ammoniakemissies van de volgende bronnen zijn behandeld: de N-excretie van diergroepen, stal en buitenopslag van mest, mesttoediening op het land, kunstmest, beweiding en gewassen. Daarnaast is aandacht besteed aan de mestlogistiek, die van belang is voor de verdeling van geproduceerde mest over het bedrijf, binnen de regio en naar andere delen van Nederland. Aanbevelingen zijn gedaan voor de aanpassing van de huidige rekenmethodiek op de korte termijn en voor onderzoek dat na een aantal jaren moet leiden tot een structurele verbetering van de rekenmethodiek.

Trefwoorden: ammoniakemissie, landbouw, dierlijke mest, mesttoediening, stal, mestopslag, beweiding, kunstmest, mesttransport, gewas

© 1999 DLO Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO),  
Postbus 125, NL-6700 AC Wageningen.  
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: [postkamer@sc.dlo.nl](mailto:postkamer@sc.dlo.nl)

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

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

## Inhoud

Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Doelstelling	14
1.3 Leeswijzer	14
Referenties	17
2 N-excretie per diersoort	19
2.1 Huidige berekeningsmethode	19
2.2 Mogelijke verbeteringen en alternatieven	20
2.2.1 Nationaal	20
2.2.1.1 Balansmodel per dier	20
2.2.1.2 Verkleinen statistische marges	21
2.2.1.3 Herziening aannamen ruwvoederverbruik en voederverdeling rundvee	23
2.2.1.4 Onderscheid stal en weide bij grazend vee	25
2.2.1.5 Doeltreffendheid N-totaal voor ammoniakemissieberekeningen.	25
2.2.2 Regionaal	30
2.2.2.1 Meer detail op regionaal niveau	30
2.2.2.2 Aggregatie mestsoorten	31
2.2.2.3 Verkleinen statistische marges	32
2.2.3 Effecten op ammoniakemissie	33
2.2.3.1 Inleiding	33
2.2.3.2 Kwantificering effecten	34
2.3 Aanbevelingen	35
2.3.1 Nationaal	35
2.3.2 Regionaal	36
Referenties	39
3 Stal en buitenopslag	43
3.1 Stallen	43
3.1.1 Ammoniakemissies in huidige rekenmethodiek	43
3.1.2 Vergelijken huidige rekenmethodiek met onderzoekgegevens	44
3.1.2.1 Melkvee	45
3.1.2.2 Varkens	46
3.1.2.3 Pluimvee	48
3.1.3 Aanbevelingen stalemissies	49
3.2 Mestopslag buiten de stal	53
3.2.1 Ammoniakemissies in huidige rekenmethodiek	53
3.2.2 Evaluatie huidige rekenmethodiek	53

3.2.3	Aanbevelingen mestopslag	53
	Referenties	55
Aanhangsel 3.1	Overzicht proeven melkvee	59
Aanhangsel 3.2	Overzicht proeven vleesvarkens.	61
Aanhangsel 3.3	Overzicht ammoniakemissies van enkele emissie-arme systemen voor varkens	63
4	Mesttoediening	65
4.1	Huidige rekenmethodiek	65
4.2	Analyse huidige rekenmethodiek	65
4.2.1	Vervluchtigingspercentages	65
4.2.2	Penetratiegraden per brontype	69
4.3	Aanbevelingen	70
	Referenties	73
Aanhangsel 4.1	Stand van zaken procesmodellen voor ammoniakemissies bij mesttoediening	75
5	Beweiding	77
5.1	Huidige rekenmethodiek	77
5.2	Analyse huidige rekenmethodiek	77
5.3	Aanbevelingen	83
	Referenties	85
Aanhangsel 5.1	Effect van grondsoort op het vervluchtigingspercentage	87
6	Gewasemissie	89
6.1	Aanbevelingen	91
	Referenties	93
7	Mestlogistiek	94
7.1	Huidige methodiek	94
7.1.1	Inleiding	94
7.1.2	Mineralenoverschotten op bedrijfsniveau	94
7.1.3	Afzet van mestoverschotten	96
7.1.3.1	Modelopzet	97
7.1.3.2	Invulling coëfficiënten van het lp-model.	98
7.2	Analyse huidige rekenmethodiek	101
7.2.1	Algemeen	102
7.2.2	Gedrag op bedrijfsniveau	104
7.2.3	Lineaire programmering	106
7.2.4	Input voor lineaire programmering	107
7.3	Aanbevelingen	108

Referenties	111
Aanhangsel 7.1 N/P-Verhouding per mestsoort	113
<b>8 Bemesting op bedrijfsniveau</b>	<b>115</b>
8.1 Huidige rekenmethodiek	115
8.1.1 Bemesting met dierlijke mest	115
8.1.2 Bemesting met kunstmest	116
8.1.2.1 Inleiding	116
8.1.2.2 Principes en uitgangspunten	116
8.1.2.3 Bemestingsadviezen	117
8.1.2.4 IJken van de kunstmestgiften	119
8.1.2.5 Emissies uit kunstmest naar de lucht	121
8.2 Analyse huidige rekenmethodiek	121
8.2.1 Bemesting met dierlijke mest	121
8.2.2 Bemesting met kunstmest	122
8.2.3 Bemestingsadviezen	122
8.2.4 Ammoniakemissie uit kunstmest	123
8.2.5 IJking met kunstmeststatistieken	124
8.3 Aanbevelingen	125
Referenties	127
<b>9 Conclusies en aanbevelingen voor aanpassing rekenmethodiek</b>	<b>129</b>
9.1 Inleiding	129
9.2 Beoordeling voorstellen in het licht van implementatie	129
9.2.1 Excreties	129
9.2.2 Stal en buitenopslag	132
9.2.3 Mesttoediening	133
9.2.4 Beweiding	134
9.2.5 Gewasemissies	134
9.2.6 Mestlogistiek	134
9.2.7 Bemesting op bedrijfsniveau	135
9.2.8 Overige verbeteringen	136
9.3 Conclusies	136
9.4 Aanbevelingen	137
9.4.1 Verbeteringen in 1999	137
9.4.2 Verbeteringen in 2000	137
9.4.3 Behoeftte aan aanvullend onderzoek	138
9.4.4 Behoeftte aan extra dataverzameling	139
9.4.5 Aanbevelingen met een lage prioriteit	139
Aanhangsel 9.1 Lijst van verschenen rapporten in de Reeks Milieuplanbureau	141

## Woord vooraf

In het kader van de Wet Milieubeheer berust de Milieuplanbureau (MPB)-functie bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Een belangrijke activiteit van het MPB bestaat uit het uitbrengen van de Milieubalans (jaarlijks) en de Milieuverkenningen (éénmaal per 4 jaar). De Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) stelt haar bijdragen ter beschikking van de MPB-functie in de vorm van:

- analyses op deelterreinen van het milieubeleid voor het landelijk gebied;
- het ontwikkelen van nieuwe of het verbeteren van bestaande modellen en gegevensbestanden voor het landelijk gebied;
- het op niveau houden van de DLO-expertise en de kwaliteitsborging ervan.

Aan deze samenwerking tussen het RIVM en DLO is vorm gegeven door het afsluiten van een Convenant in 1996 en de oprichting van het DLO-programma 'Kennisonwikkeling voor de Milieuplanbureau-functie'. Binnen dit programma vindt, vanuit de kennisbehoefte op landelijk en regionaal niveau, verdere kennisontwikkeling en –operationalisering plaats voor de Milieuplanbureau-functie en milieubeleidsvraagstukken van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Het onderzoek binnen dit programma wordt deels meegefinancierd door het RIVM.

In dit rapport wordt verslag gedaan van een kritische analyse van het huidige instrumentarium voor de monitoring van nationale ammoniakemissies uit landbouwbronnen, dat gebruikt wordt voor de Emissie Jaarrapportage (EJR) van het Ministerie van VROM en de MB. Het project is uitgevoerd door medewerkers van AB-DLO, IMAG-DLO, LEI-DLO, SC-DLO, CBS, RIVM en IKC-L. In het projectteam waren eveneens opgenomen de secretarissen van de gevormde werkgroepen. De werkgroep rapportages zijn in het rapport opgenomen als hoofdstukken. Bijdragen aan de werkgroep rapportages zijn ook geleverd door medewerkers van andere instellingen. De inhoudelijke hoofdstukken zijn tot stand gekomen onder coordinatie van:

- Hoofdstuk 2: N-excretie per diersoort: M.M. van Eerdt en H.H. Luesink (CBS)
- Hoofdstuk 3: Stal en buitenopslag: G.J. Monteny (IMAG-DLO)
- Hoofdstuk 4: Mesttoediening: J.F.M. Huijsmans (IMAG-DLO)
- Hoofdstuk 5: Beweiding: F.J. de Ruijter en H.G. van der Meer (AB-DLO)
- Hoofdstuk 6: Gewassen: F.J. de Ruijter (AB-DLO)
- Hoofdstuk 7: Mestlogistiek: M.W. Hoogeveen (LEI-DLO)
- Hoofdstuk 8: Bemesting op bedrijfsniveau: H. Leneman (LEI-DLO)
- Hoofdstuk 9: Aanbevelingen en conclusies: N. Hoogervorst (RIVM).

Het project is geleid door J.H.A.M. Steenvoorden (SC-DLO). W.J. Bruins (IKC-L) heeft het project organisatorisch ondersteund en heeft aan diverse onderdelen inhoudelijke bijdragen geleverd. Dank is verschuldigd aan de vele personen van diverse instellingen die belangrijke informatie op onderdelen hebben geleverd voor de volgende hoofdstukken:

- Hoofdstuk 2 door: A. Bannink (ID-DLO), M.C.J. Smits (IMAG-DLO), en N. Verdoes (Proefstation Varkenshouderij);
- Hoofdstuk 3 door: A.J.A. Aarnink,, C.M. Groenestein, P.W.G. Groot Koerkamp, P.N.L. Lens en M.C.J. Smits (allen IMAG-DLO), N. Verdoes (Proefstation Varkenshouderij), A.J.H. van Lent (Proefstation Rundveehouderij);
- Hoofdstuk 4 door: D.W. Bussink (Nederlands Meststoffen Instituut);
- Hoofdstuk 5 door D.W. Bussink (Nederlands Meststoffen Instituut);
- Hoofdstuk 6 door: J.W. Erisman (ECN), J.A. van Jaarsveld (RIVM), D.W. Bussink (Nederlands Meststoffen Instituut) en L.J.M. van der Eerden (AB-DLO);
- Hoofdstuk 7 door: H.F.M. Aarts (AB-DLO), J. van Dijk (CUMELA Nederland), C.M. Munsters (MESTAC) en van LEI-DLO: B.W. Zaalmink, S.R.M. Janssens, J.F.M. Helming, H.H. Luesink en D.A. Oudendag;
- Hoofdstuk 8 zijn bijdragen geleverd door: H.F.M. Aarts (AB-DLO), K.W. van der Hoek (RIVM) en B.W. Zaalmink, D.A. Oudendag en S.R.M. Janssens (allen LEI-DLO).

Dr. A.N. van der Zande

Voorzitter DLO Stuurgroep Planbureau-onderzoek

## Samenvatting

In overleg met het RIVM heeft DLO besloten om de huidige berekeningswijze van de nationale ammoniakemissies uit landbouwkundige bronnen aan een kritische analyse te onderwerpen. De aanleiding hiervoor is de constatering in de (Achtergronden bij de) Milieubalans 1998, dat de hoogte en trend van de emissies, die op directe wijze worden berekend uit gegevens over de landbouwkundige bronnen en die op indirecte wijze worden berekend uit de ammoniakconcentraties in de lucht beduidend afwijken. Beide berekeningswijzen worden opnieuw bezien, maar in dit rapport worden alleen de analyseresultaten van de directe berekeningsmethode beschreven. Om na te gaan of de berekeningswijze kan worden verbeterd, is geïnventariseerd wat de meest recente gegevens, kennis en inzichten zijn over ammoniakvervluchtiging uit landbouwbronnen. Hiervoor is gebruik gemaakt van literatuurgegevens, meetgegevens (ook niet gepubliceerde) en inzichten van medewerkers bij diverse organisaties.

Van de door Nederlandse bronnen geëmitteerde ammoniak is volgens gegevens over het jaar 1996 ca. 90% afkomstig van landbouwkundige bronnen, zodat eventuele twijfel over de omvang van de ammoniakemissie vrijwel geheel voor rekening komt van landbouwbronnen. De bronnen die verantwoordelijk zijn voor de ammoniakemissies uit de landbouw zijn: veestallen, mestopslagen, toediening van dierlijke mest en kunstmest, beweiding. Relatief belangrijke bronnen zijn in volgorde: veestallen (ca. 66% van de landbouwbijdrage), mesttoediening (20%) en beweiden (11%). Ten aanzien van de totale bijdrage per diersoort scoort het melkvee hoog (48%), gevolgd door de vleesvarkens (21%). De omvang van de ammoniakverliezen per bron wordt mede bepaald door de behandeling van mest in voorgaande schakels van de keten: mestbehandeling in de stal, wijze van mestopslag en wijze en omvang van mest toedienen. Bovendien is informatie nodig over de N-excreties van de verschillende diersoorten zoals beïnvloed door voeding, over de uitgangspunten voor bemesting op bedrijfsniveau en de verdeling van meststoffen (incl. de mestoverschotten op bedrijfsniveau) over gewassen. Om de ammoniakemissie uit de landbouw efficiënt en reproduceerbaar te kunnen berekenen zijn de afgelopen tien jaar de Mest- en Ammoniakmodellen ontwikkeld. Het model wordt gevoed met en uitkomsten worden getoetst aan gegevensbestanden die verzameld en beheerd worden door diverse instellingen, zoals Bureau Heffingen, CBS en LEI-DLO. De analyse van de huidige berekeningsmethodiek heeft geleid tot een groot aantal aanbevelingen.

Een belangrijk probleem voor een accurate kwantificering is, dat de ammoniakemissie uit mest in de stal en op het land een dynamisch proces is, dat in sterke mate afhankelijk is van o.a. de mestsamenstelling en klimatologische factoren, zoals temperatuur, windsnelheid en hoeveelheid neerslag (voor mesttoediening) die allen zeer variabel zijn in de tijd en per lokatie. Bovendien is de omvang van de vervluchtiging afhankelijk van keuzen die de individuele boer maakt, zoals bijv. ten aanzien van het voergebruik (samenstelling, hoeveelheid) en mest uitrijden (hoeveel, wanneer, op welk gewas en op welke wijze). Voor een goede kwantificering van de ammoniakemissie zou met al deze factoren dus rekening moeten worden gehouden.



Op dit moment is dat niet mogelijk omdat ófwel dergelijke detailinformatie niet beschikbaar is ófwel onderzoek nog niet is afgerond. Op verschillende terreinen zijn aanbevelingen gedaan om te komen tot een grotere nauwkeurigheid van de emissieschattingen:

- Enkele aanbevelingen zijn erop gericht om de vervluchtigingspercentages (VP's) bij te stellen op grond van de nieuwste meetgegevens en deze waar mogelijk minder generiek (nu vast percentage op jaarbasis) te maken door bijv. meer rekening te houden met de invloed van het weer (VP per maand).
- Andere aanbevelingen hebben betrekking op het verfijnen van de berekeningsmethode door o.a. een verdere onderverdeling van diersoorten en een grotere regionale differentiatie ten aanzien van het voer (mineralengehalte in ruwvoer en in krachtvoer, de hoeveelheid ruwvoer per dier).
- Ook de invloed van de grondsoort op vervluchtigingspercentages verdient nadere studie.
- Omdat de bijdrage van melkvee aan de ammoniakemissie groot is, is het van belang om de nu gebruikte voedernormen voor melkvee en de wijze waarop de grasproductie wordt geschat bij te stellen.
- Kleinere correcties zijn mogelijk door de mestproductie van paarden en pony's ook mee te nemen in de berekeningen, rekening te houden met het gebruik van kunstmest buiten de landbouw, de acceptatie van dierlijke mest vast te stellen voor kleinere gebieden en de kosten van mesttransport en kunstmest jaarlijks te actualiseren.
- Aandacht is nodig voor de ammoniakemissie door gewassen, waarvoor tot nu toe geen bijdrage wordt meegenomen in de berekeningen. In de literatuur wordt een grote variatie gevonden, variërend van netto opname tot netto een kwantitatief belangrijke emissie.
- Het gedrag van boeren heeft op onderdelen een belangrijke invloed op de emissieschattingen, bijv. ten aanzien van de verdeling van mest over gewassen, de per keer toegediende hoeveelheid mest en de netheid waarmee mest ammoniakemissiearm wordt toegediend. Over deze aspecten ontbreekt informatie.

De aanbevelingen in dit rapport kunnen niet allen op korte termijn worden gerealiseerd, ten eerste omdat soms de beschikbare onderzoekscapaciteit daarvoor niet toereikend is en ten tweede omdat soms meer doorlooptijd nodig is om het onderzoek uit te voeren. De aanbevelingen zijn daarom onderverdeeld in verbeteringen die uitgevoerd zouden moeten worden in de periode vóórdát de emissieberekeningen plaatsvinden voor de Milieubalans en de Emissie Jaarrapportage van resp. 1999, 2000 en na 2000. Aparte aanbevelingen zijn geformuleerd voor de verzameling van praktijkgegevens. Prioriteiten zijn gesteld op basis van de ingeschatte verbeteringen van de berekende regionale en nationale emissies en de beschikbare onderzoekscapaciteit. Sommige voorstellen zullen naar verwachting nationaal of regionaal leiden tot een toename van de berekende ammoniakemissie, andere tot een vermindering. Van sommige voorstellen is niet duidelijk of de nationaal berekende emissies bij implementatie toe- of afnemen. Het saldo van de voorgestelde verbeteringen is daardoor op voorhand niet duidelijk en kan pas worden berekend als de nieuwe parameterwaarden zijn vastgesteld.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Monitoring van de milieuaspecten die samenhangen met de mest- en ammoniakproblematiek vindt plaats door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en het Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en wordt jaarlijks gerapporteerd via resp. de Emissiejaarrapportage (EJR) en de Milieubalans (MB). De rekenmethodiek voor ammoniakemissies is al langere tijd onderwerp van discussie als gevolg van het verschil tussen enerzijds de op directe wijze uit landbouwkundige bronnen berekende emissie en anderzijds de emissie die op indirecte wijze berekend is uit metingen van de ammoniakconcentratie in de buitenlucht. De op directe wijze berekende emissie ligt lager dan die berekend op basis van de concentratiemetingen in de lucht. Dit probleem doet zich voor vanaf 1993, toen de berekeningsmethode voor het indirect afleiden is gewijzigd (RIVM, 1998). Beide berekeningwijzen worden aan een kritische analyse onderworpen. Een eerste verkenning door DLO wijst erop dat een mogelijke verbetering van de berekening van de ammoniakemissies met name kan worden bereikt op de volgende punten:

- de N-excreties per diersoort;
- de vervluchtigingpercentages voor stallen en buitenopslagen;
- de vervluchtigingpercentages voor mesttoediening op bouw- en grasland;
- de vervluchtigingpercentages bij beweiding;
- de penetratiegraden van brontypen (stallen, opslagen, toedieningstechnieken, beweidingssystemen);
- de berekening van de verdeling van mest en mestoverschotten op bedrijfsniveau en regionale en nationale schaal, mede in relatie tot het gebruik van kunstmest.

Teneinde na te gaan op welke wijze de berekeningsmethodiek kan worden verbeterd, is per onderdeel een review van de meest recente kennis en inzichten uitgevoerd, waarbij gebruik is gemaakt van literatuurgegevens, nog niet gepubliceerde meetgegevens en inzichten van medewerkers bij organisaties. Behalve de genoemde punten is de review eveneens uitgevoerd voor emissies uit kunstmest en gewassen. Het gaat bij de review niet alleen om nieuwe meetgegevens, maar ook om gewijzigde inzichten die de huidige praktijk beter beschrijven, een praktijk die van gebied tot gebied kan verschillen. Bovendien is de vraag welke informatie beschikbaar is of moet komen om kengetallen uit af te leiden ten behoeve van regionale en landelijke emissieberekeningen.

Een terugdringing van de hoeveelheid N in mest en/of urine leidt niet direct tot een proportionele terugdringing van de ammoniakemissie (van der Peet-Schwering et al, 1996; Smits et al, 1998), omdat de manier waarop na de uitscheiding met faeces en urine wordt omgegaan in belangrijke mate de totale emissie bepaalt. Bij het beoordelen van het effect van maatregelen moeten daarom de emissieprocessen voor alle schakels in de keten, vanaf het ontstaan van de mest en urine tot het onderwerpen, in onderlinge samenhang worden beschouwd. Om die reden wordt de

evaluatie van de berekeningsmethodiek voor alle relevante landbouwbronnen uitgevoerd en wordt waar nodig ook aandacht besteed aan andere aspecten van mest dan alleen stikstof en ammoniak.

Verwacht mag worden dat op een aantal punten nader onderzoek nodig zal zijn om tot een verdere verbetering van de methodiek voor de berekening van de ammoniakemissies te komen. De energie moet vooral voor onderwerpen worden ingezet waar een hoog rendement kan worden verwacht. Een criterium daarvoor is, o.a. de bijdrage van elke bron aan de totale ammoniakemissie. Tabel 1.1 geeft informatie over de berekende ammoniakemissies op basis van de CBS-Landbouwtelling van 1996 (LEI, 1997).

Tabel 1.1 Ammoniakemissie naar mestsoort en emissieplaats (in miljoen kilogram NH<sub>3</sub>)

Mestsoort	Emissieplaats				
	stal	opslag	weide	uitrijden	totaal
Melkvee	35,4	1,5	12,4	12,5	61,8
Vleesvee	5,5	0,1	2,2	2,1	9,9
Vleesklaveren	1,7	-	-	0,9	2,6
Fokvarkens	10,7	0,2	-	2,3	13,1
Vleesvarkens	21,6	0,3	-	5,2	27,1
Leghennen	5,0	1,1	-	1,6	7,7
Vleeskuikens	3,7	0,8	-	0,6	5,2
Totaal	83,7	4,0	14,6	25,2	127,5

## 1.2 Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek en deze rapportage is:

- het inventariseren van recente gegevens en inzichten over de ammoniakemissies uit landbouwkundige bronnen;
- het inventariseren van gegevens en inzichten over wijzigingen in de landbouwbedrijfsvoering die van invloed is op de wijze waarop met mest wordt omgegaan en op de ammoniakvervluchtiging;
- het formuleren van voorstellen voor verbetering van de huidige rekenmethodiek op korte en langere termijn.

## 1.3 Leeswijzer

De hoofdstukken 2 tot en met 8 behandelen de ammoniakemissies van de verschillende landbouwkundige bronnen. De onderverdeling van elk hoofdstuk is vrijwel identiek. Na een eventuele inleiding op de problematiek volgt een beknopte beschrijving van de huidige rekenmethode, waarna de rekenmethode op onderdelen wordt geanalyseerd met gebruikmaking van de informatie uit de literatuur en verzamelde inzichten. Vervolgens worden in hoofdstuk 9 aanbevelingen gedaan voor verbetering van de methodiek. Om te komen tot een prioritering wordt in de verschillende hoofdstukken, voor zover mogelijk, een eerste ruwe inschatting gemaakt van de invloed van de voorgestelde verbetering op de totale emissie.

In hoofdstuk 2 worden de N-excreties behandeld van de verschillende diergroepen, met name van rundvee en varkens. Aan de pluimveesector wordt in dit hoofdstuk weinig aandacht besteed om twee redenen. De eerste is, dat de bijdrage van de pluimveesector aan de ammoniakemissie relatief gering is: minder dan 10%. Bovendien blijkt er weinig nieuwe onderzoeksinformatie aanwezig te zijn over N-excretie door kippen. In hoofdstuk 3 wordt aandacht besteed aan het vervluchtigingspercentage (VP) voor verschillende staltypen (traditioneel, emissie-arm) in combinatie met verschillende diersoorten en aan mestopslagen met en zonder verschillende typen afdekkingen. In hoofdstuk 4 wordt de ammoniakvervluchtiging na de toediening van mest op gras- en bouwland behandeld en wordt op de penetratie van toedieningstechnieken ingegaan. De ammoniakverliezen door beweiding worden behandeld in hoofdstuk 5. Ingegaan wordt op de invloed van de bemesting, het weer, de grondsoort en de vorm van beweiding op de ammoniakemissie. De ammoniakemissie door gewassen is het onderwerp van hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7 behandelt de mestlogistiek ofwel de uitgangspunten voor de mestverdeling binnen het bedrijf en de regionale en nationale verdeling van de bedrijfsoverschotten over de gewassen. Het is op zichzelf geen emissiebron, maar de berekening van de mestverdeling beïnvloedt wel de emissieberekeningen. Hoofdstuk 8 gaat in op de berekeningswijze voor mesttoediening op bedrijfs- en gewasniveau en de ammoniakemissie uit kunstmest. Hiertoe worden de uitgangspunten voor de toediening van kunstmest aan gewassen besproken en wordt duidelijk gemaakt hoe daarbij rekening wordt gehouden met de toegediende dierlijke mest en de adviesgift per gewas.

In hoofdstuk 9 vindt een nadere beoordelingplaats van de aanbevelingen uit de verschillende hoofdstukken (9.2) en worden enkele conclusies getrokken (9.3) en aanbevelingen gedaan voor in 1999 en 2000 door te voeren aanpassingen van de methodiek en uit te voeren onderzoek.

## Referenties

Erisman, J.W., A. Bleeker en J.A. van Jaarsveld 1998. *Evaluatie van de effectiviteit van het ammoniakbeleid met metingen en modelberekeningen*. Milieu. Tijdschrift voor milieukunde 13, 2, 59-70.

LEI-DLO, 1997. *Landbouw, milieu en economie*. Editie 1997. Periodieke rapportage 68-95. LEI-DLO, Den Haag.

RIVM, 1998. *Milieubalans 1998. Het Nederlandse milieu verklaard*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

## 2 N-excretie per diersoort

### 2.1 Huidige berekeningsmethode

Ten behoeve van de emissieberekeningen is het van belang te weten wat de mestproductie per diersoort is. De mestproductie per mestsoort (m) en nutriënt (n) wordt voor elk bedrijf (b) berekend uit het aantal dieren en de excretie per dier (excrpd):

$$\text{Mestprod}(b,m,n) = \text{dier}(b,m) * \text{excrpd}(m,n)$$

De stikstofexcretie wordt berekend met behulp van excretie-factoren die aangeven hoeveel stikstof per dier per jaar wordt uitgescheiden. Vermenigvuldiging van het aantal dieren in de CBS-landbouwtelling en de excretiefactoren geeft de jaarlijkse, landelijke stikstofexcretie. Voor de berekening wordt aangenomen dat het aantal bij de landbouwtelling getelde dieren gelijk is aan het gemiddelde aantal in dat jaar aanwezige dieren en dat dus de leegstand van de hokken tijdens de telling gelijk is aan de gemiddelde leegstand. De excretiefactoren hebben betrekking op een periode van 365 dagen. De excretie per dier voor de diercategorieën uit de Landbouwtelling wordt jaarlijks vastgesteld door de Werkgroep Uniformering Mestcijfers (WUM). Uitgangspunt van de WUM berekeningen is dat de excretie van N en P per dier berekend kan worden via de formule:

$$\text{Excretie}(N/P) = \text{Opname}(N/P) \text{ via voer} - \text{vastlegging}(N/P) \text{ in het dierlijk product.}$$

De methode van de berekening van de excretiefactoren per dier geeft een berekening van de landelijke gemiddelde excretie per dier op basis van de hiervoor vermelde methode van bovenaf. Nationale statistieken worden als uitgangspunt genomen. Voor varkens en kippen wordt uitgegaan van het gemiddelde landelijke rantsoen en dierlijke productie per diercategorie (WUM, 1994b; WUM,1994c). Voor rundvee wordt onderscheid gemaakt in 2 regio's. Er bestaat een significant verschil tussen de twee rantsoenen/regio's: Noord en West Nederland met een ruwvoerrantsoen waarin kuilgras overheerst en Zuid en Oost Nederland met een ruwvoerrantsoen waarin snijmais overheerst. Voor weidend vee wordt onderscheid gemaakt in N-uitscheiding in de weide- en stalperiode. Voor melk- en kalfkoeien wordt bovendien berekend hoeveel faeces en urine en mineralen zomers in de stal terecht komt en hoeveel in de weide. Op basis van het voorkomen van verschillende beweidingssystemen wordt 40% van de faeces- en urineproductie en de mineralenuitscheiding van melkkoeien toegerekend aan de stal en 60% aan de weide. Hierbij wordt aangenomen dat de samenstelling van de uitgescheiden faeces en urine overdag niet anders is dan 's nachts. In de berekeningen wordt behalve met de jaarlijks variërende N-gehalten van de verschillende voedermiddelen, ook rekening gehouden met de ruwvoer kwaliteit in termen van VEM en VEVI. De uitscheiding van stikstof wordt berekend als N-totaal, er wordt geen onderscheid gemaakt naar minerale en organische stikstof en naar stikstof in faeces en urine. De berekeningen voor de EJR en de MB van het RIVM worden uitgevoerd door het LEI-DLO. LEI-DLO maakt een groepering van de door

de WUM onderscheiden mestsoorten tot 2 soorten weidemest en 9 soorten stalmest. De groepering is gebaseerd op de forfaitaire fosfaathoeveelheden. Dit betekent dat voor regionale berekeningen afwijkingen in de stikstofhoeveelheden kunnen ontstaan. Het onderscheid voor rundvee in NW en ZO Nederland wordt niet meegenomen in de berekeningen. Ook bij de verdeling over stal en weide ontstaan verschillen met de WUM-cijfers door aggregatie. In Hoogervorst en Van Egmond (1998) is de methode die gebruikt is voor de Milieubalans voor de berekening van excretie, aggregatie en verdeling van mest over stal en weide beschreven.

## **2.2 Mogelijke verbeteringen en alternatieven**

Mogelijke verbeteringen, die behandeld worden in paragraaf 2.2.1 en 2.2.2, zijn:

1. Aanvullingen op het balansmodel per dier
2. Verkleining van statistische marges van de basisparameters
3. Verbetering van aannames over ruwvoerconsumptie rundvee
4. Onderscheid stal en weide verbeteren
5. Doeltreffendheid N-totaal als uitgangspunt voor excretieberekeningen
6. Meer detail op regionaal niveau en invloed van bedrijfsvariatie.
7. Invloed aggregaties tot 11 mestsoorten op onderscheid regio's

In paragraaf 2.2.3 zullen de effecten van de mogelijke verbeteringen op de ammoniakemissie zoveel mogelijk worden gekwantificeerd.

### **2.2.1 Nationaal**

#### **2.2.1.1 Balansmodel per dier**

In het balansmodel (Voeropname – Vastlegging = Excretie) wordt er vanuit gegaan dat N (en de andere mineralen) die niet door het dier benut worden geheel via urine en faeces in de mest terecht komen (WUM, 1994a,b,c). Mogelijke verliezen via de huid en de ademhaling worden verwaarloosbaar geacht (Monteny en Erisman, 1998). Verteerde stikstof kan naast de vastlegging in dierlijk product in principe uitgescheiden worden met urine, faeces, melk, uitgeademde lucht, zweet, en verlies van huid, haren of veren. In bloed komt stikstof voor in de vorm van ammoniak en ureum, en aminogene N. Nog geen 0.5% van de opgenomen stikstof verlaat de koe via de huid (incl. afslijten van huid en haren (van Straalen, 1995). In historische metingen, ca 40 jaar geleden zijn gasvormige verliezen met de ademhaling gemeten, zoals CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub>. Stikstofverbindingen zijn hierbij niet aangetroffen in hoeveelheden die van belang zijn (Smits, 1998). Varkens verliezen hun overtollige warmte via de tong. Ook hierbij is verlies van N-verbindingen te verwaarlozen (Verdoes, 1998).

*Conclusie:* aanvullingen op het balansmodel zijn voor de omvang van de N-excretie niet van kwantitatief belang.

### 2.2.1.2 Verkleinen statistische marges

Het statistisch basismateriaal heeft, zoals alle cijfermatige informatie, te maken met statistische en andere fouten t.a.v. representativiteit, steekproefmarges, selectieve non-respons, verkeerde opgaven, meetnauwkeurigheid e.d. Technische kengetallen zijn afkomstig uit technische administraties waaraan over het algemeen de betere bedrijven deelnemen (WUM, 1994a,b,c). De gebruikte bronnen en basisgegevens zijn gerapporteerd (WUMa,b,c, 1994; Van Eerdt, 1998). Voor de berekening van de N-excretie werken fouten in het aantal dieren, het voerverbruik per dier en de mineralengehalten van het voer het sterkst door (van Eerdt en Olsthoorn, 1991).

#### *Aantal dieren*

Het aantal dieren is afkomstig uit de CBS-Landbouwtelling. Dit is een integrale telling op alle landbouwbedrijven groter dan 3 nge (1 nge komt ongeveer overeen met de economische waarde van  $\frac{3}{4}$  koe). De telling wordt gehouden op 1 april en is een momentopname. Er wordt, veelal om politieke redenen, nogal eens getwijfeld aan de nauwkeurigheid van het opgegeven aantal dieren in de Landbouwtelling (b.v. Vrij Nederland, januari 1998). Een vergelijking van de uitkomsten van de Landbouwtelling met die van het LEI-BedrijvenInformatieNet leerde dat het aantal bij de Landbouwtelling getelde dieren in de periode 1980-1993 niet significant verschilde van het gemiddelde aantal over het jaar aanwezige dieren volgens het LEI-BedrijvenInformatieNet, met uitzondering van het aantal varkens in de periode 1980-1984 en 1991 (Boers et al, 1995). Bij rundvee en pluimvee werden geen significante verschillen in aantallen dieren gevonden. Echter, uitgaande van het BIN zou de ammoniakemissie in 1991 en 1992 respectievelijk 5% en 2% hoger zijn geweest. Voor 1990 is de ammoniakemissie op basis van BIN nagenoeg hetzelfde als die op basis van CBS cijfers. Verschillen in deze orde van grootte zijn inherent aan het gebruik van statistieken en andere registraties. In genoemde studie zijn ook de ontwikkelingen in aantallen varkens vergeleken met ontwikkelingen in het voederverbruik en het aantal slachtingen. Hieruit bleek dat het aantal varkens in de Landbouwtelling in de periode 1991-1994 meer steeg dan viel af te leiden uit het voederverbruik en het aantal slachtingen. Deze vergelijking geeft echter geen inzicht in het absolute aantal varkens. Uit vergelijkingen met de steekproef varkens bleken de aantallen varkens in de Landbouwtelling in 1992 en 1993 hoog. Over de laatste jaren zijn deze vergelijkingen niet gemaakt. In het eerder genoemde artikel in Vrij Nederland was sprake van de aanwezigheid van 'zwarte', niet bij de Landbouwtelling geregistreerde varkens, ten tijde van de varkenspest. Dit bericht kon overigens niet hard worden gemaakt door een vergelijking van het aantal varkens in de Landbouwtelling met de Bruto Eigen Productie van varkens(o.a. aantal slachtingen) (IKC-Landbouw, 1998). Zie hiervoor ook de volgende paragraaf. Een alternatieve bron van gegevens over dieraantallen is Bureau Heffingen. De ervaring leert dat tellingen/opgaven die voor politieke doeleinden worden gebruikt, niet betrouwbaar zijn als basis voor statistieken (CBS, 1998).

*Conclusie:* er is geen harde aanleiding om te twijfelen aan het aantal dieren in de landbouwtelling. Voortdurende vergelijking met andere bronnen om verschillen zo snel mogelijk op te sporen is wel aan te bevelen.



*Aanbeveling:* Vergelijking van het aantal dieren in de landbouwtelling met die in andere tellingen en andere bronnen in de periode 1994-1998, zoals in het onderzoek van Boers et al. (1995).

### ***Voerverbruik per dier***

De technische kengetallen over het voerverbruik per dier zijn voor varkens, pluimvee en een deel van het rundvee afkomstig uit technische administraties. Omdat de aan deze administraties deelnemende bedrijven veelal efficiënter omgaan met voer en een hogere vleesproductie hebben dan het gemiddelde bedrijf wordt de uitscheiding per dier onderschat. Van Eerdt en Olsthoorn (1991) komen voor de periode 1980-1990 voor varkens op een onderschatting van de uitscheiding van 6-13%. Betere cijfers over het voerverbruik zijn er echter niet. Bedrijven die meedoen aan technische administraties verbeteren over het algemeen hun bedrijfsvoering. De keuze tussen TEA- en BIN-kengetallen voor varkens is gemaakt op basis van representativiteit, betrouwbaarheid, actualiteit en draagvlak in de sector (WUM, 1994b). De verwachting is dat verschillen tussen bedrijven sinds 1990 kleiner zijn geworden en dat de representativiteit van TEA is verbeterd. Verschillen tussen bedrijven zullen er altijd blijven. Voor het NUBL-gebied was op vleesvarkens- en zeugenbedrijven met de laagste N-uitscheiding deze bij normale gehalten in het voer respectievelijk 14% en 17% lager dan de N-uitscheiding op bedrijven met de hoogste N-uitscheiding. Belangrijkste oorzaak van de verschillen is het voerverbruik per dier. Door ook rekening te houden met voeders met lage stikstofgehalten stegen de verschillen tot respectievelijk 22% en 27% (Wagenberg en Backus, 1997). Ondanks de verschillen tussen de bedrijven concluderen Wagenberg en Backus dat een verdere terugdringing van de N-uitscheiding voor de bedrijven in het NUBL-gebied niet mogelijk is zonder verlaging van de N-gehalten van het voer.

*Conclusie:* de nu gebruikte cijfers over het voerverbruik geven waarschijnlijk een onderschatting. Betere cijfers zijn er echter niet.

*Aanbeveling:* Blijf het voerverbruik per dier controleren aan de hand van statistieken over het totale voerverbruik (Productschap Diervoeder).

In zo'n vergelijking van onafhankelijke datasets worden 2 datasets (aantal dieren x voerverbruik per dier) vergeleken met 1 dataset (afzet mengvoer in Nederland). Alle datasets bevatten statistische fouten. Wanneer de vergelijking klopt, mogen we vertrouwen hebben in de onderliggende data. Wanneer de vergelijking niet klopt, zijn harde conclusies over de 'werkelijkheid' en de foutenbron een illusie.

### ***Mineralengehalten van het voer***

Een toe- of afname van de mineralengehalten van het voer is van grotere invloed op de mineralenuitscheiding dan een evenredige toe- of afname van het aantal dieren bij een gelijke vastlegging. De mineralengehalten van mengvoer vertonen een relatief grote variatie, zowel vanwege het bestaan van veel verschillende soorten voeders als door de invloed van de mengvoerproducent (Werkgroep Praktijkcijfers Pluimvee, 1996). Resultaten van analyses laten nog een grotere variatie zien: bv. Ruw-eiwitgehalte van standaardbrok bij rundvee is gemiddeld 156 g/kg met een standaarddeviatie van 24 g/kg (PDV, 1997). De mineralengehalten van ruwvoer zijn gebaseerd op analyses van het Laboratorium voor Grond en Gewasonderzoek (BLGG). Van weidegras zijn naar verhouding de minste analyses beschikbaar, terwijl

weidegras 30%-45% van de N-uitscheiding van rundvee bepaalt. Het N-gehalte van weidegras varieert afhankelijk van het bemestingsniveau en groeistadium. Hoe jonger het gras bij een bepaald bemestingsniveau hoe hoger het N-gehalte. De door BLGG geanalyseerde monsters worden genomen net voor het vee de weide ingaat. Het effect van de bijgroei die optreedt tijdens beweiding valt hoogstwaarschijnlijk grotendeels weg tegen het effect van veroudering van gras tijdens de beweiding. De door BLGG verstrekte gemiddelden zijn rekenkundige gemiddelden van alle analyses. De verdeling van de monsters over het seizoen komt grofweg overeen met de productie van weidegras nl. ca. 45% van de monsters wordt vóór 15 juni genomen, ca 35% tussen 15 juni en 1 augustus en 20% ná 1 augustus. De aldus berekende rekenkundige gemiddelden geven een goed gemiddelde over het in het weideseizoen geproduceerde weidegras. Omdat de opname van weidegras in grote lijnen gelijk is over het seizoen, zou een gewogen gemiddelde naar productieperiode een verbetering kunnen geven van de gemiddelde hoeveelheid N in het opgenomen weidegras. De monsters aangeboden voor analyse hebben vooral betrekking op de relatief goede graslanden, m.a.w. de voederwaarde wordt overschat en over het algemeen ook het N-gehalte. Dit betekent dat de grasopname wordt onderschat binnen de WUM-berekening. De N-opname wordt duidelijk minder onderschat. Het kwantitatieve effect van een gewogen gemiddelde naar productieperiode en een overschatting van voederwaarde en N-gehalte van het opgenomen weidegras op de ammoniakemissieberekening moet nader worden uitgezocht.

*Aanbeveling:* representativiteit van de weidegrasmonsters verbeteren.

### **2.2.1.3 Herziening aannamen ruwvoederverbruik en voederverdeling rundvee**

In de huidige berekeningen wordt de voederopname door grazende dieren berekend op basis van statistieken over het voedergebruik. Over de opname van weidegras zijn echter geen waarnemingen beschikbaar. Deze post wordt door de WUM berekend op grond van de aanname dat deze dieren weidegras opnemen tot aan de norm van hun voederbehoefte is voldaan. De gehanteerde voedernormen zijn de normen voor netto-energie (de VEM norm) voor melk, jeugdgroei, dracht en onderhoud. Deze normen worden vastgesteld door het Centraal Veevoederbureau en zijn in breed verband geaccordeerd. Andere aannames die de WUM hanteert bij de berekeningen zijn:

- Alle geproduceerde snijmais wordt in het daaropvolgende stal- en weideseizoen vervoederd. Met voorraadvorming wordt geen rekening gehouden.
- Voor fokstieren, jongvee en weidend vleesvee gelden standaardrantsoenen (WUM, 1994a).
- 60% van het mengvoer en de aanvullende voeders wordt in de stalperiode vervoederd, rest in de zomer.

Van deze aannames heeft alleen de eerste kwantitatieve betekenis.

*Aanbeveling:* Gebruik van snijmais meenemen in de berekeningen in plaats van gebruik gelijkstellen aan productie.

De inschatting is dat jongvee gemiddeld wordt gevoerd volgens de normen die de WUM hanteert in de berekeningen. Boeren voeren hun melk- en kalfkoeien echter

gemiddeld zo'n 10% (ruwe schatting) 'boven de norm'. Omdat op de meeste bedrijven groepsvoeding wordt toegepast kan het rantsoen niet worden afgestemd op de individuele behoefte. Ruwvoer wordt over het algemeen onbepaald verstrekt omdat boeren liever teveel dan te weinig verstrekken. Het dier neemt op naar eigen behoefte. Wanneer 'boven de norm' aan energie wordt opgenomen, zet het dier lichaamsreserves aan. Omdat de volwassen melk- en kalfkoeien echter gemiddeld niet groeien, kan dit twee dingen betekenen: 1. de dieren hebben meer energie nodig dan de berekende VEM-behoefte aangeeft en/of 2. de VEM-waarde van het rantsoen wordt onjuist ingeschat. Structureel meer energie voeren dan het dier nodig heeft, is onmogelijk zonder dat het dier lichaamsreserves aanzet. Een dergelijke onjuiste berekening van de voederbehoefte houdt in dat de weidegrasopname in de WUM-berekeningen wordt onderschat en daarmee ook de ammoniakemissie. De huidige voedernormen zijn voor een deel gebaseerd op verouderde inzichten in de vervanging van de melkveestapel, de afkalfleeftijd en de tussenkalftijd en de energiebehoefte in de weideperiode (Bruins, 1998). Door in plaats van van de VEM-behoefte uit te gaan van de DVE (darmverteerbaar eiwit)-behoefte worden behalve de factoren melkproductie, onderhoud, jeugdgroei en dracht, ook het effect van aanzet en mobilisatie van energie en eiwit en het effect van een negatieve OEB gecorrigeerd in de behoefteberekening. Nader onderzoek is nodig over hoe de berekening van de voederbehoefte kan worden verbeterd.

*Aanbeveling:* verbeterde schatting van de weidegrasopname door verbetering van de berekening van de voederbehoefte.

De opname van weidegras wordt dus berekend als restpost. Alle fouten in de statistieken over de beschikbare hoeveelheden krachtvoer en geconserveerd ruwvoer komen uiteindelijk naar voren in de berekening van de opgenomen hoeveelheid weidegras. Omdat weidegras de meest stikstofrijke component van het rantsoen is, heeft een fout hierin een relatief grote invloed op de ammoniakemissie. Een alternatief voor de berekening van de graslandproductie als restpost is een opbrengstberekening van grasland op basis van modellen.

*Aanbeveling:* ga na of de opbrengstberekening van grasland betrouwbaarder kan worden door het gebruik van opbrengstmodellen

Er is geconstateerd dat met de huidige voederwaardering van weidegras de grasopname onderschat werd (Kappers en Valk, 1998). Melkkoeien gaven minder melk dan op grond van de hoeveelheid opgenomen VEM verwacht mocht worden. De fout trad niet of in ieder geval veel minder op wanneer de dieren werden bijgevoerd met energierijke voeders. Aangezien gemiddeld ruim krachtvoer wordt verstrekt, lijkt de onderschatting van de weidegrasopname niet van doorslaggevend belang. Bij gelijktijdige verstrekking van verschillende voedermiddelen werd de voederwaarde van gras beter benut dan bij niet gemengd voeren. Zoals hierboven ook al is aangegeven blijft de voederwaarde van weidegras een onzekere factor met een duidelijke invloed op de ammoniakemissie. Voor een goede inschatting van de voederwaarde van weidegras is nog te weinig bekend over de invloed van gemengd voeren, krachtvoergiften, bemestingsniveau, oogststadium en weersomstandigheden.

*Aanbeveling:* Verbetering van de voederwaardebepaling van vers weidegras

De voederopname kan ook berekend worden op basis van modellen die niet uitgaan van voederbehoefte (Ingvarsen, 1994). Eind 1999 is bij het PR een model, dat de voederopname en de melkproductie berekent op basis van voer- en dierkarakteristieken, beschikbaar voor ijking en vergelijking met de huidige resultaten.

#### **2.2.1.4 Onderscheid stal en weide bij grazend vee**

De ammoniakemissie van in de weide geproduceerde mest is gemiddeld lager dan van in de stal geproduceerde mest. 's Nachts opstallen leidt dan ook tot een verhoging van de ammoniakemissie (Bussink en Oenema, 1998). De belangrijkste oorzaak voor het verschil in stal- en weide-emissie is dat de urine in de weide snel in de grond dringt en minder intensief in aanraking komt met urease in de faeces. In welke mate de emissie overdag en 's nachts verschilt door factoren als temperatuur en wind wordt behandeld in hoofdstukken 3 en 4. De uitscheiding in de vorm van urine en faeces volgt het patroon van voederopname. Uit Smits et al. (1996) blijkt dat de uitscheidingsfrequentie bij een stalrantsoen overdag en 's nachts gelijk is. Bij beweiding moet rekening worden gehouden met een ander mestpatroon. Kwantitatieve resultaten ten aanzien van het verschil tussen dag- en nachtuitscheiding voor de huidige rantsoenen bij beperkte beweiding zullen moeten worden vastgesteld op basis van ID-DLO onderzoek aan individuele koeien. Een voorlopige schatting laat zien dat de uitscheiding bij een systeem van beperkte beweiding overdag meer dan het dubbele kan bedragen van 's nachts. De huidige berekeningen gaan uit van een uitscheiding overdag die 1,5x kleiner is dan de hoeveelheid van 's nachts. Hiermee worden de emissies in het weideseizoen bij beperkte beweiding met 10-15% overschat (berekend op basis van Schreuder et al., 1995 en van Eerd, 1998).

*Aanbeveling:* maak onderscheid in dag- en nachtuitscheiding op basis van voederpatronen

#### **2.2.1.5 Doeltreffendheid N-totaal voor ammoniakemissieberekeningen.**

In de huidige berekeningen wordt de ammoniakemissie berekend als vervluchtigingspercentage (VP) van de totale N-excretie. Uit metingen en modellen blijkt dat de relatie N-excretie en ammoniakemissie niet lineair is. Deze relatie wordt beschreven in de hoofdstukken 3 en 5. Naarmate de stikstofconcentratie in de urine hoger wordt neemt het VP van deze stikstof toe. Excretie van stikstof bij rundvee en varkens gaat bij de huidige rantsoenen voor 65-70% via de urine (ureum, urinezuur, allantoïne en ammonium) en voor 35% via de faeces (vooral organische stikstof) (Tamminga, 1992; van der Peet-Schwering, 1996a). Met de faeces uitgescheiden stikstof of ruw eiwit kan onderverdeeld worden in microbiel eiwit, endogeen eiwit afkomstig van het dier en onafgebroken voereiwit. Algemeen wordt aangenomen dat eiwit in faeces en mengmest slechts langzaam afgebroken wordt tot ammoniak en andere verbindingen en dat N-vervluchtiging uit faeces daardoor kwantitatief van beperkte betekenis is voor de ammoniakemissie. Te verwaarlozen is de ammoniakemissie uit faeces echter niet geheel. Van der Meer (1991) beschrijft

proeven waarin zeker 10% van de N uit mestflatten van koeien vervluchtigt. Hoe algemeen dit voorkomt is niet duidelijk.

*Aanbeveling:* Ga na welk VP geldt voor faeces.

Op de bijdrage van N in faeces aan de ammoniakemissie wordt hier niet verder ingegaan. Ammoniak ontstaat hoofdzakelijk uit het minerale ureum in de urine (Muck en Steenhuis, 1981). Ureum is het voornaamste stikstofhoudende bestanddeel in de urine. Voor de omzetting van ureum in ammoniak is het enzym urease nodig. Dit enzym komt o.a. voor in de faeces. Door menging van urine en faeces komt de ammoniakemissie op gang. Dit proces wordt behandeld in het hoofdstuk 3. Bij pluimvee worden de afbraakproducten van eiwit door de nieren uitgescheiden als urinezuur. In de stal kan dit verder worden afgebroken tot ureum. Dit proces komt eveneens aan de orde in het hoofdstuk 3. Meer dan door de totale N-uitscheiding wordt de ammoniakemissie bepaald door de hoeveelheid N in de urine.

*Aanbeveling:* maak bij berekeningen van de N-excretie onderscheid in N in faeces en N in urine.

De volgende parameters van de uitgescheiden urine en faeces zijn met name van invloed op de ammoniakvervluchtiging:

1. verdeling van de stikstof over urine en faeces
2. ureum- en urinezuurgehalte van de urine
3. urinelozingsfrequentie en urinevolume
4. pH van de uitgescheiden urine en mengmest

Wever (1997) beschrijft hoe door veevoedingsmaatregelen deze parameters kunnen worden beïnvloed. In de praktijk blijkt het effect van deze parameters moeilijk te scheiden. In de huidige berekeningen heeft een verlaging van N-excretie een evenredige verlaging van de ammoniakemissie tot gevolg. In werkelijkheid ligt de zaak een stuk gecompliceerder. Verlaging van de stikstofopname met het voer kan b.v. leiden tot:

1. een vermindering van het aandeel stikstof dat in de urine terecht komt en een lager stikstofgehalte van de urine: leidt tot een lagere  $\text{NH}_3$ -emissie;
2. een geringer urinevolume en dus een, in verhouding met de N-opname, hogere ureumconcentratie omdat bij een lagere electrolyten en N opname de wateropname daalt (Meijer et al., 1996; van der Koelen et al., 1996; Bannink et al., 1998): leidt tot een hogere  $\text{NH}_3$ -emissie;
3. een verlaging van de urine-pH omdat door wijziging van de electrolytenbalans meer anionen worden uitgescheiden (Bannink en van Vuuren, 1998): leidt tot een lagere  $\text{NH}_3$ -emissie.

Deze effecten doen zich voor bij rundvee en varkens.

#### ***Verdeling van de stikstof over urine en faeces.***

De verdeling van stikstof over urine en faeces is van belang omdat als eerste de stikstof in de urine als ammoniak vervluchtigt. Variatie in de hoeveelheid stikstof in de faeces bij verschillende rantsoenen is veel minder groot dan die in urine. Dit betekent dat naarmate de hoeveelheid stikstof in het voer toeneemt er naar verhouding

steeds meer van het N overschot dat niet benut kan worden door het dier in de urine terecht komt.

Bij varkens en kippen zijn er in de huidige praktijk geen duidelijke verschillen in ammoniakemissie als gevolg van verschillen in voedersamenstelling. De ammoniakemissie bij vleesvarkens met een rantsoen met bijproducten verschilde niet van die met een rantsoen zonder bijproducten (Scholten et al., 1997). Mengvoederfabrikanten optimaliseren de mengvoeders op basis van darmverteerbare aminozuresamenstelling. Voedereiwitten die verteren in de dunne darm worden door het dier opgenomen als aminozuren. Wanneer deze hoeveelheid aminozuren groter is dan de hoeveelheid die het dier nodig heeft, worden ze omgezet in ureum en gaan ze via het bloed naar de urine. Uit proeven van Bakker et al. (1996) en Canh (1998) bij vleesvarkens blijkt dat bij een grotere hoeveelheid Niet Zetmeel Koolhydraten (NZK) in het voer een deel van het ureum in het bloed alsnog kan worden vastgelegd in microbieel eiwit in de dikke darm. Waarschijnlijk is vooral de ruwe celstof fractie van de NZK in het voer hiervoor verantwoordelijk. Voorwaarde voor een versterkte microbiele activiteit in de dikke darm is de beschikbaarheid van fermenteerbare organische stof als energiebron. De invloed van dit proces op de ammoniakemissie is niet te scheiden van het effect van de gelijktijdig optredende pH verlaging van de faeces (zie ad 4.). Door een verschuiving van de N-output van urine naar faeces zal, gezien de trage afbreeksnelheid van organische gebonden N, uiteindelijk minder ammoniak vervluchtigen. Verschuiving van stikstof van de urine naar de faeces kan vooral bij vleesvarkens leiden tot lagere ammoniakemissie omdat de dikke darmfermentatie bij deze dieren bij de huidige goed verteerbare voeders gering is. Runderen fermenteren het voer al in de pens, waardoor een dergelijke maatregel weinig effect zal hebben. Nog niet duidelijk is welke hoeveelheid NZK in de huidige voeders aanwezig is. Ook zijn de parameters om de optimale fermentatie in de dikke darm te voorspellen nog niet beschikbaar (Wever, 1997).

*Aanbeveling:* nagaan van de variatie in NZK-gehalten van mengvoeders voor varkens tussen de jaren op grond van grondstoffensamenstelling en het effect op ammoniak voorspellen in afhankelijkheid van de urine/faeces-verdeling en de pH.

Bij herkauwers zijn er wel duidelijke verschillen in ammoniakemissie als gevolg van de huidige vervoederde rantsoenen. Bij het voer voor herkauwers wordt onderscheid gemaakt in bestendig en onbestendig eiwit. Bestendig eiwit wordt niet in de pens verteerd, maar kan alsnog in de darm verteerd worden. Het onverteerde deel komt in de faeces terecht. Het onbestendige eiwit (vooral in gras met een hoog stikstofgehalte) kan, bij beschikbaarheid van voldoende 'snelle' energie uit voer, door micro-organismen ingebouwd worden in microbieel eiwit. Bij onvoldoende energie aanbod wordt het hoofdzakelijk verbruikt als energiebron waarbij ammoniak ontstaat. Deze ammoniak komt via het bloed uiteindelijk voor het grootste deel als ureum in de urine terecht. Door bijvoeren van energierijke producten kan dus een groter deel van de gevormde ammoniak vastgelegd worden in microbieel materiaal. Bovendien kan een deel van het ureum in bloed alsnog worden vastgelegd in de vorm van microbieel eiwit door recycling van ureum naar de pens. De OEB (onbestendig eiwit balans, uitgedrukt per koe, in grammen surplus van onbestendig eiwit per dag) van een rantsoen geeft aan of de hoeveelheid onbestendig eiwit in balans is met de hoeveelheid energie die nodig is voor de vorming van microbieel eiwit in de pens.

Gras heeft, vooral als het zwaar bemest is, een zeer hoge OEB. Door in het rantsoen ook eiwitarme, energierijke producten (b.v. snijmais) op te nemen kan de OEB verlaagd worden. De hoeveelheid ureum in de urine en het urinevolume zal hierdoor sterk dalen (Smits et al, 1998). Zowel een overschot aan onbestendig eiwit als een tekort aan energie bevorderen dus de ureumuitscheiding. Van Straalen (1995) beschrijft een model waarmee de N-excretie met melk, urine en faeces bepaald wordt op basis van afbraakkenmerken van individuele voeders in de pens van koeien. Voor krachtvoer zijn deze afbraakkenmerken redelijk bekend maar voor ruwvoer bestaat er de nodige onzekerheid. Het effect van de jaarlijkse variatie in kwaliteit van het ruwvoer op de afbraakkenmerken van ruwvoer is met de nu beschikbare kennis, niet te kwantificeren. Een verdere verklaring van de afbraakkenmerken van ruwvoer vanuit jaarlijks gemeten voedings- en verteringsparameters van ruwvoerders b.v. OEB lijkt noodzakelijk. Het Praktijkonderzoek Rundveehouderij berekent de verdeling van stikstof over urine en faeces met behulp van verteringscoëfficiënten van droge stof en eiwit van de verschillende voedermiddelen (Schreuder et al., 1995).

*Aanbeveling:* Onderzoek de relatie tussen OEB, dEB en andere (verterings)parameters van ruwvoer aan de ene kant en de hoeveelheid ureum in de urine aan de andere kant.

*Aanbeveling:* ga na of met het model van Van Straalen (1995) en/of Schreuder et al. (1995) voor de praktijk een betrouwbare verdeling van stikstof over urine en faeces is te bepalen.

#### ***Ureum en urinezuurgehalte van de urine***

De ammoniakemissie is positief gecorreleerd met zowel de absolute hoeveelheid ureum in de urine als de ureumconcentratie. De ureumconcentratie is een functie van de urineproductie en de niet benutte verteerde stikstof uit het voer. Er is een min of meer lineair verband tussen de hoeveelheid niet benutte stikstof uit het voer en de hoeveelheid stikstof en ureum in de urine (Smits et al, 1995), maar er is geen rechtlijnig verband tussen de hoeveelheid N en ureum in urine en de N- en ureumconcentratie. Bij een gelijkblijvende hoeveelheid N zal voer met een lagere Na en K concentratie de urineproductie verlagen en daarmee de N- en ureumconcentratie in de urine verhogen (van Vuuren en Smits, 1997). Bij vleesvarkens is sinds 1990 de gemiddelde mestproductie met 8% afgenomen van 1300 naar 1200 kg per dier per jaar door minder verspilling van drinkwater en een lagere wateropname per dier. In het laatste geval is naar analogie van het onderzoek van Van Vuuren en Smits (1997) waarschijnlijk de ureumconcentratie in de urine toegenomen en daarmee de ammoniakemissie. De stikstofuitscheiding is ongeveer gelijk gebleven. Dit betekent dat de ammoniakemissie maximaal is toegenomen met 12,5% en minimaal met 4%.

*Aanbeveling:* valideer het voorspellingsmodel van het urinevolume (Bannink en van Vuuren, 1998) voor de huidige praktijkrantsoenen en bereken de ureumconcentratie.

#### ***Urinelozingsfrequentie***

De urinelozingsfrequentie is vooral bij rundvee onderzocht. De frequentie wordt, meer nog dan het volume, geacht mede bepalend te zijn voor het bevulde en emitterend oppervlak. Bij elke nieuwe plas is er een verse voorraad ammoniak beschikbaar voor vervluchting. De urinelozingsfrequentie en het urinevolume zijn positief gecorreleerd (Smits et al., 1996; Valk et al., 1996). Bovendien zal bij toename

van het urinevolume ook het volume van iedere plas toenemen. Het urinevolume is een lineaire functie van de hoeveelheid kationen (Na en K) en de hoeveelheid N in het voer (Bannink en van Vuuren, 1998). Het effect van frequentie en volume op de ammoniakemissie is moeilijk te scheiden. De frequentie weegt minder zwaar door in de ammoniakemissie dan de ureumconcentratie (Smits et al., 1997). Bij pluimvee in stallen met een droge meststelsel heeft een lagere wateropname tot gevolg dat de mest een hoger drogestofgehalte krijgt. Door de lagere wateractiviteit in de mest wordt de afbraak van urinezuur geremd. In de huidige ammoniakemissieberekeningen wordt met dit effect rekening gehouden.

#### ***pH van de uitgescheiden urine en mengmest***

Door verlaging van de pH van urine en mengmest verschuift het chemisch evenwicht in de mest tussen het vluchtige ammoniak en het niet vluchtige ammonium in de richting van ammonium. Daarnaast is bij een lagere pH de activiteit van het enzym urease ook lager zodat er ureum minder snel wordt omgezet in ammoniak. Ook dit kan bijdragen aan verlaging van de emissie. Als de pH laag blijft zijn deze effecten in principe blijvend. De pH van faeces en mengmest kan worden verlaagd door een hoger gehalte aan 'Niet Zetmeel Koolhydraten' (NZK) (Canh, 1998). Bijproducten uit de humane voedingsindustrie (b.v. perspulp en bierbostel) hebben vaak een hoog gehalte aan NZK's. Canh gebruikte 0, 5, 10 en 15% perspulp en de pH daalde van 8,54 (controle) naar 7,28. De in een laboratoriumopstelling gemeten ammoniakemissie daalde met respectievelijk 12, 32 en 40%. Scholten et al. (1998) heeft geen invloed van de hoeveelheid perspulp (7,5 tot 10%) gemeten op de pH van de mest en de invloed op de ammoniakemissie was ook minimaal. Canh (1998) werkte met verse mest, die gedurende 14 dagen werd verzameld. Scholten et al. (1998) werkten met mest die gedurende ca 2 maanden werd verzameld in een mestput. Daar bleek de pH al 7,2 te zijn. Een verklaring hiervoor is dat de pH van verse mest over het algemeen hoger is dan van oudere mest. Als de mest wordt opgeslagen worden uit de organische stof vluchtige vetzuren gevormd en ontwijkt CO<sub>2</sub>. Dit heeft pH daling tot gevolg. De daling is afhankelijk van de productiesnelheid van vluchtige vetzuren, maar ook van de snelheid van vervluchtiging van die vetzuren. Het pH effect is moeilijk in een model te vangen. Bovendien wordt de ammoniakvervluchtiging vooral bepaald door de pH van de toplaag van de mest en niet door de buffer in de kelder. Beide pH's zijn te beïnvloeden. Het effect van de pH op ammoniakemissie vanaf de stalvloer en uit de kelder wordt behandeld in hoofdstuk 3. De pH van urine en mengmest kan ook worden verlaagd door het verlagen van de elektrolytenbalans of door het toevoegen van zuurvormende zouten aan het voer (Canh, 1998). Bij de huidige voederrantsoenen is er geen variatie in de pH van de urine en mengmest als gevolg van de hierboven genoemde effecten. Bij rundvee is de pH ruim 8 (Bannink en van Vuuren, 1998) en bij varkens ca 7,5 (Verdoes, 1998). De verwachting is dat fabrikanten van varkensvoer in de nabije toekomst gaan sturen op de pH van de urine. Er is reeds een toelating aangevraagd voor de toevoeging van benzoëzuur. Bij rundvee is een verlaging van urine pH moeilijk haalbaar door de sterk positieve elektrolytenbalans in rundveerantsoenen (Bannink & van Vuuren, 1998). De hiermee samenhangende calcium/fosfor-huishouding laat in verband met gezondheidseffecten geen forse manipulatie toe bij hoogproductieve melkkoeien.



*Conclusie:* In de huidige praktijk is pH-verlaging van urine en mengmest via het voer nog niet aan de orde.

## **2.2.2 Regionaal**

Het onderscheid naar regio's is van belang omdat niet alleen de effecten van ammoniakemissie op regionaal niveau anders zijn, maar ook omdat de ammoniakemissiebepalende factoren variëren. Alvorens onderscheid naar regio te maken moet eerst worden nagegaan of de verschillen per parameter tussen de eventueel te onderscheiden regio's significant zijn. Zo niet, dan ontstaat een schijnnaauwkeurigheid.

### **2.2.2.1 Meer detail op regionaal niveau**

In de huidige berekeningen wordt uitgegaan van nationale gemiddelden. In de praktijk zijn er grote verschillen tussen bedrijven (zie ook 3.3). Op rundveebedrijven komen de grootste verschillen voor. Door het gebruik van verschillende voederrantsoenen en verschillen in graslandbeheer lopen verschillen in de N-uitscheiding op tot 40% per koe (Kappers en Valk, 1996). Voor rundvee zijn er 3 mogelijkheden om meer regionaal detail te verkrijgen.

1. Uitsplitsing in twee regio's volgens de WUM.
2. Gebruik van BedrijvenInformatieNet (BIN) van LEI-DLO, aangevuld met gegevens uit de CBS-enquête naar het ruwvoergebruik.
3. Gebruikmaken van het stofstromenmodel van LEI-DLO en AB-DLO

Ad 1. Door Leneman et al., 1998 is nagegaan wat de invloed is van uitsplitsing in twee regio's volgens de WUM op de ammoniakemissies in de provincies Friesland en Noord-Brabant. Voor Friesland wordt met de huidige methodiek de ammoniakemissie met 3% onderschat en voor Noord-Brabant met 0,6% overschat. Uit de publicatie 'Weidemanager' van BLGG zijn cijfers beschikbaar over mineralengehalten in ruwvoer in Noord, Midden en Zuid Nederland.

*Aanbeveling:* Bij gebruik van regionale cijfers het effect van aggregatie en beschikbare regionale WUM-excretiecijfers meenemen in berekeningen en analyse.

*Aanbeveling:* Significantie van regionale verschillen in mineralengehalten van gras en snijmais bepalen (op basis van BLGG-gegevens) en bij gebleken significantie meenemen in de berekeningen.

Ad 2. Op basis van de beschikbare gegevens is een verdere uitsplitsing mogelijk voor rundvee in maximaal 5 regio's. Van de volgende variabelen zijn regionale gegevens beschikbaar: kracht- en ruwvoergebruik, N-gehalten in krachtvoer en ruwvoer, beweidingssysteem. Nagegaan moet nog worden of de verschillen tussen de regio's significant zijn.

*Aanbeveling:* Nagaan of verdere regionale detaillering mogelijk is op basis van BIN gegevens en statistieken grasland/ruwvoergebruik. Op basis van de nu beschikbare gegevens is een detaillering tot 5 regio's het maximum.

*Aanbeveling:* Significantie van ruwvoertransporten tussen regio's (op basis van BIN gegevens) op regionale verschillen bepalen en bij gebleken significantie meenemen in de berekeningen.

*Aanbeveling:* Significantie van regionale verschillen in mineralengehalten van meng- en ruwvoerders bepalen (op basis van gegevens van Bureau Heffingen) en bij gebleken significantie meenemen in de berekeningen.

Ad3. Het doel van het stofstromenmodel is het weergeven van nutriëntenstromen op bedrijfsniveau volgens consistente rekenregels om aldus verschillen op bedrijfsniveau in beeld te brengen. Het model beschrijft de aard, omvang en locatie van N-,P-,K- en C-emissies in de Nederlandse landbouw. Het model bestaat uit een combinatie van relaties afkomstig uit technisch onderzoek, empirische gegevens over de structuur van de landbouw (landbouwtelling) en over de bodem (bodemkaart) en afgeleide empirische gegevens (voeraankopen, mestaan- en afvoer en kunstmestgiften). De huidige versie van het stofstromenmodel is geijkt op nationaal niveau voor 1995.

*Aanbeveling:* Validatie en ijking van het LEI-DLO en AB-DLO stofstromenmodel voor regionale berekeningen. Voor varkens en pluimvee zijn geen significante verschillen gebleken bij verdeling van de dieren over 2 regio's op basis van uitkomsten van het BIN van het LEI-DLO en MiAR (WUM,1998). Ook een analyse op grond van de herkomst van de mengvoerders aan de hand van PDV cijfers leverde in genoemd onderzoek geen significant verschil op..

### 2.2.2.2 Aggregatie mestsoorten

De 44 categorieën dieren en mesttypen die de WUM onderscheidt worden door het LEI-DLO geaggregeerd tot 11 mestsoorten. De aggregatie is noodzakelijk omdat het Lineaire Programmeringsmodel waarmee de mestverdeling over Nederland wordt berekend maar een beperkt aantal mestsoorten aankan. In de huidige berekeningen worden de forfaitaire fosfaat-excreties per dier als gewichten gebruikt voor de aggregatie. Deze weging zou de berekening van de nationale totale excretie van stikstof, fosfaat en kalium verstoren maar dat wordt gecorrigeerd in de berekening van de excretie per dierequivalent.

De excretie per dierequivalent (excr.pdeq) wordt voor elke mestsoort berekend als nationaal gemiddelde, gebaseerd op de excretie per dier per nutriënt (zoals jaarlijks vastgesteld door de WUM) en de nationale aantallen dieren behorende tot de betreffende diercategorie. Tabel 2.1 geeft hiervan een illustratie met data uit 1995 voor dierequivalent melkvee.

*Tabel 2.1 Illustratie berekening van de N-excretie per dier-equivalent melkvee in 1995.*

Diercategorie	aantal dieren X 1.000	Forfaitaire P2O5 excr.	WUM-N Excr. (kg)	Dier-equival. x 1.000	Tot N-excr. mln kg
Melk- en kalfkoeien	1.708	41	143,4	1.708	244,9
Jongvee < 1 jaar	740	9	45,1	162	33,4
Jongvee > 1 jaar	808	18	93,9	355	75,9
Totaal melkvee				2.225	354,2

Per dierequivalent melkvee is dan de N-excretie:  $354,2/2,225 = 159,2$  kg N. Voor de uitsplitsing van zomermest die in de weide terecht komt en zomermest die in de opslag terecht komt, worden de landelijke N-excreties van de WUM gebruikt als gewicht voor de aggregatie. Op regionaal niveau ontstaan verschillen met berekeningen waarbij niet geaggregeerd wordt van + 4 tot - 4% in N-excreties van de gehele veestapel. Oorzaak is dat de verhoudingen tussen de aantallen dieren van de verschillende categorieën per regio niet gelijk zijn aan de landelijke verhoudingen. Van belang is de keuze van de basisparameter voor aggregatie. Bij een keuze voor de WUM fosfaatexcretie als basisparameter in plaats van de forfaitaire fosfaatexcretie daalt het regionale verschil van +/- 4% naar +/- 1%.

*Aanbeveling:* Kies als basis voor aggregatie een parameter waarbij de verschillen met niet geaggregeerde berekeningen minimaal zijn. Vanuit het oogpunt van NH<sub>3</sub>-emissie heeft de N-excretie als basisparameter de voorkeur.

De geconstateerde verschillen zijn absoluut het grootst bij de diercategorieën met de grootste excretie: melkvee. Relatief zijn de verschillen het grootst bij stalvleesvee: +/- 20%. Regionale afwijkingen in ammoniakemissie als gevolg van de aggregatieprocedure voor stalmest en weidemest zijn verwaarloosbaar: 0,2 tot 0,3%.

*Aanbeveling:* Onderscheid een extra mestsoort door melkvee te splitsen in melk- en kalfkoeien enerzijds en jongvee anderzijds.

### 2.2.2.3 Verkleinen statistische marges

In de landbouwtelling wordt sinds 1992 de locatie van bedrijven en dieren toegerekend aan de gemeente waar de eigenaar woonachtig is. Voor 1992 werden bedrijven, oppervlakte en dieren toegerekend aan het adres van de vestiging van het bedrijf. De trend van de laatste jaren is dat bedrijven steeds groter worden en steeds vaker meerdere vestigingen hebben. Een bedrijf in Noord-Brabant met een vestiging in bv de provincie Zeeland wordt sinds 1992 gezien als 1 bedrijf in Noord-Brabant. In 1997 telde de CBS-Landbouwtelling 50.000 vleesvarkens in de provincie Zeeland, terwijl de Gezondheidsdienst voor Dieren die de varkens per vestiging registreert, begin 1997 meer dan 100.000 vleesvarkens telde. Bij de toedeling van excretie en ammoniakemissie aan regio's kunnen hierdoor fouten ontstaan t.a.v. de plek waar de ammoniak de lucht ingaat. Voor de provincie Noord-Brabant is de fout beperkt, maar voor de provincie Zeeland betekent 50.000 varkens een fout van 10% op de totale N-excretie van Zeeland. Uiteraard is op meer gedetailleerde regionale niveau's de fout vele malen groter. Het meest gedetailleerde niveau waarop gegevens van de landbouwtelling worden gebruikt is de gemeente. Behalve door het niet maken van onderscheid naar vestiging van bedrijven gaat ook door gemeentelijke herindeling regionaal detail verloren.

*Aanbeveling:* Mogelijkheid nagaan van wijziging van definitie van waarnemings-eenheid (vestiging in plaats van bedrijf) in de landbouwtelling en nagaan wat de consequenties zijn van deze wijziging.

## 2.2.3 Effecten op ammoniakemissie

### 2.2.3.1 Inleiding

Een verbetering van de berekende N-excretie is van invloed op de hele keten van ammoniakemissieberekeningen. Stikstof die meer of minder wordt uitgescheiden geeft potentieel meer of minder ammoniakemissie in de stal, uit de buitenopslag, in de weide en bij mesttoediening. Stikstof die als gevolg van voedingsmaatregelen niet wordt opgenomen door het dier zal ook niet bijdragen aan de ammoniakemissie. Aan de andere kant vervluchtigt stikstof die als gevolg van voedingsmaatregelen niet in de urine terecht komt maar in de faeces dan misschien niet onmiddellijk in de stal, maar uiteindelijk kan deze stikstof toch vervluchtigen uit de opslag of bij mesttoediening. Over het algemeen zal er gezien de trage afbreeksnelheid van organisch gebonden stikstof, uiteindelijk minder stikstof vervluchtigen als er een verschuiving van N-excretie van urine naar faeces mogelijk is. Omgevingsparameters van waar de mest terecht komt kunnen voedingsmaatregelen echter weer teniet doen (van der Peet-Schwering, 1996). De gehele keten van uitscheiding tot mesttoediening moet in onderlinge samenhang worden bekeken. De kwantitatieve effecten op de ammoniakemissie van de hiervoor beschreven verbeteringen zijn gering in vergelijking met de waargenomen verschillen tussen berekende emissie en gemeten concentratie. Om de invloed van de verschillende factoren te kunnen beoordelen moet onderscheid gemaakt worden in effecten op nationaal niveau en regionaal niveau.

#### *Nationaal:*

Veel van de voorgestelde verbeteringen werken elk jaar in min of meer dezelfde mate dezelfde kant uit en vormen daarmee geen verklaring voor het feit dat de emissieberekeningen een dalende tendens te zien geven vanaf 1990 waar de gemeten concentraties in de lucht geen of nauwelijks een afname laten zien. Uitzondering hierop is de onzekerheid in het aantal dieren, de invloed van de OEB en de electrolytenbalans (dEB) en de ammoniakemissie.

#### *Aantal dieren.*

De onzekerheid in het aantal dieren heeft vooral betrekking op varkens. Het aantal varkens in de landbouwtelling is volgens Boers et al (1995) in 1992 en 1993 hoog. In kranten en vaktijdschriften komen de laatste jaren suggesties voor van te weinig getelde dieren in de landbouwtelling. Varkens hebben echter een relatief beperkte invloed op de totale ammoniakemissie: ongeveer éénderde van de ammoniakemissie is afkomstig van varkens.

#### *OEB/dEB van ruwvoer.*

De vervoeding van snijmais is in de periode 1990-1997 met ca. 15-22,5% toegenomen. De effecten hiervan op de ammoniakemissie zijn recht evenredig inschat met de verlaging van de N-excretie. Dit is een te optimistische inschatting omdat geen rekening is gehouden met de meer geconcentreerde urine die hierdoor wordt gevormd. Daar staat tegenover dat meer van de overschot N wordt vastgelegd in de faeces (par. 2.2.1.5). Naar verwachting zal het totale effect van deze factor op de totale ammoniakemissie eveneens beperkt zijn. Temeer daar de huidige emissiefactoren zijn vastgesteld voor een rantsoen van 30% snijmais en 70% graskuil (Scherphof, 1998; Scholtens en Huis in 't Veld, 1997). Gemiddeld bestond het

geconserveerd ruwvoerrantsoen in de periode 1990-1997 voor ongeveer 65% uit graskuil.

*Ureumconcentratie in de urine van vleesvarkens (zie 2.2.1.5).*

Een over de jaren min of meer constante onderschatting van de ammoniakemissie is te verwachten op basis van de volgende factoren:

1. Voederverbruik per varken en kip
2. Weidegrasopname tot aan de VEM-norm

### **Regionaal**

De verbeteringen die regionaal mogelijk zijn, liggen, voor zover onderzocht, in dezelfde orde van grootte als de verbeteringen op nationaal niveau, max. 5%. Het effect van de uitgevoerde aggregaties ligt in dezelfde orde van grootte als het effect van regionale excretiecijfers (2 regio's). Het effect van aggregaties moet dan ook het eerste worden verbeterd. Naarmate het aantal regio's toeneemt zullen de regionale verschillen groter worden. Gegeven de beschikbare data is op dit moment een onderscheid in max. 5 regio's voor rundvee mogelijk. Of het maximum van 5 gehaald kan worden, hangt af van de statistische marges in het BIN. Om dit na te gaan is nader onderzoek nodig.

### **2.2.3.2 Kwantificering effecten**

De getallen in dit gedeelte zijn grove indicaties en vooral bedoeld om de verschillende factoren onderling te kunnen vergelijken. Het is absoluut niet de bedoeling om de hieronder genoemde %'s op te tellen. Kwantificering is gebeurd met de vervluchtigingspercentages in de huidige berekeningen. Een onderverdeling is gemaakt in methodeverbeteringen met de volgende effecten voor de nationale en regionale ammoniakemissie:

- a) een verhoging, aangegeven met een positief teken: + en bij een marge met +/-
- b) een verlaging, aangegeven met een negatief teken: - en bij een marge met +/-
- c) effect kan positief of negatief uitpakken: bijv -2 tot +5%.

De bij regionaal genoemde verbeteringen hebben geen effect op nationaal niveau.

#### **Nationaal niveau**

#### *Verandering emissie*

##### **A) Een verhoging**

1. Verbeterde schatting opname van weidegras + betere schatting voederwaarde weidegras + 2-5%
2. N-totaal voor excretieberekeningen + 2-4%  
*Verdeling mest/urine en ureumconcentratie*  
*Varkens en pluimvee: in de huidige praktijk bestaan geen significante verschillen in de verdeling van stikstof over de faeces en urine. Bij vleesvarkens wordt de ammoniakemissie onderschat met 4-12,5%.*  
*Rundvee: Meer snijmais in het rantsoen*
3. Verkleining van statistische marges van de basisparameters

Aantal dieren en voederverbruik (van Eerdt en Olsthoorn, 1991)	+ 0-5%
<i>B) Een verlaging</i>	
4. Onderscheid stal en weide verbeteren	- 3-4%
5. Aanvullingen op balansmodel per dier (par. 2.2.1.1)	< -1%
<i>C) Onzeker: hoger of lager</i>	
6. Verkleining van statistische marges van de basisparameters	
- Mineralengehalten in voer	+/- 5%
7. Urinelozingsfrequentie	+/- 2%
8. Gebruik snijmais	< +/-1%
9. Variatie in NZK-gehalten	< +/-1%
10 pH	< +/-1%
<i>In de huidige praktijk is pH-verlaging van urine en mengmest nog niet aan de orde.</i>	

<i>Regionaal</i>	<i>Verandering emissie</i>
<i>A) Onzeker: hoger of lager</i>	
1. Verkleining van statistische marges van de basisparameters	
- Aantal dieren	-1/+10%
2. Meer detail op regionaal niveau en invloed bedrijfsvariatie:	
- verdeling in 5	-5%/+5%
- verdeling in 2 regio's (Leneman et al., 1998)	-0,6%/+3%
3. Invloed aggregaties tot 11 mestsoorten in de berekeningen	
- regionaal	+/- 0-4%
- stal en weide	+/- 0-0,4%

## 2.3 Aanbevelingen

De hieronder genoemde aanbevelingen zijn in twee groepen onderscheiden:

- Aanbevelingen die verbeteringen geven op nationaal niveau
- Aanbevelingen die de berekeningen op regionaal niveau verbeteren

### 2.3.1 Nationaal

Als aanbevelingen voor het nationale niveau kunnen worden geformuleerd:

1. Vergelijk het aantal dieren in de landbouwtelling met die in andere tellingen en andere bronnen in de periode 1994-1998 (par. 2.2.1.2)
2. Blijf het voerverbruik per dier controleren aan de hand van statistieken over het totale voerverbruik (Productschap Diervoeder) (par. 2.2.1.2)
3. Verbeter de representativiteit van de weidegrasmonsters (par. 2.2.1.2)
4. Neem gebruik van snijmais mee in de berekeningen in plaats van gebruik gelijkstellen aan productie (par. 2.2.1.3)
5. Verbeter de schatting van de weidegrasopname door verbetering van de voedernormen (par. 2.2.1.3)

6. Ga na of de opbrengstberekening van grasland betrouwbaarder kan worden door het gebruik van opbrengstmodellen (par. 2.2.1.3)
7. Verbeter de voederwaardebepaling van vers weidegras (par. 2.2.1.3)
8. Differentieer, indien mogelijk en kwantitatief van belang, de excretie naar dag en nacht op basis van voedingspatronen (par. 2.2.1.4)
9. Ga na welk VP geldt voor faeces (par. 2.2.1.5)
10. Maak bij berekeningen van de N-excretie onderscheid in N in faeces en N in urine (par. 2.2.1.5)
11. Ga de variatie in NZK-gehalten na van mengvoeders voor varkens tussen de jaren op grond van grondstoffensamenstelling en voorspel het effect op ammoniak in afhankelijkheid van urine/faeces-verdeling en pH (par. 2.2.1.5).
12. Ga na of met het model van Van Straalen (1995) en/of Schreuder et al. (1995) voor de praktijk een betrouwbare verdeling van stikstof over urine en faeces is te bepalen (par. 2.2.1.5)
13. Stel de relatie vast tussen OEB en dEB en ureum in de urine voor de huidige ruwvoerrantsoenen (2 regio's)
14. Valideer het voorspellingsmodel van het urinevolume (Bannink en van Vuuren, 1998) voor de huidige praktijkrantsoenen en bereken de ureumconcentratie (par. 2.2.1.5)

### 2.3.2 Regionaal

Als aanbevelingen voor het regionale niveau kunnen worden geformuleerd:

1. Bepaal de significantie van regionale verschillen in mineralengehalten van gras en snijmais (op basis van BLGG-gegevens) en neem deze, bij gebleken significantie, mee in de berekeningen (par. 2.2.2.1)
2. Ga na of verdere regionale detaillering mogelijk is op basis van BIN gegevens en statistieken grasland/ruwvoergebruik. Op basis van de nu beschikbare gegevens is een detaillering tot 5 regio's het maximum (par. 2.2.2.1)
3. Bepaal de significantie van ruwvoertransporten tussen regio's (op basis van BIN gegevens) op regionale verschillen en, bij gebleken significantie, neem deze mee in de berekeningen (par. 2.2.2.1)
4. Bepaal de significantie van regionale verschillen in mineralengehalten van meng- en ruwvoeders (op basis van gegevens van Bureau Heffingen) en neem, bij gebleken significantie, deze mee in de berekeningen (par. 2.2.2.1)
5. Validatie en ijking van het Stofstromenmodel van LEI-DLO en AB-DLO voor regionale berekeningen (par. 2.2.2.1)
6. Neem bij gebruik van regionale cijfers het effect van aggregatie en beschikbare regionale WUM-excretiecijfers mee in berekeningen en analyse (par. 2.2.2.1)
7. Kies als basis voor aggregatie een parameter waarbij de verschillen met niet geaggregeerde berekeningen minimaal zijn. Vanuit het oogpunt van NH<sub>3</sub>-emissie heeft de N-excretie als basisparameter de voorkeur (par. 2.2.2.2)
8. Onderscheid een extra mestsoort door melkvee te splitsen in melk- en kalfkoeien enerzijds en jongvee anderzijds (par. 2.2.2.2)
9. Maak de methodiek voor de verdeling van mest en stikstof over stal en weide in de LEI-mestmodellen voor vleesvee gelijk aan die voor melkvee en die van de WUM

10. Ga na wat de consequenties zijn van wijziging van definitie van bedrijf in de landbouwtelling naar vestiging (par. 2.2.2.3)



## Referenties

- Bakker, G.C.M., 1996. *Interaction between carbohydrates and fat in pigs*. PhD Thesis. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Bannink, A. en A.M. van Vuuren, 1998. *Kation-anionverschil in melkveerantsoenen als methode om urine pH en ammoniakemissie te beïnvloeden*. ID-DLO rapport no. 98.032. ID-DLO, Lelystad.
- Bannink, A., H. Valk en A.M. van Vuuren, 1998. *Relatie tussen mineralen en urine productie in melkgevende koeien*. ID-DLO rapport no. 98.030. ID-DLO, Lelystad.
- Boers, G.J., R.D. Meesters en J. Dijk, 1995. *Landbouwtelling in vergelijking met andere bronnen*. Onderzoeksverslag 141. LEI-DLO, Den Haag.
- Bruins, W.J., 1998. *Persoonlijke schriftelijke mededeling*. IKC-Landbouw, Ede.
- Bussink, D.W. en O. Oenema, 1998. *Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas; a review*. Nutrient cycling in Agroecosystems (in press).
- Canh, Truong Thanh, 1998. *Ammonia emission from excreta of growing-finishing pigs as affected by dietary composition*. Rapport 98-05. Proefschrift, Van Gils B.V., Wageningen.
- CBS, 1998. *Mondelinge mededeling* A.J. Niphuis, Voorburg.
- Eerdt, M.M., van 1998. *Mestproductie en mineralenuitscheiding 1997*. In: Kwartaalbericht Milieustatistiek, no. 4: 41-46.
- Eerdt, M.M. van C.S.M., en Olsthoorn, 1991. *Productie van dierlijk mest, 1980-1990*. In: Kwartaalbericht Milieustatistiek, no. 4: 11-19.
- Hoogervorst, N.P.J. en P.M. van Egmond, 1998. *Methodenrapport monitoring fosfaat-, stikstof- en ammoniakemissies uit de landbouw*. RIVM, Bilthoven (in druk).
- IKC-Landbouw, 1998. Schriftelijke mededeling van A.W. Vermeer. *Bestaan van 'zwarte' varkens in Nederland*. Intern rapport, Wageningen.
- Ingvarsen, K. L., 1994. *Models of voluntary food intake in cattle*. In: Livestock Production Science 39: 19-38.
- Kappers, I.E. en H. Valk, 1996. *Het effect van N-bemesting op voederwaarde, voeropname en N-benutting van gras bij hoogproductieve melkkoeien*. 2. Resultaten van stalvoederproeven. Rapport ID-DLO no. 274, Lelystad.

Koelen, C.J. van der, A.M. van Vuuren en M.C.J. Smits, 1996. *Voorstudie naar het effect van voersamenstelling op de ureumconcentratie in urine en de urineproductie van melkkoeien ten behoeve van een onderzoek naar het effect op de ammoniakemissie*. Intern rapport ID-DLO no. 96.011, Lelystad.

Leneman, H., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek en P.H.M. Janssen, 1998. *Gevoeligheidsanalyse berekening ammoniakemissie*. LEI-DLO-mededeling 602. LEI-DLO/RIVM, Den Haag.

Meer, H.G. van der, 1991. *Het lot van in mest en urine uitgescheiden stikstof: in de weide, in de stal en tijdens de opslag van mest*. In: H.G. van der Meer (ed.) *Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maisland*. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 10: 39-48.

Meijer, R.G.M., G.J. Rimmelink en Tj. Boxem, 1996. *OEB-niveau in melkveeantsoenen*. Publicatie 116. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), Lelystad.

Monteny, G.J. and J.W. Erisman, 1998. *Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction*. Submitted to: Netherlands Journal of Agricultural Science.

Muck, R.E. and T.S. Steenhuis, 1981. *Nitrogen losses in free stall dairy barns*. In: Anonymous (Ed.) *Livestock Wastes: a renewable source*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph: 406-409.

Peet-Schwering, C.M.C. van der, N. Verdoes, M.P. Voermans en G.M. Beelen, 1996. *Effect van voeding en huisvesting op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen*. In: P.J. van der Aar et al. (ed.) *Veevoeding en ammoniakemissie: Stand van zaken in het onderzoek*. Kwaliteitsreeks nr. 37. Productschap voor Veevoeder, Den Haag.

Productschap Diervoeder, 1997. *Monitoring mineralen in diervoeders in 1996*. Productschap Diervoeder, Den Haag.

Scherphof, W., 1998. *Mondelinge mededeling*. IKC-Landbouw, Ede.

Scholten, R.H.J., A.I.J. Hoofs en N. Verdoes, 1997. *Bijproducten in relatie tot technische resultaten en milieukeurmerken bij vleesvarkens*. Proefverslag no. P 1.187. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Scholten, R.H.J., A.J.A.M. van Zeeland, N. Verdoes, P.F.M.M. Roelofs, G.M. den Brok en J. Haaksma, 1998. *Toevoeging van perspulp aan droogvoer en brijvoer van vleesvarkens*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen (in druk).

Scholten, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1997. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee*. Rapport 97-1006, DLO, Wageningen.

- Schreuder, R., J.C. van Middelkoop, J. Aalenhuis en F. Mandersloot, 1995. *Mineralenstroom milieumodule in BBPR*. Publicatie nr. 99. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), Lelystad.
- Smits, M.C.J., G.J. Monteny en H. Valk, 1998. *Effecten van bijvoeding, N-bemesting en beweiding op ammoniakemissie van melkkoeien*. Rapport 98.07. IMAG-DLO, Wageningen.
- Smits, M.C.J., H. Valk, G.J. Monteny and A.M. van Vuuren, 1997. *Effect of protein nutrition on ammonia emission from cow houses*. In: S.C. Jarvis en B.F. Pain (ed.) *Gaseous nitrogen emissions from grasslands*, 101-107.
- Smits, M.C.J., A.M. van Vuuren en M.C. Verboon, 1996. *Onderzoek naar urineproductie, urineloosingspatroon en ammoniakemissie bij rundvee*. In: P.J. van der Aar et al. (ed.) *Veevoeding en ammoniakemissie: Stand van zaken in het onderzoek*. Kwaliteitsreeks nr. 37. Productschap voor Veevoeder, Den Haag.
- Smits, M.C.J., H. Valk, A. Elzing and A. Keen, 1995. *Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle*. In: *Livestock production science* 44: 147-156.
- Straalen, W.M. van, 1995. *Modelling of nitrogen flow and excretion in dairy cows*. PhD Thesis, Agricultural University Wageningen.
- Tamminga, S., 1992. *Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control*. *Journal of Dairy Science* 75: 345-357.
- Valk, H., A.M. van Vuuren en S.J. Langelaar, 1996. *Bijvoeding in de weideperiode: veevoedkundige-, milieu- en bedrijfseconomische aspecten*. Mededelingen IVVO-DLO no. 18.
- Veen, M.Q. van der, H.F.M. Aarts, J. Dijk, N. Middelkoop en C.S. van der Werf, 1993. *Stofstromen in de Nederlandse landbouw. Deel 1. Nutriëntenstromen op melkveebedrijven in Gelderland*. Onderzoeksverslag 112. LEI-DLO/CABO-DLO, Den Haag en Wageningen.
- Verdoes, N., 1998. *Mondelinge mededeling*. Praktijkonderzoek Veehouderij, Rosmalen.
- Vrij Nederland, 1998. *Het (af)tellen. Koteletten en karbonade*. Door E. Verhey, 24 januari 1998.
- Vuuren, A.M. van and M.C.J. Smits, 1997. *Effect of nitrogen and sodium chloride intake on production and composition of urine in dairy cows*. In: S.C. Jarvis en B.F. Pain (ed.) *Gaseous nitrogen emissions from grasslands*, 95-99.

Wagenberg, C.P.A. van en G.B.C. Backus, 1997. *Effecten van maatregelen ter reductie van de mineralenuitscheiding door varkens in het NUBL-gebied*. Proefverslag no. P 1.191. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Werkgroep Praktijkcijfers Mest en Mineralen Pluimveehouderij, 1995. *Praktijkcijfers mest en mineralen van vleeskalkoenen (diercategorie 210, mestcode 23), leghennen (diercategorie 301, mestcode 32) en vleeskuikens (diercategorie 312, mestcode 39)*. IKC-Landbouw, Nederlandse Organisatie van Pluimveehouders, Mestbank, Wageningen.

Wever, C.J., 1997. *Voeding en ammoniakemissie. Anticiperend onderzoek naar de mogelijkheden van voedingsmaatregelen in de AmvB huisvesting*. IKC-Landbouw, Ede.

WUM, 1994a. *Uniformering berekening mest en mineralen. Standaardcijfers rundvee, schapen en geiten, 1990 t/m 1992*. Werkgroep Uniformering berekening mest- en mineralencijfers (redactie M.M. van Eerdt). CBS, IKC-Veehouderij, LAMI, LEI-DLO, RIVM en SLM.

WUM, 1994b. *Uniformering berekening mest en mineralen. Standaardcijfers varkens, 1990 t/m 1992*. Werkgroep Uniformering berekening mest- en mineralencijfers (redactie M.M. van Eerdt). CBS, IKC-Veehouderij, LAMI, LEI-DLO, RIVM en SLM.

WUM, 1994c. *Uniformering berekening mest en mineralen. Standaardcijfers pluimvee, konijnen en pelsdieren, 1990 t/m 1992*. Werkgroep Uniformering berekening mest- en mineralencijfers (redactie M.M. van Eerdt). CBS, IKC-Veehouderij, LAMI, LEI-DLO, RIVM en SLM.

WUM, 1998. *Regionale verschillen in excretie bij varkens en pluimvee*. (In voorbereiding).

### 3 Stal en buitenopslag

#### 3.1 Stallen

##### 3.1.1 Ammoniakemissies in huidige rekenmethodiek

De NH<sub>3</sub>-emissies van vee in een stal wordt in de huidige rekenmethodiek als volgt berekend:

met:

- $E\text{-NH}_3\text{-ber}$  = berekende ammoniakemissie (kg NH<sub>3</sub> per gemiddeld aanwezig dier per jaar)
- $N_{\text{excr}}$  = stikstofexcretie (kg N per dier per jaar)
- VP = vervluchtigingspercentage (% van  $N_{\text{excr}}$ ).

In de huidige rekenmethodiek vormen vervluchtigingspercentages (VP's) per combinatie van diersoort en stalsysteem het belangrijkste uitgangspunt bij de berekening van NH<sub>3</sub>-emissies uit stallen. De VP's voor *gangbare stallen* zijn afgeleid van geschatte N-excreties per gemiddeld aanwezig dier (gad) in 1986 en van ammoniak-emissies uit stallen per dierplaats zoals gerapporteerd in de Ecologische Richtlijn van 1991. Deze emissies zijn omgerekend naar N-vervluchtiging per gad door rekening te houden met een gemiddelde leegstand per diercategorie. De N-excretie per gad is anno 1991 afgeleid uit datasets die LEI en CBS toendertijd voor 1986 hanteerden (Hoogervorst, 1991). De aldus afgeleide VP's zijn in 1994 vergeleken met de toenmalig beschikbare meetgegevens (Van der Hoek, 1994). Die vergelijking was toen geen aanleiding om de VP's te wijzigen.

De VP's voor *emissie-arme stallen* zijn ontleend aan de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (UAV) uit 1994. Die is berekend door de VP voor een gangbare stal te vermenigvuldigen met de verhouding tussen de emissiefactor (in kg/dierplaats) van een bijbehorende emissie-arme stal en die van de gangbare stal. In tabel 3.1 (Hoogervorst en Van Egmond, 1998) wordt een overzicht gegeven van de VP's voor de belangrijkste combinaties. Daarin zijn tevens de, op basis van de N-excretiecijfers uit 1997 (Van Eerd, 1998), in de rekenmethodiek berekende NH<sub>3</sub>-emissies uit stallen opgenomen.

Tabel 3.1 Vervluchtigingspercentage (VP; % van N-excretie), N-excretie (kg N per gad per jaar) en in de methodiek berekende NH<sub>3</sub>-emissie (kg NH<sub>3</sub> per gad per jaar) per combinatie van diersoort en stalsysteem.

Diersoort/stalsysteem	VP (%)	N-excretie (kg N/gad) <sup>*1)</sup>	NH <sub>3</sub> -em. (kg NH <sub>3</sub> /gad)
<i>Melkvee</i>		61,3 <sup>*1)</sup>	
Ligboxenstal	14,6 <sup>*2)</sup>		10,87
Grupstal	7,1 <sup>*2)</sup>		5,28
Emissie-arme ligboxenstal	9,5		7,07
<i>Vleesvee</i>	12,6		
Gangbare stal	8,2		
Emissie-arm			
<i>Vleeskalveren</i>	15,1		
Gangbare stal	nvt		
Emissie-arm			
		13,0	
<i>Vleesvarkens</i>	19,3		3,05
Traditionele stal; volledig roosters	16,1		2,54
Idem; gedeeltelijk roosters	13,0		2,05
Emissie-arme stal			
		29,9	
<i>Fokvarkens</i>	19,5		7,08
Traditionele stal	13,0		4,72
Emissie-arme stal			
		0,70	
<i>Legpluimvee</i>	8,7		0,074
Batterijstal (met open buitenopslag)	3,7		0,031
Bandbatterij (met dagontmesting)	40,5		0,344
Deep-pitstal	3,7		0,031
Bandbatterij (geforceerde droging)	3,7		0,031
Idem met buitenopslag in loods	18,7		0,159
Grondhuisvesting			
		0,59	
<i>Vleeskuikens</i>	10,6		0,076
Traditionele stal	2,6		0,019
Emissie-arme stal			

\*1) Voor een stalperiode van 190 dagen.

\*2) De VP's gelden voor een heel kalenderjaar.

### 3.1.2 Vergelijken huidige rekenmethodiek met onderzoeksgegevens

In de loop van de jaren zijn de N-excretiecijfers herzien. Tevens zijn vanuit landbouwkundig onderzoek nieuwe gegevens beschikbaar gekomen over NH<sub>3</sub>-emissies van diverse traditionele en emissie-arme stallen, waarbij in een aantal gevallen VP's zijn vastgesteld of af te leiden zijn.

In de onderstaande paragrafen wordt een evaluatie uitgevoerd van de beschikbare kennis op het gebied van de basis-elementen (VP's, N-excreties, NH<sub>3</sub>-emissies) van de, in de huidige rekenmethodiek gebruikte, berekeningswijze voor de stalemissies voor de verschillende diersoorten (melkvee, varkens en pluimvee).

### 3.1.2.1 Melkvee

In Nederland wordt ca. 90% van het melkvee gehouden in ligboxenstallen, waarin de dieren zich vrij kunnen bewegen. De loopgang is in traditionele stallen veelal uitgevoerd als roostervloer en de mest wordt in de meeste gevallen onder loopgang en ligboxen opgeslagen. Het overige melkvee wordt gehouden in grupstallen, waarbij de dieren zijn aangebonden. De mest wordt opgevangen in een grup achter de dieren. De uitvoering van de grup varieert van ondiep (aanwezigheid van stro; scheiding van faeces en urine) tot diep (met rooster; mengmestopslag).

#### *Vervluchtigingspercentage*

In aanhangsel 3.1 is een overzicht gegeven van drie experimenten in een mechanisch geventileerde ligboxenstal, waarbij gegevens zijn verzameld op basis waarvan VP's kunnen worden berekend. Uit het onderzoek van Kroodsmas et al. (1995), uitgevoerd in een stal met roostervloer (traditioneel), is een VP af te leiden van 9,4%. De N-excretie is daarbij geschat als de som van de N in de mengmest (berekend uit de mestsamenstelling en de toename van de mesthoogte in de kelder in de tijd) en de geëmitteerde N. Het genoemde VP ligt aanmerkelijk lager dan de VP die in de rekenmethodiek voor traditionele ligboxenstallen wordt gehanteerd (14,6%).

Onderzoekgegevens voor de evaluatie van het VP voor melkkoeien in grupstallen zijn niet gevonden. Voor een combinatie van een emissie-arme stalvloer (V-vormig en Top-vloer) en rantsoenvarianten (Smits et al., 1993 en Smits et al., 1996) blijkt, uitgaande van een op dezelfde manier geschatte N-excretie, een VP van 5,6 – 10,5%. Daarbij dient te worden opgemerkt dat Smits et al. (1996) de schatting van de N-excretie op basis van mengmestsamenstelling en emissie als onnauwkeurig aanmerken. Toepassing van het verschil tussen de N-opname en de N-uitscheiding via de melk (N-vastlegging t.b.v. groei en reproductie niet meegenomen) als schatting van de N-excretie op deze onderzoekresultaten levert een VP op tussen 6,0 en 9,5%. Deze waarden liggen lager dan de in de VP's die in de huidige rekenmethodiek voor emissie-arme ligboxenstallen worden gebruikt van resp. 9,5 en 12,0% (tabel 3.1).

#### *Ammoniakemissie*

Gebruikmakend van de VP's uit tabel 3.1 wordt in de huidige rekenmethodiek een NH<sub>3</sub>-emissie berekend van 10,87 en 5,28 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per 190 dagen voor resp. een ligboxenstal en een grupstal. Dit is afgerond resp. 9,0 en 4,4 kg N per dierplaats per 190 staldagen.

Metingen aan een mechanisch (Kroodsmas et al., 1995) en een natuurlijk geventileerde ligboxenstal (Van 't Ooster, 1994) resulteerden in een NH<sub>3</sub>-emissie van resp. 5,1 – 5,6 en 7,6 kg per koe per 190 staldagen. Groot Koerkamp et al. (1998) en Scholtens & Huis in 't Veld (1997) vonden daarentegen, voor melkvee in natuurlijk geventileerde ligboxenstallen, aanmerkelijk hogere emissies, n.l. resp. 9,1 en 8,9 kg NH<sub>3</sub> per dier per 190 staldagen. De met de huidige rekenmethodiek berekende NH<sub>3</sub>-emissie voor ligboxenstallen is hoger dan gemeten emissies.

Uit metingen uitgevoerd aan grupstallen in de praktijk bleek een NH<sub>3</sub>-emissie van 2,0 (mechanische ventilatie; Groenestein & Montsma, 1991) en 4,5 kg per dier per 190 staldagen (natuurlijke ventilatie; Groot Koerkamp et al., 1998).

Onderzoek door Smits et al. (1993 en 1996; aanhangsel 3.1), waarbij rantsoenvarianten werden doorgemeten in een mechanisch geventileerde ligboxenstal uitgerust met emissie-arme vloersystemen, resulteerde in NH<sub>3</sub>-emissies van 5,3 tot ca. 10 kg per dier per 190 staldagen. De lage emissie correspondeert met een N-arm rantsoen, terwijl de hoge emissie bij een N-rijk rantsoen werd vastgesteld. Scholtens et al. (1996) stelden in een natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee een emissie van 4 kg NH<sub>3</sub> per 190 staldagen vast voor een combinatie van een eenzijdig hellende betonvloer en een sproeischuif. Opgemerkt kan nog worden dat de NH<sub>3</sub>-emissie die in de huidige rekenmethodiek voor emissie-arme ligboxenstallen wordt berekend (zie tabel 1.1) aanzienlijk hoger ligt dan de zgn. emissiefactor (4,4 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per 190 staldagen) voor Groen Labelstallen. Duidelijk is dat de NH<sub>3</sub>-emissie tussen gelijksoortige stallen aanzienlijk kan variëren. In paragraaf 3.1.3 wordt nader ingegaan op de factoren die het ontstaan en ontwijken van NH<sub>3</sub> beïnvloeden.

### 3.1.2.2 Varkens

Binnen de Nederlandse varkenshouderij zijn vleesvarkens, zeugen (guste en dragende; kraamzeugen) en biggen de belangrijkste takken. Voor vleesvarkens is een huisvestingssysteem met gedeeltelijk rooster het belangrijkste, hoewel ook stallen met volledig rooster nog algemeen voorkomen. Binnen de zeugenhouderij worden guste en dragende zeugen voornamelijk gehouden in vloerligboxen, waarbij de vloeruitvoering een combinatie is van roostervloer en dichte vloer. Kraamzeugen worden hoofdzakelijk worden gehouden in kraamhokken met een volledig roostervloer. In beide systemen worden de dieren individueel gehuisvest.

#### *Vervluchtigingspercentages*

In aanhangsel 3.2 is een gedetailleerd overzicht opgenomen van een aantal experimenten waarvan uitkomsten zijn gebruikt voor het bepalen van een VP voor traditionele en emissie-beperkende en emissie-arme stallen voor varkens. In de onderstaande tabel worden de belangrijkste resultaten samengevat.

Uit deze cijfers blijkt dat de N-excretie, inclusief de NH<sub>3</sub>-emissie, voor vleesvarkens in traditionele huisvestingsystemen varieert van bijna 28,9 tot 41,9 g N dag<sup>-1</sup> per dier, ofwel van 10,5 tot 15,3 kg N per dier per jaar. Tevens blijkt uit het onderzoek van Van der Peet-Schwering et al. (1996, 1997) dat de N-excretie bij multi-fasenvoeding aanmerkelijk lager is dan bij twee-fasenvoeding. De bovengenoemde N-excreties liggen gemiddeld genomen lager dan de waarden voor vleesvarkens in de huidige rekenmethodiek (14,5 kg N per dier per jaar).

In vergelijking met de in de huidige rekenmethodiek gebruikte VP voor traditionele vleesvarkensstallen met 50% roosters (16,1%) lijken de gegevens uit het onderzoek (op basis van berekende N-excretie en gemeten NH<sub>3</sub>-emissie) gemiddeld goed overeen te komen, hoewel de variatie redelijk groot is, n.l. 15,8 – 18,3%. Ook voor



emissie-beperkende en emissie-arme systemen liggen de uit onderzoek afgeleide VP's (11,6 – 14,2%) nagenoeg in dezelfde range als de in de huidige methodiek gehanteerde VP's (13,0 en 15,8% voor resp. concentratiegebieden en niet-concentratiegebieden).

Tabel 3.2 Basisgegevens (N-excretie en NH<sub>3</sub>-emissie in g N dag<sup>-1</sup> per dier) en VP voor traditionele en emissie-arme systemen voor vleesvarkens. In de kolom 'NH<sub>3</sub>-emissie' is tussen haakjes de emissie in kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar vermeld.

Diercategorie/systeem	N-excretie	NH <sub>3</sub> -emissie	VP	Referentie
<i>Traditioneel</i>				
50% betonrooster	28,0	5,3 (2,3)	15,8	Aarnink, 1997
50% betonrooster	30,1	5,0 (2,7)	14,3	Huis in 't Veld & Groenestein, 1995 Den Brok et al., 1997b
metalen driekantrooster	23,9	5,0 (2,2)	17,2	Aarnink, 1997
5 roostertypen	26,5	5,4 (2,4)	17,0	Van der Peet-Schwering et al., 1996
twee-fasenvoeding	34,7	7,2 (3,2)	17,2	
multi-fasenvoeding	31,0	6,9 (3,1)	18,3	
<i>emissie-beperkend:</i>				
25% betonrooster	28,9	4,7 (2,1)	14,2	Aarnink, 1997 Van der Peet-Schwering et al., 1996
aangepast hok + voeding	32,5	4,0 (1,8)	11,6	Hol & Satter, 1998b
Van der Peet-Schwering et al., 1997				
verkleind emitterend oppervlak	25,1	3,6 (1,6)	12,5	
Satter et al., 1997b				
optimaal hok + voeding	29,7	3,9 (1,7)	12,3	Groenestein & Huis in 't Veld, 1996
<i>emissie-arm:</i>				
spoelgoten	29,1	5,5 (2,0)	13,5	
mestkoelen	29,3	5,1 (1,9)	12,5	

Voor zeugen en biggen zijn geen onderzoeksgegevens bekend op basis waarvan een evaluatie van de VP's kan worden uitgevoerd.

### **Ammoniakemissie**

Metingen aan de NH<sub>3</sub>-emissie van traditionele vleesvarkensstallen laten een grote spreiding zien. Gemiddeld genomen is de emissie echter redelijk vergelijkbaar met de zgn. emissiefactor voor traditionele systemen (2,5 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar).

Voor kraamzeugen (9,4 – 9,9 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar; Groenestein & Montsma, 1993; 5,6 – 10,8 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar; Hendriks et al., 1995) en opfokbiggen (0,19-0,23 (winter-zomer; Hol & Groenestein, 1994), 0,07 (Groenestein & Montsma, 1993), 0,57 (Montsma & Groenestein, 1992) en 0,21 – 0,39 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar (Den Brok et al., 1997) blijkt dat de variatie in emissie tussen bedrijven met hetzelfde stalsysteem groot is.

Uit de cijfers van tabel 3.2 blijkt dat de NH<sub>3</sub>-emissie van emissie-arme systemen voor vleesvarkens in het algemeen iets hoger ligt dan de norm voor Groen Label (1,5 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar). Uit aanhangsel 3.3 blijkt echter dat de NH<sub>3</sub>-emissie door stalaanpassingen en mestbehandeling voor elke varkenscategorie tot onder de genoemde norm kan worden gereduceerd.

### 3.1.2.3 Pluimvee

Binnen de pluimveehouderij zijn leghennen en vleeskuikens de belangrijkste takken. Voor leghennen is daarbij onderscheid te maken tussen systemen met batterijhuisvesting en voliëresystemen. Batterijhuisvesting met mestbanden is de huidige standaard voor leghennen, waarbij door aanpassingen in het management (verwijderingsfrequentie van de mest) en de technische specificaties van het mestdroogsysteem lagere emissies haalbaar zijn ten opzichte van de standaard mestbandbatterij. Vleeskuikens worden voornamelijk gehouden in traditionele stallen met een volledige strooiselvloer. Een klein percentage (schatting <5%) van de dieren wordt gehouden in emissie-arme systemen. Door de hoge kosten en problemen met de hygiëne worden deze emissie-arme systemen niet geadviseerd.

Bij IMAG-DLO is een groot bestand met meetgegevens beschikbaar. Een eerste vergelijking van de N-excreties uit tabel 3.1 met de N-excreties uit het IMAG-bestand laat zien dat de N-excreties uit tabel 3.1 hoger zijn. Hier zou verder naar gekeken moeten worden. De gehanteerde leegstandsperiode voor de berekeningen heeft een belangrijke invloed op de getallen.

#### *Vervluchtigingspercentages*

Er is een oriënterende inventarisatie gepleegd van onderzoek naar ammoniakemissies op basis waarvan vervluchtigingspercentages konden worden berekend. Ondanks dat reeds veel onderzoek is uitgevoerd naar ammoniakemissies van pluimveestallen, bleek slechts van een klein deel alle benodigde informatie direct beschikbaar. De resultaten van de gepleegde inventarisatie geven dus een beperkt beeld van de werkelijkheid. Zo ontbreken bijvoorbeeld gegevens van scharrelstallen voor leghennen (traditioneel en emissie-arm), mestbandbatterijen met verbeterde mestdroging en vleeskuikenstallen met geforceerde droging van het strooisel.

Gegevens voor het berekenen van VP's voor traditionele batterijstallen zonder mestbehandeling (drogen, ontmesten) zijn niet beschikbaar. Voor batterijstallen met mestbanden is een VP berekend 3,3 en 5,1% voor respectievelijk dagelijks en twee maal per week (met droging) verwijderen van de bandmest. De VP's voor standaard voliëresystemen lagen tussen 8,3 en 20,6%. VP's voor voliëresystemen met strooiseldroging bedroegen 2,4 en 4, 8%. De VP's voor traditionele vleeskuikenstallen bedroegen 9,9 en 11,2 en voor een emissie-arm systeem (koeldek) 6,7 en 7,4% van de uitgescheiden stikstof.

#### *Ammoniakemissies*

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de NH<sub>3</sub>-emissies zoals deze worden berekend in de huidige rekenmethodiek (zie tabel 3.3), gestandaardiseerd volgens de Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij (versie juli 1998) en gemeten.

Hieruit blijkt dat er grote verschillen bestaan tussen berekende en gemeten waarden voor de NH<sub>3</sub>-emissie van emissie-arme systemen (mestbandbatterij met droging en frequente ontmesting), systemen met grondhuisvesting en voliëresystemen. De emissie van traditionele vleeskuikenstallen is in de U.A.V. gestandaardiseerd op 50 gram ammoniak per dierplaats per jaar, terwijl in de huidige rekenmethodiek een

emissie van 76 gram per dierplaats per jaar wordt berekend. Recent onderzoek (nog niet gepubliceerd materiaal) laat zien dat de ammoniakemissie uit traditionele vleeskuikenstallen doorgaans hoger is dan de U.A.V.-standaard en in de orde grootte van de emissie in de rekenmethodiek uitkomt. Emissie-arme systemen voor vleeskuikens hebben een emissie van 5 of 14 gram per dierplaats per jaar (Groot Koerkamp, persoonlijke mededeling), hetgeen lager is dan de emissie die in de rekenmethodiek wordt berekend (zie tabel 3.3).

*Tabel 3.3 Overzicht van NH<sub>3</sub>-emissies uit huisvestingssystemen voor leghennen in kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar.*

Systeem	Rekenmeth.	UAV	Onderzoek	Referentie
Batterij / natte mest / opslag in stal		0,083	0,083	Kroodsma et al, 1988
Mestbandbatterij / natte mest / 2 maal per week verwijderen	0,031	0,035	0,034	Kroodsma et al., 1988
Compactbatterij met schrapers / natte mest / 2 maal per dag verwijderen		0,020	0,014 en 0,025	Hol & Gunnink, 1995
Batterij / droge mest door compostering / opslag in kelder of put	0,344	0,386		
Mestbandbatterij / droge mest / 1 maal per week verwijderen	0,031	0,035	0,031	Kroodsma et al., 1988
Mestbandbatterij / droge mest 55% d.s. / 1 maal per 5 dagen verwijderen	0,031	0,010	0,007	Reuvekamp & Niekerk, 1997
Grondhuisvesting	0,159	0,315	0,327 – 0,362	Hol & Gunnink, 1996
Grondhuisvesting met droging van mest in de beun en wekelijkse afvoer	0,159		0,157 – 0,220	Satter & Gunnink, 1998
Volièresysteem standaard	0,159	0,090	0,050 – 0,130	Groot Koerkamp, 1998

### 3.1.3 Aanbevelingen stalemissies

In tabel 3.4 wordt een overzicht gegeven van VP's en NH<sub>3</sub>-emissies van de belangrijkste staltypes, zoals deze gebruikt worden in resp. berekend worden met de huidige rekenmethodiek en die uit onderzoek zijn af te leiden.

Tabel 3.4 Overzicht VP (% van N-excretie) en NH<sub>3</sub>-emissie (kg NH<sub>3</sub> per dier per 190 staldagen voor melkkoeien en kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar voor de overige diercategorieën) in de huidige rekenmethodiek en uit onderzoek.

Diercategorie/ Staltype	VP		NH <sub>3</sub> -emissie	
	Rekenmeth.	Onderzoek	Rekenmeth.	Onderzoek
<i>Melkvee:</i>				
- ligboxenstal	14,6	9,4 <sup>*)</sup>	10,9	5,1 – 9,1
- grupstal	7,1	-	5,3	2,0 en 4,5
- Emissiearm (ligbox)	9,5 – 12,0	6,0 – 9,5	7,1 – 8,9	5,3 – 10,0
<i>Vleesvarkens:</i>				
- traditioneel (50% rooster)	16,1	15,8 – 18,3	2,5	2,2 – 3,4
- emissie-arm	13,0 – 15,8	11,9 – 14,2	2,1 – 2,5	1,0 – 3,0
<i>Guste en dragende zeugen:</i>				
- traditioneel	19,5	-	-	-
- emissie-arm	13,0 – 15,8	-	-	2,1 – 3,7
<i>Kraamzeugen</i>				
- traditioneel	19,5	-	7,1	5,6 – 10,8
- emissie-arm	13,0 – 15,8	-	4,7 – 5,7	1,6 – 7,5
<i>Leghennen:</i>				
- traditioneel	8,7	-	0,074	0,083
- voliere	18,7	8,3 – 20,6	0,159	0,050 – 0,130
- emissie-arm	3,7	3,3 – 5,1	0,031	0,007 – 0,0034
<i>Vleeskuikens:</i>				
- traditioneel	10,6	9,9 – 11,2	0,076	> 0,050
- emissie-arm	2,6	6,7 – 7,4	0,019	0,005 en 0,014

<sup>\*)</sup> N-excretie berekend op basis van N-opname minus N-melk (Smits et al., 1996)

### **Korte termijn**

De hiervoor uitgevoerde evaluatie van de huidige rekenmethodiek leidt tot de volgende aanbevelingen:

- aanpassing VP's voor traditionele melkveestallen van 14,6 naar 10,0% (stalperiode)
- idem voor emissie-arme melkvestallen van 9,5 – 12,0 naar 8% (stalperiode), waarbij geen onderverdeling naar concentratie en niet concentratiegebied wordt gemaakt
- VP vleesvarkens traditioneel niet veranderen
- VP vleesvarkens emissie-arm aanpassen, waarbij nadere analyse dient plaats te vinden van de gemeten NH<sub>3</sub>-emissies in relatie tot N-excreties, zodat tot een per emissie-beperkend systeem gedifferentieerd VP kan worden gekomen
- nadere analyse van de emissiecijfers voor andere varkenscategorieën in relatie tot N-excreties, waardoor gekomen wordt tot per emissie-beperkend systeem gedifferentieerde VP's
- herziening en differentiatie van VP's voor traditionele en emissie-arme systemen voor leghennen en vleeskuikens

Daarbij dient voor melkvee te worden opgemerkt dat het onderzoek, op basis waarvan VP's zijn berekend, is uitgevoerd in een mechanisch geventileerde ligboxenstal. In vervolgonderzoek dient de relatie tussen N-excretie en NH<sub>3</sub>-emissie, en derhalve het

vaststellen van VP's, bij voorkeur in natuurlijk geventileerde (praktijk-)stallen te worden uitgevoerd.

### *Langere termijn*

In de huidige rekenmethodiek worden vaste en constante VP's als uitgangspunt genomen, die onafhankelijk zijn van de hoeveelheid uitgescheiden stikstof. De belangrijkste bezwaren hiertegen zijn:

- a) NH<sub>3</sub>-emissie is vooral gekoppeld aan de hoeveelheid minerale stikstof (ammonium-N) in mest en aan ureumgehalten in urine;
- b) Er wordt geen rekening gehouden met tijd- en ruimtevariatie in emissie.

Ad a). Ammoniak is hoofdzakelijk het eindproduct van de enzymatische omzetting van ureum in de urine van varkens en rundvee en van urinezuur in de excreta van pluimvee. Voor melkvee is een duidelijk lineair verband aangetoond tussen de ureumconcentratie in de urine en de emissie (Elzing & Monteny, 1997). Pas bij langduriger aanwezigheid van mest in de stal kan de afbraak van organisch gebonden N een leiden tot de vorming van NH<sub>3</sub> (Monteny & Erisman, 1998). Het ligt daarom voor de hand om op termijn het gehalte aan totaal-ammonium-N (TAN) van mest als basis te nemen voor de VP's. De gehanteerde N-excretiecijfers zouden daarbij vervangen kunnen worden door genormaliseerde cijfers over de TAN-gehalten van verschillende mestsoorten.

Ad b). Naast het onder ad a) genoemde TAN-gehalte zijn er een aantal andere factoren die de NH<sub>3</sub>-emissie bepalen. De belangrijkste zijn:

temperatuur in de stal en van de mest

- pH
- luchtsnelheid
- emitterend oppervlak
- bevuild oppervlak per dier
- vloertype (factoren laagdikte van de urine en benat oppervlak per urinelozing)
- veevoeding (m.n. urineerfrequentie en ureumgehalte in de urine)
- 

In tabel 3.5 wordt het effect van staltemperatuur op de gemeten NH<sub>3</sub>-emissie en het berekende VP (uitgaande van de, op basis van mestproductie en -samenstelling berekende, N-excretie) geïllustreerd. De basisgegevens zijn ontleend aan Kroodsma et al. (1995).

*Tabel 3.5 Maandgemiddelde staltemperatuur, gemeten NH<sub>3</sub>-emissie (g N dag<sup>-1</sup> per dier) en berekende VP, uitgaande van constante N<sub>excr</sub> (g N dag<sup>-1</sup> per dier) voor een mechanisch geventileerde ligboxenstal voor melkvee.*

Maand (1989)	Temperatuur (°C)	NH <sub>3</sub> - emissie	N <sub>excr</sub>	VP
Januari	11,8	25,6	352	7,4
Februari	12,4	28,4	352	8,1
Maart	14,4	29,1	352	8,3
April	14,1	30,1	352	8,8
Mei	18,4	39,9	352	11,3

Hieruit blijkt dat het VP, als gevolg van de relatie tussen emissie en staltemperatuur, een grote variatie heeft en toeneemt met de temperatuur. Vanwege deze

afhankelijkheid ligt het niet voor de hand om voor de stalperiode en jaarrond eenzelfde VP te gebruiken; in verband met de zomerperiode dient de emissiefactor voor jaarrond hoger te liggen dan voor de stalperiode.

Ook in varkensstallen is een relatie tussen emissie en temperatuur te verwachten, waarbij met name de mesttemperatuur van belang zal zijn. Den Brok & Verdoes (1996) stelden vast dat de NH<sub>3</sub>-emissie van een systeem met mestkoeling in een vleesvarkensstal lager was naarmate er meer werd gekoeld.

In tabel 3.6 wordt de relatie geïllustreerd tussen de gemeten NH<sub>3</sub>-emissie en het oppervlak van de mestkelder in verschillende huisvestingssystemen voor varkens.

Tabel 3.6 NH<sub>3</sub>-emissie (kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar) en kelderoppervlak (m<sup>2</sup> per dierplaats) voor enkele huisvestingssystemen voor varkens

Diersoort/systeem	NH <sub>3</sub> -emissie	Kelder-oppervlak	Referentie
<i>Vleesvarkens:</i>			Den Brok et al., 1997b
- traditioneel (50% roosters)	2,5	0,40	
- gescheiden mestkanalen	1,8	0,29	
- schuine putwanden	1,0	0,18	
<i>Guste en dragende zeugen:</i>			
- traditioneel met voerligbox	4,2	1,1	Reitsma & Groenestein, 1996
- smal mestkanaal met metalen rooster	2,4	0,4	Voermans & Hendriks, 1996
<i>Kraamzeugen:</i>			Den Brok et al., 1997b
- traditioneel (volledig rooster)	8,3	4,1	
- ondiepe mestkelder met mestkanaal	4,0	0,8	
<i>Gespeende biggen:</i>			Den Brok et al., 1997b
- traditioneel (volledig rooster)	0,6	0,300	
- halfrooster	0,34	0,150	
- ondiepe kelders met mestkanaal	0,26	0,115	
- idem met schuine plaat	0,17	0,073	

Uit deze cijfers blijkt dat de NH<sub>3</sub>-emissie sterk afhangt van het kelderoppervlak. Deze relatie zal voor varkens sterker zijn dan voor melkvee, omdat in varkensstallen in het algemeen een groter deel van de NH<sub>3</sub>-emissie afkomstig is vanuit de mestkelder (varkens: 70-80%; melkvee: 40%), mede als gevolg van een specifiek mest- en liggedrag bij varkens. Voor melkvee zal de NH<sub>3</sub>-emissie derhalve sterker samenhangen met het beschikbare vloeroppervlak (Monteny et al., 1998).

De relatie tussen de NH<sub>3</sub>-emissie en de hiervoor genoemde factoren maakt dat er zowel binnen een tijdsperiode (bijv. 1 jaar) op hetzelfde bedrijf als tussen bedrijven met hetzelfde stalsysteem aanzienlijke variatie in emissie kan optreden. Daarnaast zal de emissie ook door het jaar variëren, als gevolg van specifieke groei- of productiecycli (bijv. voor vleesvarkens 4 maanden; leghennen 14 maanden; vleeskuikens 6 weken). De hoeveelheid en samenstelling van de geproduceerde mest is hierbij de belangrijkste variabele. Bij een nieuwe benadering van de VP's dient in ieder geval rekening te worden gehouden met de mestsamenstelling (genormaliseerde TAN-gehaltenes per mestsoort), klimaat (temperatuur) en bevuild vloeroppervlak en oppervlak van de mestkelder.

## **3.2 Mestopslag buiten de stal**

### **3.2.1 Ammoniakemissies in huidige rekenmethodiek**

Voor de emissie van mestopslagen wordt een met stalemissies vergelijkbare rekenregel gebruikt, maar dan met de hoeveelheid opgeslagen N (Nopsl) als uitgangspunt. Bij de vervluchtigingspercentages voor mestopslagen buiten de stal (% van de hoeveelheid opgeslagen N) wordt in de huidige rekenmethodiek uitgegaan van de aanwezigheid van een effectieve afdekking. De cijfers voor melkvee, vleesvarkens, fokvarkens en leghennen zijn resp. 0,96, 1,66, 2,36 en 2,57%.

### **3.2.2 Evaluatie huidige rekenmethodiek**

Er zijn nagenoeg geen gegevens bekend om de VP's voor mestopslagen te evalueren. Williams & Nigro (1997) rapporteerden een NH<sub>3</sub>-emissie van 2,3 g m<sup>-2</sup> per dag bij 40°C tot 8,8 g m<sup>2</sup> per dag bij 25 °C voor onafgedekt opgeslagen rundveemengmest (onbekende mestsamenstelling).

Voor een melkveebedrijf met 40 stuks melkvee (= 40 GVE) met een bijbehorende mestopslagcapaciteit (ca. 10 m<sup>3</sup> per GVE; Swierstra, persoonlijke mededelingen) van 400 m<sup>3</sup> is de in de methodiek berekende NH<sub>3</sub>-emissie tijdens de opslag (afgedekt), uitgaande van een gemiddelde N-excretie in de stal (winter en zomer: 88 kg N) en een aangenomen N-verlies tijdens de stalperiode van 10 kg per dierplaats is de NH<sub>3</sub>-emissie:

$$(88 - 10) * 0,0096 * 17/14 = 0,91 \text{ kg NH}_3 \text{ per dier per 190 dagen}$$

Voor 40 dieren derhalve een emissie uit de afgedekte opslag van 36,5 kg NH<sub>3</sub>. Een mestsilo met deze capaciteit heeft een diameter van 12 meter en een emitterend oppervlak ca. 110 m<sup>2</sup>. Bij de bovengenoemde emissiecijfers van Williams & Nigro betekent dit een NH<sub>3</sub>-emissie van 250 – 970 g NH<sub>3</sub> per dag bij een niet afgedekte opslag. Uitgaande van een opslagperiode van 6 maanden (Swierstra, persoonlijke mededelingen) is de NH<sub>3</sub>-emissie over die periode 45 – 175 kg. Bij een veronderstelde emissiereductie door afdekking van 90% is de NH<sub>3</sub>-emissie resp. 4,5 kg (40°C) en 17,5 kg (25 °C).

Van der Meer (1991) schatte voor niet afgedekte mestopslagen in de rundveehouderij een emissie van 5 kg N/GVE. Op basis van deze cijfers bedraagt de NH<sub>3</sub>-emissie bij een afgedekte mestopslag (bij 90% emissiereductie) 0,6 kg NH<sub>3</sub>/GVE (25 kg NH<sub>3</sub> voor 40 GVE).

### **3.2.3 Aanbevelingen mestopslag**

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat, op basis van de beschikbare gegevens, geen reden is om de in de huidige rekenmethodiek gebruikte vervluchtigingspercentages voor opgeslagen rundveemest te herzien.

## Referenties

Aarnink, A.J.A., 1997. *Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour*. Ph.D. thesis Agricultural University Wageningen.

Brok, G.M. den en N. Verdoes, 1996. *Effect van mestkoeling op de ammoniakemissie uit een vleesvarkensstal*. Proefverslag P1.155, PV, Rosmalen.

Brok, G.M. den J.G.L. Hendriks, M.G.M. Vrielink en C.M.C. van der Peet-Schwering, 1997a. *Urine pH, ammoniakemissie en technische resultaten van vleesvarkens na toevoeging aan het voer van organische zuren, met name benzoëzuur*. Proefverslag nr. P 1.194, Praktijkonderzoek Varkenshouderij.

Brok, G.M. den, N. Verdoes, A.I.J. Hoofs en C.E.P. van Brakel, 1997b. *Varkensstallen met een lage ammoniakuitstoot*. Proefverslag P 2.32, PV, Rosmalen.

Eerd, M., van 1998. *Mestproductie en mineralenuitscheiding 1997*. CBS Kwartaalbericht Milieustatistiek 98/4: 41-46.

Elzing, A. and G.J. Monteny, 1997. *Ammonia emission in a scale model of a dairy-cow house*. Transactions of the ASAE 40(3): 713-720.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen II: grupstal voor melkvee*. Wageningen, DLO, rapport 91-1002.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IV: kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven*. Rapport 92-1002, DLO, Wageningen.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IX: kraamzeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten*. Rapport 93-1004, DLO, Wageningen.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1995. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXI: zeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten*. Rapport 95-1004, DLO, Wageningen.

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1996. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVII: vleesvarkensstal met koeling van mestoppervlak in de kelder*. Rapport 96-1003, DLO, Wageningen.

Groot Koerkamp, 1998. *Ammonia emission from aviary housing systems for laying hens*. PhD thesis, Wageningen Agricultural University.



Groot Koerkamp, P.W.G., J.H.M. Metz, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schröder, K.H. Linkert, S. Pedersen, H. Takai, J.O. Johnsen and C.M. Wathes, 1998. *Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe*. Journal of Agricultural Engineering Research (1998) 70: 79-95.

Hendriks, J.G.L., G.M. den Brok en M.P. Voermans, 1995. *Ammoniakemissie-arme kraamstallen*. Proefverslag P1.134, PV, Rosmalen.

Hendriks, J.G.L. en M.G.M. Vrieling, 1996. *Aanzuren van vleesvarkensmest met organische zuren*. Proefverslag P1.148, PV, Rosmalen.

Hendriks, J.G.L. en M.G.M. Vrieling, 1997. *Microbieel verzuren van vleesvarkensmest door toevoeging van aardappelzetmeel*. Proefverslag P4.19, PV, Rosmalen.

Hoeksma, P., J. Oosthoek, N. Verdoes en J.A.M. Voermans, 1993. *Reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelvoeistof*. Rapport 93-23, IMAG-DLO, Wageningen; Proefverslag P1.95, PV, Rosmalen.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1994. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIV: biggenopfokstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten*. Rapport 94-1005, DLO, Wageningen.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVIII: Compactbatterij voor leghennen met tweemaal daags verwijderen van natte mest*. Rapport 95-1001, DLO, Wageningen.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1996. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIX: Scharrelstal voor leghennen*. Rapport 96-1005, DLO, Wageningen.

Hol, J.M.G. en I.H.G. Satter, 1998. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVII: Vleesvarkensstal met specifieke hokinrichting en gereduceerd emitterend oppervlak*. Rapport 98-1001, DLO, Wageningen.

Huis in 't Veld, J.W.H. en C.M. Groenestein, 1995. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIV: vleesvarkensstal met verdunning van mest door opvang in ammoniakvrije vloeistof*. Rapport 95-1007, DLO, Wageningen.

Kroodsma, W., R. Scholtens and J.W.H. Huis in 't Veld, 1988. *Ammonia emissions from poultry housing systems*. In: Report 96, Proceedings of CIGR seminar Storing, Handling and Spreading of manure and municipal waste 20-22 September, Uppsala, Sweden, volume 2:7.1-7.13.

Kroodsma, W., J.W.H. Huis in 't Veld en N.W.M. Ogink, 1995. *Ammoniakemissie uit een ligboxenstal voor melkvee: emissieniveau en temperatuurseffect*. Rapport 95-17, IMAG DLO, Wageningen.

Leneman, H., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek en P.H.M. Janssen, 1998. *Gevoelighedsanalyse berekening ammoniakemissie. Effect van variatie inpenetratiegraden en emissiefactoren op de ammoniakemissie*. Mededeling 602, LEIDLO, Den Haag.

Meer, H.G. van der (Eds.), 1991. *Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maisland*. Stand van zaken in het onderzoek naar de stikstofproblematiek van gras- en maisland. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 10, DLO, Wageningen.

Monteny, G.J., D.D. Schulte, A. Elzing and E.J.J. Lamaker, 1998. *A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall cubicle dairy cow houses*. Transactions of the ASAE 41 (1): 193-201.

Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1992. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III: biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering*. Rapport 92-1001, DLO, Wageningen.

Ooster, A, van 't 1994. *Using natural ventilation theory and dynamic heat balance modelling for real time prediction of ventilation rates in naturally ventilated livestock houses*. In: Anonymous (Ed.), XII World Congress on Agricultural Engineering, International Society of Agricultural Engineers (CIGR), Merelbeke: 1-12.

Peet-Schwering, C.M.C. van der, N. Verdoes, M.P. Voermans & G.M. Beelen, 1996. *Effect van voeding en huisvesting op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen*. Proefverslag P 1.145, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen.

Peet-Schwering, C.M.C. van der, M.P. Beurskens-Voermans & N. Verdoes, 1997. *Effect van voeding en huisvesting op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen*. Proefverslag P 1.145, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1994. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVI: vleesvarkensstal met mestverwijdering door schuifsystemen*. Rapport 94-1007, DLO, Wageningen.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1995. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIX: hellingstal voor vleesvarkens*. Rapport 95-1002, DLO, Wageningen.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1996 - *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVI: zeugen- en kraamzeugenstal met mestverwijdering door schuiven en reductie van mestoppervlak*. Rapport 96-1002, DLO, Wageningen.

Reuvekamp, B.F.J. en Th. G.C.M. van Niekerk, 1997. *Ammoniakemissie bij leghennen op batterijen bij drogen tot minimaal 55% drogestof en bij natte mest*. Uitgave 63, PP, Beekbergen.

Satter, I.H.G., H. Gunnink, B. Reitsma en C.M. Groenestein, 1997a. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXII: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met koeling van het mestoppervlak in de kelder*. Rapport 97-1002, DLO, Wageningen.

Satter, I.H.G., J.M.G. Hol, J.H.W. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1997b. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIV: vleesvarkensstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten*. Rapport 97-1004, DLO, Wageningen.

Satter, I.H.G. en H. Gunnink, 1998. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIX: Scharrelstal voor leghennen met droging van de mest op banden onder de beun*. Rapport 98 1003, DLO, Wageningen.

Scholtens, R., J.J.C. van der Heiden-de Vos en J.W.H. Huis in 't Veld; 1996. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXX: natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee met hellende dichte vloer en zelfrijdende sproeischuiven*. Rapport 96 1006, DLO, Wageningen.

Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1997. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee*. Rapport 97-1006, DLO, Wageningen.

Smits, M.C.J., H. Valk, A. Elzing, J.W.H. Huis in 't Veld en A. Keen, 1993. *Perspectief van beperking van de ammoniakemissie uit melkveestallen door aanpassing van het rantsoen*. Rapport 93-31, IMAG-DLO, Wageningen.

Smits, M.C.J., A.M. van Vuuren en H. Gunnink, 1996. *Beperking ammoniakemissie uit een melkveestal door veevoedingsmaatregelen: effect van N-excretie in urine en urinelozingsfrequentie*. Rapport 96-06, IMAG-DLO, Wageningen.

Voermans, M.P. en J.G.L. Hendriks, 1996. *Het grupstalsysteem voor guste en dragende zeugen in relatie tot ammoniakemissie*. Proefverslag P1.158, PV, Rosmalen.

Williams, A.G. and E. Nigro. *Covering slurry stores and effects on emission of ammonia and methane*. In: J.A.M. Voermans & G.J. Monteny (Eds), Proceedings of the International Symposium on Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities. PV, Rosmalen: 421 – 428.

### Aanhangsel 3.1 Overzicht proeven melkvee

Een aantal NH<sub>3</sub>-emissie-experimenten uitgevoerd in een mechanisch geventileerde melkveestal van het IMAG-DLO-proefbedrijf 'De Vijf Roeden' te Duiven (Gld.) biedt mogelijkheden voor een verkenning van het vervluchtigingspercentage voor melkvee. Het betreft de experimenten:

1. ligboxenstal met roostervloer en onderkeldering voor 40 stuks melkvee (Kroodsmas et al., 1995) – *traditionele stal*
2. ligboxenstal met V-vormige vloer, epoxy-mortel-toplaag en onderkeldering voor 34 stuks melkvee, waarbij rantsoenen met hoog (H) en laag (L) OEB-gehalte werden afgewisseld (Smits et al., 1993) – *emissie-arme stalvloer met rantsoenvarianten*
3. ligboxenstal met zgn. Top-vloer ('berg-en-dal'), epoxy-mortel-toplaag en onderkeldering voor 34 stuks melkvee, waarbij 3 in OEB-gehalte verschillende rantsoenen (A, B en C) werden afgewisseld (Smits et al., 1996) – *emissie-arme stalvloer met rantsoenvarianten*

De  $N_{\text{excr}}$  kan worden geschat op basis van gegevens over de mestproductie en – samenstelling ( $N_{\text{mest}}$ ) en op basis van het verschil tussen opgenomen N (rantsoensamenstelling en voeropname) en N-uitscheiding via de melk. In Smits et al. (1996) wordt overigens opgemerkt dat, zelfs bij nauwkeurige bepaling van het mestniveau,  $N_{\text{mest}} + \text{NH}_3$ -emissie een slechte en  $N_{\text{opn}} - N_{\text{melk}}$  een redelijke schatter voor de totale hoeveelheid uitgescheiden N is. Daarbij zou het opnemen van de vastlegging van N voor groei en reproductie een verbeterde schatting opleveren.

In tabel 3.7 zijn voor bovengenoemde experimenten schattingen opgenomen van  $N_{\text{excr}}$  en zijn VP's berekend uitgaande van gemeten NH<sub>3</sub>-emissies.

Tabel 3.7 VP voor melkvee in ligboxenstallen op basis van gemeten ammoniakemissie (g N d<sup>-1</sup> per dier) op twee manieren berekende hoeveelheid uitgescheiden N ( $N_{\text{excr}}$ ; g N d<sup>-1</sup> per dier)

Experiment	$N_{\text{excr}}$ geschat op basis van:		NH <sub>3</sub> -emissie	NH <sub>3</sub> -emissie als % van:		
	$N_{\text{opn}} - N_{\text{melk}}$	$N_{\text{mest}} + \text{NH}_3$ -emissie		$N_{\text{opn}} - N_{\text{melk}}$	$N_{\text{mest}} + \text{NH}_3$ -emissie	
1	-	352	33	-	9,4	
2	L	386	23	6,0	5,6	
	H	521	39	7,5	7,4	
3	A	525	44	8,5	8,8	
3	B	371	35	9,5	10,5	
3	C	362	403	34	9,3	8,4

## Aanhangsel 3.2 Overzicht proeven vleesvarkens.

Onderzoek	Mestproductie (kg/dier*dag)	NH <sub>4</sub> -N (g/kg)	N <sub>tot</sub> (g/kg)	NH <sub>3</sub> -em (g N/dier *dag)	N <sub>tot-excretie</sub> (g N/dier *dag)	VP in % van	
						N <sub>tot-excretie</sub>	N <sub>tot-excretie</sub> + NH <sub>3</sub> -em
A1,1	4,02	5,57	7,65	4,7	30,77	15,2	13,2
A1,2	2,6	5,61	9,30	4,8	24,17	20,0	16,7
A1,3	2,89	7,76	11,60	4,7	33,53	14,0	12,3
A2,1	3,31	5,61	8,24	4,7	27,26	17,2	14,7
A2,2	3,11	6,07	9,02	5,3	28,04	18,8	15,8
A3,1	2,45	6,60	10,82	5,4	26,51	20,5	17,0
B1						17,0	14,5
B2						16,9	14,5
C1	2,17	5,29	10,6	4,6	23,00	19,8	16,6
C2	2,33	5,93	10,4	6,5	24,23	27,0	21,3
C3	2,34	6,48	10,4	3,8	24,34	15,7	13,6
D1	3,28	5,82	9,61	4,4	31,52	13,9	12,2
D2	3,14	5,29	8,85	3,9	27,79	14,1	12,3
E1				7,2	34,72	20,7	17,2
E2				6,9	30,97	22,4	18,3
E3				4,8	34,72	13,7	12,1
E4				4,0	30,32	13,1	11,6
F	2,24			3,6	25,11	14,5	12,5
G	2,61			4,2	29,34	14,2	12,5
H	4,18			4,5	29,13	15,5	13,5
I	2,79			5,7	30,91	18,4	15,5
J1	2,79			3,3	32,42	10,2	9,2
J2	3,15			2,7	31,44	8,6	8,0
J3	2,45			5,0	30,14	16,7	14,3

### Toelichting:

- A: Aarnink (1997). Mestproductie en –samenstelling zijn berekend met rekenmodel MESPRO op basis van gemeten voer-, water- en N-opnames.
- A1,1 t/m 1,3 25% roostervloer
- A2,1 25% roostervloer
- A2,2 50% roostervloer
- A3,1 gemiddelde van 5 verschillende roostervloertypen.
- B1 en B2: Hoeksma et al. (1993): N-balans is gemeten. Twee referentie-afdelingen met volledig roostervloer.
- C1 t/m C3: Den Brok et al. (1997a). Mestproductie is berekend met MESPRO. Drie referentie-afdelingen met metalen driekantrooster.
- D1 en D2: V.d. Peet-Schwering et al. (1997). Alles gemeten.
- D1 optimaal hok met tweefasen voeding
- D2 optimaal hok met multifasenvoeding.
- E1 t/m E4: van v.d. Peet-Schwering et al. (1996). Alles gemeten.
- E1 traditioneel hok met tweefasenvoeding
- E2 traditioneel hok met multifasenvoeding

E3	aangepast hok met tweefasenvoeding
E4	aangepast hok met multifasenvoeding
Mestproductie en	–samenstelling berekend met MESPRO voor de volgende onderzoeken:
F:	Hol en Satter, 1998. Verkleind emitterend oppervlak mestkelder.
G:	Groenestein en Huis in 't Veld, 1996. Mestkoelen.
H:	Satter et al., 1997b. Spoelgoten.
I:	Reitsma en Groenestein, 1995. Hellingstal.
J:	Huis in 't Veld en Groenestein, 1995. Opvang in ammoniak-vrije vloeistof.
J1	water
J2	kapto
J3	referentie

**Berekeningen:**

$$N\text{-excretie} = N_{\text{tot-excretie}} = \text{mestproductie} * N_{\text{tot}}$$

$$VP \text{ op basis van } N\text{-excretie} = \text{NH}_{3\text{-em}} / (N_{\text{tot-excretie}} + \text{NH}_{3\text{-em}}) * 100\%$$

$$VP \text{ op basis van } N\text{-excretie} + \text{NH}_{3\text{-emisie}} = \text{NH}_{3\text{-em}} / (N_{\text{tot-excretie}} + \text{NH}_{3\text{-em}}) * 100\%$$

### Aanhangsel 3.3 Overzicht ammoniakemissies van enkele emissie-arme systemen voor varkens

Systeem + principe	NH <sub>3</sub> -emissie (kg per dierplaats per jaar)	Referentie
<b>Vleesvarkens:</b>	(norm: 2,5)	
Spoelgoten	1,7 – 1,9	Satter et al., 1997b
Mestschuif	3,0	Reitsma et al., 1994
Koelen	1,0 – 2,5	Groenestein en Huis in 't Veld, 1996
	1,4	Den Brok en Verdoes, 1996
Opvang in emissie-arme vloeistof en spoelen	1,1 – 1,3	Huis in 't Veld en Groenestein, 1995
Aanzuren (organisch en microbiel)	1,3 – 1,4	Hendriks en Vrielink, 1996a en b
<b>Kraamzeugen:</b>	(norm: 8,3)	
Spoelgoten	3,4 – 3,7	Groenestein en Montsma, 1993
Mestschuif	3,3 – 4,6	Groenestein en Reitsma, 1992
	3,4 – 7,5	Hendriks et al., 1995
Koelen	2,8 – 3,8	Satter et al., 1997a
	1,6 – 3,4	Den Brok et al., 1997
<b>Guste en dragende zeugen:</b>	(norm: 4,2)	
spoelgoten	2,1 – 3,3	Groenestein en Reitsma, 1995
mestschuif	3,7	Reitsma en Groenestein, 1994
koelen	2,2	Satter et al., 1997a

## 4 Mesttoediening

### 4.1 Huidige rekenmethodiek

De huidige rekenmethodiek voor de emissie van  $\text{NH}_3$  in het kader van doelgroepmonitoring (EJR en MB) is gebaseerd op het zgn. consensusmodel voor  $\text{NH}_3$ -emissies uit diverse landbouwkundige bronnen (LEI-DLO, RIVM). Het consensusmodel en de bijbehorende deelmodellen, de uitgangspunten en de rekenregels worden uitvoerig beschreven in Hoogervorst en Van Egmond (1998). Voor het inschatten van de optredende emissie bij mesttoediening wordt uitgegaan van de volgende informatie:

- de hoeveelheid en plaats van mestafzet, beschikbaar per gemeente, gewasgroep en grondsoort;
- de verdeling van toedieningstechnieken, gespecificeerd per landbouwgebied en gewastype (gras- of bouwland), afkomstig van incidentele CBS enquêtes;
- bijbehorende vervluchtigingspercentages per techniek.

De gegevens over vervluchtigingspercentages (VP's) zijn afgeleid van resultaten van landbouwkundig onderzoek. Uit een gevoeligheidsanalyse (Leneman et al., 1998) van de invloed van vervluchtigingspercentages en penetratiegraden per brontype is gebleken dat VP's een grotere invloed hebben op de berekende emissie dan penetratiegraden. Beide factoren staan centraal in de hierna volgende analyse van de rekenmethodiek.

### 4.2 Analyse huidige rekenmethodiek

De gehanteerde vervluchtigingspercentages en de penetratiegraden van elk brontype (stal, opslag, weide, mesttoediening) worden uitvoerig beschreven in Hoogervorst en Van Egmond (1998). In dit hoofdstuk worden de gebruikte uitgangspunten nader beschouwd en vergeleken met beschikbare kennis vanuit onderzoek, voorlichting en praktijk.

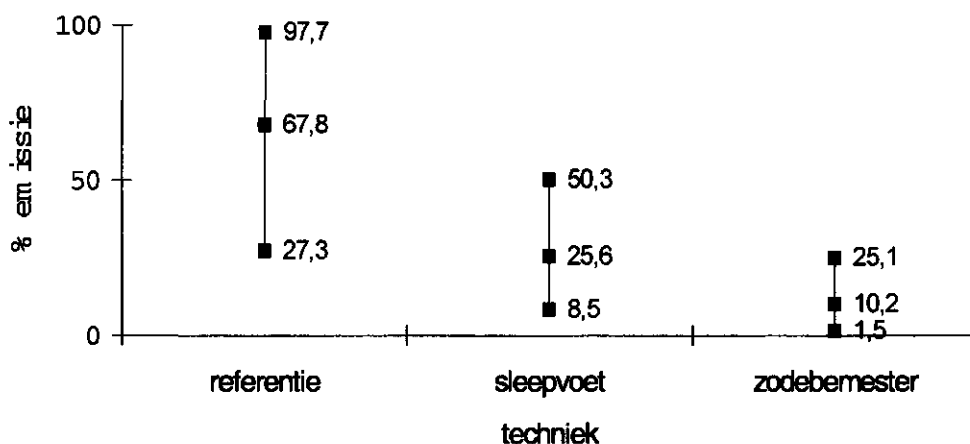
#### 4.2.1 Vervluchtigingspercentages

##### *Vergelijking met meetgegevens*

In figuur 4.1 wordt voor grasland een overzicht gegeven van de ammoniakemissie, gemeten in veldemissieproeven onder verschillende omstandigheden voor resp. het bovengronds mest verspreiden en de mesttoediening met een sleepvoetenmachine en een zodebemester (naar Huijsmans et al., 1997). In figuur 4.2 wordt voor bouwland het overzicht gegeven voor het bovengronds mest verspreiden, het direct onderwerken van bovengronds verspreide mest in een tweede werkgang en mestinjectie (Mulder en Huijsmans, 1994; Huijsmans en Hol, 1995).

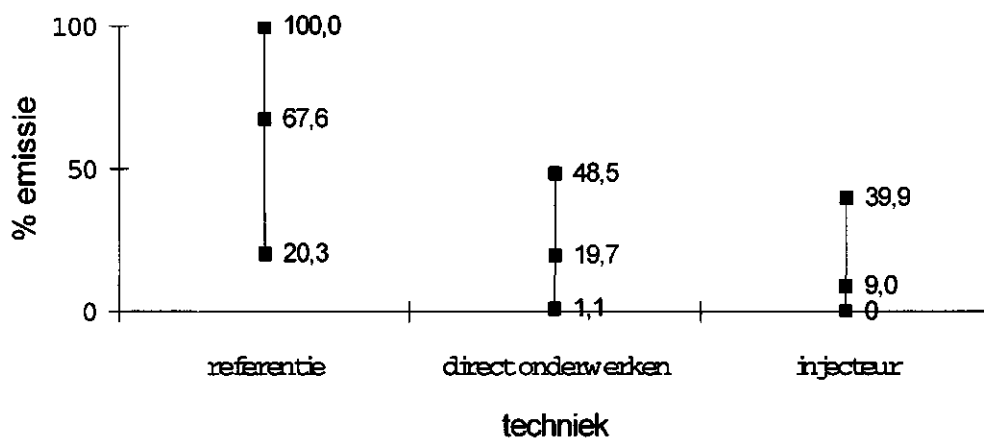


## Grasland



Figuur 4.1 Optredende ammoniakemissie (min, max en gemiddelde) gebaseerd op veldemissieproeven naar Huijsmans et al, 1997

## Bouwland



Figuur 4.2 Optredende ammoniakemissie (min, max en gemiddelde) gebaseerd op veldemissieproeven Mulder en Huijsmans, 1994; Huijsmans en Hol, 1995)

In tabel 4.1 worden de vervluchtigingspercentages gegeven op basis van TAN (Totaal Ammonium Stikstof =  $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NH}_3\text{-N}$ ), die zijn gemeten bij verschillende mesttoedieningstechnieken voor gras- en bouwland. Ze worden vergeleken met de berekende waarden (afkomstig van Van der Hoek (1994) en overgenomen uit Hoogervorst en Van Egmond (1998)), die gebruikt worden bij de emissieberekening voor doelgroepmonitoring. De gemeten vervluchtigingspercentages zijn bepaald naar Huijsmans et al, (1997), Mulder en Huijsmans (1994) en Huijsmans en Hol (1995).

Tabel 4.1 Berekend en gemeten vervluchtigingspercentage (VP als % van de toegediende TAN) bij verschillende mesttoedieningstechnieken op gras- en bouwland.

Techniek	Berekende VP (% van TAN)	Gemeten VP	Variatie in gemeten VP (min-max % TAN)	aantal metingen (aantal)
<i>Grasland</i>				
Oppervlakkig uitrijden	50	67,8	27,3 - 97,7	47
Mestinjectie	5	0,9	0 - 3,0	6
Zode-injectie	7,5	0,9**		
Zodebemesting	10	10,2	1,5 - 25,1	34
Sleepvoetenmachine	20	25,6	8,5 - 50,3	29
<i>Bouwland</i>				
Oppervlakkig uitrijden	50	67,6	20,3 - 100	29
Mestinjectie		9,0	0 - 39,9	9
Onderw. 1 werkgang	5			
Onderw. 2 werkgangen	15	19,7	1,1 - 48,5	28
Onderw. < 24 uur	36			

) De berekende VP's worden gebruikt bij doelgroepmonitoring (EJR en MB).

Bron: berekende VP overgenomen uit Hoogervorst en Van Egmond, 1998; gemeten VP's ontleend aan Huijsmans et al., 1997; Mulder en Huijsman, 1994 en Huijsman en Hol, 1995.

\*\* ) Bij de gemeten VP is geen onderscheid gemaakt tussen mestinjectie en zode-injectie

Uit de bovenstaande cijfers valt af te leiden dat de in de berekeningen gebruikte vervluchtigingspercentages afwijken van de gemiddeld gemeten emissies en dat de gemeten cijfers per techniek een aanzienlijke variatie vertonen. Bij de gemeten VP's wordt voor grasland geen onderscheid gemaakt tussen mestinjectie en zode-injectie en tussen zodebemesting en sleufkouter. Bij de gemeten VP's voor bouwland is met mestinjectie het rechtstreeks in de grond brengen van de mest bedoeld. De VP's voor onderwerken in 2 werkgangen gelden voor direct onderwerken kort na het toedienen van de mest; er wordt geen onderscheid gemaakt naar de categorie 'één werkgang' op bouwland, omdat hiervoor bij de opzet van de metingen geen onderscheid is gemaakt.

Voor zowel gras- en bouwland geldt dat de hoogte van de emissie afhankelijk is van een groot aantal factoren, waaronder de weers- en bodemomstandigheden. De afgelopen jaren heeft tengevolge van het uitrijverbod (in het najaar en de wintermaanden) een verschuiving plaatsgevonden van de tijdstippen waarop mest wordt uitgereden. Zo wordt er nu meer mest in het voorjaar, in de zomer en vroege herfst uitgereden, waarbij door de heersende weersomstandigheden hogere emissies te verwachten zijn dan bij mest uitrijden in de winter. De genoemde gemeten VP's in Tabel 4.1 hebben met name betrekking op de tijdsperiode (voorjaar, zomer en vroege herfst), waarin de meeste mest wordt toegediend. De gemeten emissie van de referentie is mogelijk daarom hoger dan in werkelijkheid bij mest uitrijden in de winter zoals dit meer in het verleden (voorafgaand aan het uitrijverbod) gebruikelijk was. De afgelopen jaren heeft ook binnen de toegestane uitrijdperiode een verschuiving van het tijdstip van mest toedienen plaatsgevonden als gevolg van de soort emissiearme mesttoedienings- en onderwerktechniek dat wordt toegepast. Zowel het uitrijverbod als de toepassing van emissiearme toedieningstechnieken hebben dus geleid tot een verschuiving van het tijdstip van mest uitrijden ten opzichte van het verleden. Met beide zal rekening gehouden moeten worden als emissiecijfers uit het verleden vergeleken worden met de huidige emissiegegevens.

*Aanbeveling:* Rekening houden met de heersende weersomstandigheden, waarbij de mest in de betreffende jaren wordt uitgereden. De verwachting is dat emissiereducties als geheel niet bereikt worden doordat mest (t.g.v. het uitrijverbod) in andere perioden wordt toegediend dan in het verleden. Een verdere kwantificering hiervan dient nader onderzocht te worden.

### ***Grasland***

De optredende emissie is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden, de mestgift en het ammoniumgehalte van de mest (Bussink et al, 1994; Huijsmans, 1998 in voorbereiding). Dit geldt in meer of mindere mate voor alle drie de mesttoedieningstechnieken: bovengronds verspreiden, sleepvoetenmachine en zodebemester. Bij de sleepvoetenmachine heeft daarbij ook de grashoogte een effect op de hoogte van de emissie. Voor de sleepvoetenmachine en zodebemester zijn er indicaties dat de hogere emissies optreden bij onnauwkeurig werken (mest onvoldoende in sleuf, morsen op gras, hoge mestgiften). Voorts dient vermeld te worden dat de meeste metingen zijn uitgevoerd op klei- en veengrond en dat slechts een beperkt aantal metingen op zandgrond is gedaan. Bussink et al (1994) konden geen grondsoort effect aantonen voor de emissie bij bovengronds mest verspreiden op grasland; Huijsmans (1998 in voorbereiding) kon niet aangeven in hoeverre emissies verschillen per grondsoort voor de verschillende toedieningstechnieken, mede ten gevolge van onvoldoende meetgegevens voor de verschillende grondsoorten..

*Aanbeveling:* Nagaan onder welke omstandigheden technieken worden toegepast en vaststellen of er een effect is van de werkwijze op de hoogte van de emissie. Recent is een nieuw onderzoek gestart om dit aan te tonen.

### ***Bouwland***

De optredende emissie zal op bouwland naar alle waarschijnlijkheid ook afhankelijk zijn van de weersomstandigheden, de mestgift en ammoniumgehalte van de mest, zoals dit voor grasland is aangetoond. Daarnaast zullen de omstandigheden waaronder het onderwerken plaatsvindt een grote invloed hebben op de hoogte van de emissiereductie. Hierbij spelen de onderwerktechniek, de grondsoort en bodemomstandigheden een belangrijke rol. Zo bleek dat in een aantal proeven de emissie hoog was als gevolg van een defect aan de machine of dat een lagere emissiereductie bereikt werd op een zwaardere grond dan op een lichtere grond bij gebruik van dezelfde onderwerktechniek. Een nauwkeurige uitvoering van het werk met een machine in de juiste conditie is derhalve van groot belang voor het bereiken van een hoge emissiereductie. Bovendien geldt dat bouwland in de tekortgebieden vaak kleigrond is, waarop de mest meestal in het najaar wordt toegediend, terwijl de mest in de overschotgebieden vaak op zandgrond in het voorjaar wordt toegediend. Een ander tijdstip van mest uitrijden gaat gepaard van andere weers- en bodemomstandigheden. Bij de schatting van de optredende emissie zal het effect hiervan nader onderzocht moeten worden. Opgemerkt dient te worden dat het aantal gegevens waarop de gemiddelden zijn gebaseerd aanzienlijk verschilt en dat het gemiddelde van onderwerken in een tweede werkgang na het mest verspreiden is gebaseerd op metingen aan meer technieken. Uit de gegevens blijkt dat de emissie sterk afhankelijk is van de toegepaste techniek, waarbij de laagste emissie optreedt bij de meest intensieve menging van mest en grond (frees, triltandcultivator, schijftandcultivator) of bij volledige bedekking van mest met grond (ploeg).

*Aanbeveling:* Nagaan onder welke omstandigheden technieken worden toegepast en op welke grondsoort en vaststellen of er een effect is van de werkwijze op de hoogte van de emissie. De verwachting is dat een hogere emissiereductie bereikt kan worden op zandgrond (bij toepassing van intensief mengende of bedekkende onderwerktechnieken) dan op kleigrond bij een najaarstoediening.

De vermelde gegevens en vaak gehanteerde cijfers voor de emissiereductie bij onderwerken in een tweede werkgang hebben betrekking op direct onderwerken. In het veldonderzoek betekende dit dat de tijd tussen uitrijden en onderwerken altijd minimaal (binnen enkele minuten) was. In werkelijkheid zal de tijd tussen mest toedienen en onderwerken sterk afhankelijk zijn van de gekozen werkorganisatie (De Mol en Huijsmans, 1995). Een langere tijd tussen mest toedienen en onderwerken zal onherroepelijk leiden tot een hogere VP. De genoemde emissiecijfers voor het in een 2e werkgang onderwerken (tabel 4.1) zullen dus in de meeste gevallen in de praktijk hoger zijn. Door een optimale keuze van de werkorganisatie kan evenwel een lage emissie ook in de praktijk bereikt worden.

*Aanbeveling:* Bij het onderwerken in een 2<sup>e</sup> werkgang zal naar verwachting de emissiereductie lager zijn dan wordt aangenomen. Op basis van praktijksituaties kan met het simulatiemodel (De Mol & Huijsmans, 1995) een betere inschatting van de optredende emissie worden gemaakt.

### ***Algemeen***

Algemeen kan nog opgemerkt worden dat bij een geleidelijk afnemende emissie de achtergrondconcentratie ook afneemt. Dit betekent in feite dat de emissiegradient (drijvende kracht) relatief toeneemt. Dit effect wordt tot op heden niet meegenomen in de verklaringen van de uiteindelijke verandering van de emissie.

## **4.2.2 Penetratiegraden per brontype**

De penetratiegraden van mesttoedieningstechnieken worden vastgesteld op basis van incidentele CBS enquêtes. Dat is op dit moment de best beschikbare bron (uit 1995), maar die heeft belangrijke beperkingen. De laatste jaren is er een grote variatie gekomen in de toegepaste technieken. Bovendien treedt er veel verwarring op over de gebruikte benamingen van technieken. Een mesttoedieningsapparaat wordt een injecteur genoemd, terwijl het in werkelijkheid een zodebemester is. Deze verwarring heeft aanzienlijke consequenties voor de te hanteren VP's bij de berekeningen. Gegevens uit 1995 kunnen dus snel verouderd zijn. Voor het inschatten van de emissie is het van belang te weten welke technieken worden toegepast, welk aandeel van de mest met deze technieken wordt uitgereden en op welk tijdstip gedurende het jaar (eventueel nog uitgesplitst naar grondsoort).

*Aanbeveling:* Vaststellen van de penetratie van emissiearme mesttoedienings-technieken naar bijvoorbeeld gebied, grondsoort, gewas en soort mest en vaststellen hoeveel mest met deze technieken wordt uitgereden. Dat kan betekenen dat de CBS-enquête uit 1995 herhaald moet worden of dat de data uit 1995 worden gevalideerd met behulp van een steekproef.

### 4.3 Aanbevelingen

De in de voorgaande paragrafen uitgevoerde analyse geeft aanleiding tot suggesties voor verbetering van de rekenmethodiek voor NH<sub>3</sub>-emissie in het kader van doelgroepmonitoring. In deze paragraaf worden de suggesties verder bediscussieerd, waarbij mogelijkheden voor korte termijn en langere termijn worden uitgewerkt.

Concreet kan worden aangegeven dat een uiteindelijk emissiereductie door emissiebeperkende technieken ten opzichte van bovengronds mest uitrijden lager zal uitvallen dan nu wordt aangenomen. Een aantal redenen zijn hiervoor aan te geven. Belangrijk aanbevelingen zijn:

- betrekken van het tijdstip waarop mest wordt uitgereden (met bijbehorende weersomstandigheden)
- aanpassen VP van 2e werkgang mest onderwerken
- penetratiegraad van verschillende toedieningstechnieken actualiseren
- onderscheidt grondsoorten en daaraan gekoppeld de toegepaste technieken
- verdisconteer de condities waaronder het uitrijden gebeurt (actuele situatie in de praktijk, netheid van werken)

Op grond van de aanbevelingen: tijdstip van mest uitrijden, het onderwerken van mest in 2 werkgangen en condities waaronder het mest uitrijden gebeurt kan verwacht worden dat de emissiereducties lager zullen zijn dan in de huidige rekenmethodiek wordt aangenomen. Ook een actualisatie van de penetratiegraad van verschillende technieken en een onderscheid naar toepassing in gebieden (grondsoorten) zal noodzakelijk zijn om tot een betere inschatting van de emissie te komen. Naar verwachting worden nu technieken gebruikt die niet de emissiereducties bereiken die in onderzoek in het verleden zijn vastgesteld. Deze factoren in acht nemend, zullen de werkelijke emissies hoger zijn dan de in EJR en MB genoemde waarden. Recent is een gezamenlijk onderzoek van IMAG-DLO, TNO-MEP en ECN gestart naar de verificatie van emissiefactoren om tot een kwantitatieve onderbouwing te komen.

#### ***Korte termijn***

De in de rekenmethodiek gebruikte vervluchtigingspercentages zijn niet in overeenstemming met de gemiddelde gegevens die uit onderzoek zijn verkregen. In het algemeen worden te lage waarden gebruikt. Daarnaast dient te worden opgemerkt dat, met name bij emissiearme mesttoediening, de in de praktijk te realiseren emissiereductie per techniek waarschijnlijk lager zal zijn dan de cijfers die onder (optimale) onderzoekomstandigheden zijn gemeten. Op korte termijn moeten accuratere waarden kunnen worden vastgesteld voor de huidige VP's van uitrijtechnieken en zal de penetratiegraad van verschillende typen mesttoedieningsapparatuur bepaald moeten worden.

#### ***Langere termijn***

Voor de langere termijn (1-2 jaar) kan een verdere detaillering van de rekenmethodiek worden overwogen. Daarbij kan onder meer gebruik worden gemaakt van fundamentele kennis van de processen en factoren die bij het ontstaan en ontwijken van NH<sub>3</sub> na mesttoediening.

*Vervluchtigingspercentages:* In de huidige rekenmethodiek wordt uitsluitend gewerkt met vaste vervluchtigingspercentages per brontype. Op een aantal onderdelen van de rekenmethodiek dient te worden gewerkt aan differentiatie, zowel in de ruimte als in de tijd. De ruimtelijke differentiatie dient zich te richten op regionale verschillen in N-bemestingsniveau grasland en grondsoorten in relatie tot de te verwachten VP's. Bij emissieberekeningen voor verschillende jaren moet een nadere analyse plaatsvinden van de emissiefactoren in de betreffende jaren. Daarbij dient te worden gekeken naar bijvoorbeeld het tijdstip waarop mesttoediening plaatsvond. Hiervoor is een differentiatie van vervluchtigingspercentages naar uitrijperiode van belang, omdat regelgeving heeft geleid tot een afname van de mestgift per oppervlakte-eenheid en veranderingen in het tijdstip van mesttoediening (van verspreid over het hele jaar heen, met wellicht een hoge activiteit in de winter, naar een duidelijke toediening in het voorjaar en de zomer) Op deze wijze kan de invloed van temperatuur op emissie in de berekening worden betrokken.

*Penetratiegraden:* De hoeveelheid mest (en het N-gehalte daarvan) die op het eigen bedrijf en daarbuiten (met name akkerbouw) wordt toegediend is van groot belang voor de emissie na mesttoediening. In de huidige methodiek wordt de N-gift/ha berekend (jaargemiddelde). Een goede schatting van het areaal dat met dierlijke mest wordt bemest (als gevolg van mesttransport) en van de hoeveelheid mest die per oppervlakte-eenheid wordt toegediend is noodzakelijk voor de bepaling van de NH<sub>3</sub>-emissie op landelijke schaal en per oppervlakte-eenheid. De verwachting is dat bij hogere mestgiften de VP lager is. Het verdient overweging om aan dit aspect, vooral in het kader van de oppervlakte-afhankelijkheid van de emissie, aandacht te besteden in toekomstig onderzoek.

## Referenties

Bussink, D.W., J.F.M. Huijsmans and Ketelaars, 1994. *Ammonia volatilization from nitric-acid-treated cattle slurry, (surface) applied to grassland*. Netherlands Journal of Agricultural Science (NJAS) 42-4, 1994: 293-309.

Hoogervorst N.J.P. en P.M. van Egmond 1998. *Methodenrapport monitoring fosfaat-, stikstof- en ammoniak-emissies uit de landbouw; berekeningen 1980-1997*. Bilthoven: RIVM, rapport 773004xxx (in voorbereiding).

Huijsmans, J.F.M., 1998. *Ammonia Emission after manure application on Grassland by different application methods and the influence of external factors on the emission* (in preparation).

Huijsmans, J.F.M. en J.M.G. Hol., 1995. *Ammoniakemissie bij het in een tweede werkgang onderwerken van dunne varkensmest op bouwland, IMAG-DLO rapport 95-13*, Wageningen.

Huijsmans, J.F.M., Hol, J.M.G. and Bussink, B.W., 1997. *Reduction of Ammonia Emission by New Slurry Application Techniques on Grassland*. In: Jarvis, S.C. and Pain, B.F. (eds) *Gaseous Nitrogen Emissions from Grasslands*. CAB International, Wallingford, 281-285.

Leneman H., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek en P.H.M. Janssen 1998. *Gevoeligheidsanalyse berekening ammoniakemissie; effect van variatie in penetratiegraden en emissiefactoren op de ammoniakemissie*. Den Haag: LEI-DLO, Mededeling 602 (RIVM-rapport 722108023).

Mol, R. de en J.F.M. Huijsmans, 1995. *Simulatiemodel voor de reductie van de ammoniakemissie bij het toedienen en onderwerken van mest op bouwland*. Rapport 95-28, IMAG-DLO, Wageningen.

Mulder, E.M. en J.F.M. Huijsmans, 1994. *Beperking ammoniakemissie bij mesttoediening: overzicht metingen DLO-veldmeetploeg 1990-1993*. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 18, DLO, Wageningen.

## **Aanhangsel 4.1 Stand van zaken procesmodellen voor ammoniak-emissies bij mesttoediening**

### ***Emissie-arme mesttoediening op gras- en bouwland***

Zoals uit de voorgaande analyse is gebleken, is de emissie na emissie-arme toediening op gras- en bouwland afhankelijk van een veelheid van factoren. Op basis van de gegevens die tijdens de veldemissieproeven zijn verzameld wordt momenteel gewerkt aan een (empirisch) model dat de emissie beschrijft in afhankelijkheid van die factoren. Het model is nog in ontwikkeling.

### ***Emissie-arme mesttoediening op bouwland e onderwerken in een 2<sup>e</sup> werkgang***

Een basis voor het in een 2<sup>e</sup> werkgang onderwerken, nog in ontwikkeling zijnde, model is beschreven door De Mol & Huijsmans (1995). Het model combineert een standaard emissie-curve die optreedt na bovengrondse mesttoediening met de werkorganisatie rond toediening en in- of onderwerken van de mest. Het model biedt goede mogelijkheden om, uitgaande van zo goed mogelijk bekende emissie-curves (o.a. variatie door het jaar heen), een optimale en bedrijfsspecifieke werkorganisatie te bepalen. Een nader onderzoek naar het verloop van de emissie tijdens onderwerken op bouwland onder verschillende omstandigheden zal de komende tijd worden geïnitieerd



## **5 Beweiding**

Stikstofverliezen uit beweid grasland vinden plaats via emissies naar de lucht en naar grond- en oppervlaktewater. Naast emissie in de vorm van ammoniak vervluchtigt stikstof ook in de vorm van  $N_2$  of  $N_2O$  als gevolg van denitrificatie. Deze studie richt zich op de emissie van ammoniak en besteedt geen aandacht aan de andere vormen van stikstofverliezen.

### **5.1 Huidige rekenmethodiek**

De gehanteerde berekeningsmethodiek voor ammoniakemissie uit de Nederlandse landbouw is beschreven door Hoogervorst en Van Egmond (in prep). Van der Hoek (1994) beschrijft de methodiek die is gebruikt voor berekeningen van ammoniakemissie in Nederland voor de jaren 1990, 1991 en 1992 en beschrijft soms in meer detail de bronnen die gebruikt zijn voor gehanteerde parameterwaarden.

Voor de ammoniakemissie bij beweiding wordt uitgegaan van 8% vervluchtiging van daadwerkelijk in de weide gedeponeerde stikstof. Dit percentage is gebaseerd op metingen in 1987 en 1988 van enkele beweidde graslandpercelen bij Lelystad en op experimenten in Engeland bij kunstmestgiftten van circa  $400 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Van der Hoek (1994), refererend aan Van der Molen et al., 1989; Bussink, 1990; Jarvis en Bussink, 1990).

Voor de hoeveelheid mest die wordt geproduceerd wordt uitgegaan van cijfers van de Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en mineralencijfers (Van Eerd, 1994). Het deel van de geproduceerde mest dat in de weide terecht komt hangt af van het beweidingssysteem. Bij melkvee wordt een gewogen gemiddelde van de verschillende beweidingssystemen gebruikt, waarbij 30% van de zomermest van melkvee wordt opgevangen in de mestkelder. De lengte van de beweidingperiode, en dus de hoeveelheid geproduceerde zomermest, wordt jaarlijks door de Werkgroep Uniformering Mest- en mineralencijfers vastgesteld. Een deel van het vleesvee produceert ook mest in de weide. Bij weidend vleesvee wordt uitgegaan van een stalperiode in de winter en een weideperiode in de zomer waarbij 33% van de geproduceerde mest in de stal terecht komt en 67% in de weide.

### **5.2 Analyse huidige rekenmethodiek**

De gehanteerde rekenmethodiek voor ammoniakemissie bij beweiding is in een aantal stappen onder te verdelen:

1. Aantal dieren vanuit de Landbouwtelling,
2. N-excretie per dier,
3. Aggregatie tot diergroepen,
4. Aandeel excretie in de weide als gevolg van beweidingduur (lengte zomerperiode),

5. Aandeel excretie in de weide als gevolg van beweidingssysteem,
6. Vervluchtigingspercentage.

In dit hoofdstuk wordt niet verder ingegaan op de eerste vier punten. Het aantal dieren volgt uit de Landbouwtelling en wordt als gegeven beschouwd. De N-excretie per dier is reeds beschreven in Hoofdstuk 2 (Van Eerdt), waarbij tevens de verdeling over stal en weide als gevolg van de beweidingduur is verwerkt.

Bij melkkoeien hangt de verdeling van de in de zomerperiode geproduceerde mest over stal en weide af van het beweidingssysteem. Bij onbeperkt weiden zijn de koeien dag en nacht buiten en wordt alleen tijdens het melken mest in de stal opgevangen. Bij beperkt weiden zijn de koeien 's nachts op stal en bij zomerstalvoeding zijn de koeien dag en nacht in de stal. Voor de hoeveelheid zomermest die in de stal wordt opgevangen geeft de Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers (WUM) de volgende percentages (Van Eerdt, 1994, ref. aan IKC-V 1994 mondelinge mededeling):

- Onbeperkt weiden: 15%,
- Beperkt weiden: 60%,
- Zomerstalvoeding: 100%.

Er is geen reden om deze percentages aan te passen.

Bij de berekeningen van ammoniakemissie wordt één getal gehanteerd voor de verdeling van mest over weide en stal voor de geaggregeerde diercategorie melkvee, bestaande uit melkkoeien en jongvee. Voor de melkkoeien wordt de mestverdeling berekend als een gewogen gemiddelde over de beweidingssystemen.

De WUM komt als gewogen gemiddelde over beweidingssystemen voor melkkoeien uit op 40% van de geproduceerde mest die in de stal terecht komt en 60% in de weide (Van Eerdt, 1994). Gecombineerd met het jongvee, dat langer buiten staat dan de melkkoeien, wordt het percentage mest dat in de mestkelder wordt opgevangen 30% (Leneman et al., 1998).

Het gewogen gemiddelde van de WUM is gebaseerd op CBS-onderzoek uit 1992 naar het voorkomen van beweidingssystemen. In 1997 is dit onderzoek opnieuw gedaan en de manier waarop de melkgevende koeien geweid worden is nauwelijks veranderd (CBS, 1998). Er zijn echter regionale verschillen in de verdeling van de koe-weidedagen over de typen van beweiding en dus ook voor de gemiddelde hoeveelheid van de geproduceerde mest die in de stal wordt opgevangen (tabel 5.1, zie ook Hoogeveen, 1998). Variatie in penetratiegraad van beweidingssystemen leidt tot vooral tot verschuiving van plaats en tijdstip van ammoniakemissie: een verlaging van de hoeveelheid mest die in de weide terecht komt vermindert de weide-emissie, maar verhoogt de hoeveelheid mest die in de stal terecht komt en daarmee de emissie uit stal, opslag en mesttoediening. Dit heeft gevolgen voor de totaal berekende hoeveelheid ammoniakemissie omdat het vervluchtigingspercentage bij beweiding van 8% beduidend lager is dan het gecombineerde vervluchtigingspercentage voor stal, opslag en toediening, dat 20% bedraagt ( $1 - 0.874 * 0.9904 * 0.925$ ). Voor regionale

berekeningen van ammoniakemissie is het opnemen van regionaal onderscheid in beweidingssystemen daarom zinvol.

Tabel 5.1 Verdeling van de koe-weidedagen over de typen van beweiding in 1997 (in procenten. Bron: CBS, 1998)

	Noordelijk Weide-gebied	Oostelijk & Centraal Veehouderij-gebied	Westelijke Weide-gebieden	Zuidelijke Veehouderij-gebieden	Overig Nederland	Nederland
Zomerstalvoeding	7	10	2	9	7	8
Dag- en nacht beweiding	51	33	75	39	54	48
Beweiding alleen overdag	42	57	23	52	39	45
Gemiddeld % mest in stal <sup>1</sup>	40	49	27	46	39	42

<sup>1</sup> Gewogen gemiddelde met percentages van de geproduceerde zomermest die wordt opgevangen in de stal van 100, 15 en 60 voor respectievelijk zomerstalvoeding, dag- en nacht beweiding en beweiding alleen overdag.

In de huidige berekeningen wordt voor de verdeling van mest over stal en weide uitgegaan van een gewogen gemiddelde van melkkoeien en jongvee. Aangezien er regionale variatie is in de verhouding melkkoeien-jongvee, en dus in de verdeling van mest over stal en weide, versterkt dit de aanbeveling uit Hoofdstuk 2 om melkkoeien en jongvee als twee aparte diergroepen te onderscheiden.

Leneman et al. (1998) hebben een gevoeligheidsanalyse van het model uitgevoerd, waarbij zij echter niet gekeken hebben naar het effect van variatie in penetratiegraad van beweidingssystemen op ammoniakemissie. Zij hebben daarentegen wel het effect van variatie in beweidingduur onderzocht, wat ook variatie geeft in de verhouding mest die in de stal of in de weide terecht komt. Hun conclusie was dat vervluchtigingspercentages belangrijker zijn dan penetratiegraden, zowel voor berekeningen op nationale schaal als op regionale schaal. Verder in dit hoofdstuk zal dan ook aandacht aan het vervluchtigingspercentage bij beweiding worden besteed.

Voor de ammoniakemissie bij beweiding wordt uitgegaan van 8% vervluchtiging van daadwerkelijk in de weide gedeponeerde stikstof en dit getal wordt voor heel Nederland gehanteerd. Uit de gevoeligheidsstudie van Leneman et al. (1998) blijkt dat variatie in vervluchtigingspercentages een belangrijk effect heeft op uitkomsten van berekeningen van ammoniakemissie. De 8% is gebaseerd op metingen in 1987 en 1988 van enkele beweide graslandpercelen bij Lelystad en op experimenten in Engeland bij kunstmestgiften van circa 400 kg N ha<sup>-1</sup> (Van der Hoek (1994), refererend aan Van der Molen et al., 1989; Bussink, 1990; Jarvis en Bussink, 1990). Uit recenter onderzoek blijkt dat het vervluchtigingspercentage nader gespecificeerd kan worden.

Ammoniakemissie in het veld kan gemeten worden via de micrometeorologische massabalansmethode of met windtunnels (Hassink et al., 1994). Met de micrometeorologische massabalansmethode wordt onder de heersende veldomstandigheden het verschil in ammoniak af- en aanvoer van een veldje gemeten. Hierbij worden twee masten gebruikt, een in het centrum van het proefveld en een daar waar de wind het

proefveld binnenkomt, en wordt op verschillende hoogten langs de masten de ammoniakconcentratie in de lucht gemeten. Vervolgens wordt de ammoniakemissie van het veldje berekend (Bussink, 1996). Met de tunnelmethode wordt onder semi-geconditioneerde omstandigheden gemeten. De ammoniakemissie van het proefoppervlak is te berekenen uit het verschil in concentratie tussen in de tunnel geblazen lucht en uitkomende lucht.

Gewassen kunnen uit mest geëmitteerde ammoniak weer opnemen, ze kunnen echter ook ammoniak uitscheiden (hoofdstuk 6). De volveldse methode meet de netto emissie of immissie van een veld, bij de tunnelmethode is de onderzochte oppervlakte kleiner.

Berekeningen geven aan dat op een beweid perceel 20% van de uit urine- en mestplekken geëmitteerde ammoniak weer wordt opgenomen (Bussink, 1996, refererend aan Asman, 1996). Het schaalniveau speelt ook een rol bij de meting van emissie. Als over grotere oppervlakten gemeten wordt blijft een deel van de op die oppervlakte geëmitteerde  $\text{NH}_3$  achter op die oppervlakte. Gezien de huidige afstemming tussen emissiemodellen en depositiemodellen dienen vervluchtigingspercentages gebaseerd te worden op kleine oppervlakten zodat daarin geen effecten van depositie binnen de bron verwerkt zitten (Van Jaarsveld, pers.med.).

Weidend vee scheidt het overgrote deel van de opgenomen stikstof weer uit, voornamelijk via de urine en voor een klein gedeelte via de faeces. Zowel uit de urine als uit de faeces emitteert ammoniak. De emissie van ammoniak bij beweiding is afhankelijk van de stikstofgift, de weersomstandigheden en de grondsoort.

Bussink (1996) heeft op jonge zeeklei in Oostelijk Flevoland met de micro-meteorologische massabalansmethode de ammoniakemissie gemeten bij verschillende jaarlijkse stikstofgiften (tabel 5.2). Het vervluchtigingspercentage blijkt sterk toe te nemen bij toenemende stikstofgift maar is over de jaren heen gezien vrij constant. Het hogere percentage bij hoge bemesting is te verklaren vanuit een hogere stikstofexcretie door de koeien, waarbij zowel de stikstofconcentratie als de fractie ureumstikstof in de urine toenemen (Hassink et al., 1994, ref. aan rapporten Bussink, 1990 en 1992). Een hoger stikstofgehalte in de urine verhoogt het vervluchtigingspercentage (tabel 5.3). Een andere mogelijke verklaring voor de hogere ammoniakemissie bij beweiding op zwaarder bemeste percelen is een verlaagde opname of verhoogde emissie van ammoniak door gewassen (hoofdstuk 6).

Tabel 5.2 De ammoniakemissie bij omveiden als functie van het bemestingsniveau (Bussink, 1996)

Jaar	Stikstofgift Kg N ha <sup>-1</sup>	Aantal weide- smeden	Dier- Weide- dagen	NH <sub>3</sub> -emissie		
				kg stikstof ha <sup>-1</sup>	Percentage van deg per stikstof-uitscheiding weidedag op het perceel	
1987	554	8	908	42,2	8,5	46,5
1988	244	7	580	8,1	3,1	14
	540	9	974	39,2	7,7	40,2
1989	242	2	171	3,8	5,3	26,4
	360	2	221	12,0	13,9	64,6
	559	2	221	14,0	14,4	79,3
1990	224	7	758	9,1	3,3	13,7
	405	8	863	27,0	6,9	36,3
	551	8	989	32,8	6,9	37,7

Tabel 5.3 Berekening van de relatieve effecten van lagere stikstofgift op totale emissie, vervluchtigingspercentage en N-excretie (afgeleid van tabel 5.2).

Jaar	Stikstofgift (kg N ha <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> -emissie (kg N ha <sup>-1</sup> )	Vervluchtigings- percentage	Excretie (kg N ha <sup>-1</sup> )
1988	244	8,1	3,1	261
	540	39,2	7,7	509
<i>Bemestingseffect</i>		0,21	0,40	0,51
1990	224	9,1	3,3	276
	551	32,8	6,9	475
<i>Bemestingseffect</i>		0,28	0,48	0,58

Het effect dat stikstofbemestingsniveau heeft op de totale stikstofexcretie kan meegenomen worden via de cijfers die de Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en mineralencijfers jaarlijks samenstelt (hoofdstuk 2). Voor verschillende regio's wordt al onderscheid gemaakt in stikstofexcretie vanwege verschillen in voederrantsoen. Het effect van bemestingsniveau op de samenstelling van de urine, en daarmee op het vervluchtigingspercentage, is moeilijk in de berekeningen mee te nemen omdat hiervoor weinig gegevens beschikbaar zijn. Uit de gegevens van Bussink (tabel 5.3) kan afgeleid worden dat de effecten van bemestingsniveau op ammoniakemissie in vrijwel gelijk mate door excretie en vervluchtigingspercentage bepaald worden (tabel 5.3). Het vergt nog enig onderzoek om voor de verschillende stikstofexcreties de bijpassende vervluchtigingspercentages te zoeken.

De vervluchtigingspercentages bij verschillende bemestingsniveaus zijn vrij constant over de jaren (tabel 5.3). Binnen een jaar is er echter vrij grote variatie in ammoniakemissie. Regenval speelt hierin een belangrijke rol, omdat regenval voorafgaand aan de beweiding resulteert in een hoger vervluchtigingspercentage, terwijl regenval direct na de beweiding resulteerde in een lager percentage (Bussink, 1996, chapter 2). Dit laatste sluit aan bij proeven van Vertregt en Rutgers (1988) waarbij berekening na een urinelozing het vervluchtigingspercentage bijna halveerde (tabel 5.3). Daarnaast is er een positieve correlatie tussen bodemtemperatuur en ammoniakvervluchtiging uit urineplekken (Lockyer & Whitehead, 1990). Voor het meenemen van effecten van weersomstandigheden bij de berekening van

ammoniakemissie bij beweiding is slechts beperkt informatie beschikbaar om betrouwbare vervluchtigingspercentages op te stellen.

Grondsoort heeft een effect op het vervluchtigingspercentage, waarbij het percentage op zand en veen hoger is dan die op klei (tabel 5.3). De metingen in tabel 5.4 zijn afkomstig uit experimenten met windtunnels. Plantaz (1998) heeft volveldse metingen gedaan van ammoniakemissie van een bedrijf op veengrond. Hierbij is continu gemeten, waarbij de gevonden waarden een gemiddelde zijn van beweidde en onbeweidde percelen. De resultaten daarvan zijn analyseerd met een transportmodel dat de uitwisselingsstromen tussen atmosfeer en grasland beschrijft. In dat model wordt de bijdrage van geschatte emissie van weilanden aan de atmosferische ammoniakconcentratie gedeeltelijk gecompenseerd door een geschatte depositie op dezelfde weilanden. Plantaz (1998) heeft de NH<sub>3</sub>-emissie ook geschat op basis van vervluchtigingspercentages zoals gehanteerd worden in de huidige rekenmethodiek en vergeleken met zijn meetresultaten. De schatting van NH<sub>3</sub>-emissie kwam veel hoger uit dan de metingen. Om in het transportmodel een betere overeenstemming te krijgen tussen via vervluchtigingspercentages geschatte emissie en de volveldse metingen moeten onrealistisch hoge waarden worden aanhouden voor depositie. Plantaz (1988) concludeert daarom dat de huidige vervluchtigingspercentages te hoog zijn voor grasland op veengrond.

Tabel 5.4 Emissie van NH<sub>3</sub> uit kunsturine, 10 dagen na toediening op grasland als functie van N-concentratie, grondsoort en wel of geen beregening (Van der Meer, 1991; naar Vertregt en Rutgers, 1988 en Van der Meer & Van Uum-van Lohuyzen, 1989).

Factor	Variant*	Aantal	NH <sub>3</sub> -emissie	(% van urine-N)
		Gemiddeld	Gemiddeld	Variatie
Grondsoort	Zand	12	10,5	4-17
	Kalkrijke klei	2	4,5	4 en 5
	Veen	2	9,5	6 en 13
N-concentratie in urine (g l <sup>-1</sup> )	6	2	8,5	6 en 11
	12	2	12	7 en 17
Beregening na urinelozing	12	2	5,5	4 en 7
	geen	2	9	8 en 10

\* De varianten zijn direct vergeleken; de metingen op zandgrond zijn op een ander tijdstip uitgevoerd dan die op klei- en veengrond.

Whitehead en Raistrick (1993) hebben onder geconditioneerde omstandigheden NH<sub>3</sub>-emissie van verschillende gronden gemeten. Zij vonden een goede correlatie tussen CEC van de bodem en het vervluchtigingspercentage. Deze relatie kan gebruikt worden om de vervluchtigingspercentages voor kleigrond (Bussink, 1996) en veengrond (Plantaz, 1998) te extrapoleren naar zandgrond (aanhangel 5.1). De extrapolatie zoals in aanhangsel 5.1 dient uitgebreider onderbouwd te worden maar geconcludeerd kan worden dat het percentage voor zandgrond hoger kan zijn dan die voor kleigrond en veen. Dit sluit aan bij de metingen van Vertregt en Rutgers (1988, tabel 5.4). Het is dan ook raadzaam om het effect van grondsoort mee te nemen bij de berekening van de NH<sub>3</sub>-emissie bij beweiding. Voor de korte termijn zouden op basis van literatuurgegevens grondsoortspecifieke vervluchtigingspercentages afgeleid kunnen worden. Op de langere termijn zullen deze beter onderbouwd moeten worden met metingen. Voor informatie omtrent de werkelijke emissie van een beweid perceel

zijn volveldse metingen het meest geschikt. Voor een beter inzicht in de processen en betere mogelijkheden tot extrapolatie is het raadzaam om afzonderlijke bepalingen te doen aan emissie van ammoniak uit urine en mest, en aan de ammoniakfluxen in/uit gewassen (zie ook hoofdstuk 6). Volveldse metingen zijn in dat geval nodig voor toetsing van de modellen.

### 5.3 Aanbevelingen

*Regionaal* onderscheid bij beweidingssystemen opnemen, alsmede opdeling van de geaggregeerde diergroep melkvee tot melkkoeien en jongvee (via excretie, zie ook hoofdstuk 2). Zo kunnen via de excretie ook *regionale verschillen* die berusten op verschillen in voedersamenstelling opgenomen worden.

Opnemen van het effect van *grondsoort* op vervluchtigingspercentages. Op korte termijn kan dit gebaseerd worden op een overzicht van literatuur, waarbij rekening gehouden dient te worden met het schaalniveau waarop de metingen zijn gedaan. Op langere termijn is een verdere experimentele onderbouwing van het effect van grondsoort op vervluchtigingspercentages nodig.

Effecten van *bemesting* meenemen via excretiecijfers (zie ook hoofdstuk 2) en via specifieke vervluchtigingspercentages bij verschillende excreties. Onderbouwing van deze percentages kan op korte termijn via bestudering van literatuur, maar gezien de beperkte beschikbare informatie is additioneel experimenteel onderzoek nodig.

## Referenties

- Asman, W.A.H., 1996. *Factors influencing local dry deposition of gasses with special reference to ammonia* (published in Atmos Environ.).
- Batjes, N.H., 1997. *A world dataset of derived soil properties by FAO-UNESCO soil unit for global modelling*. Soil Use and Management 13: 9-16.
- Bolt, G.H., A.R.P. Janse en F.F.R. Koenigs, 1965. *Algemene bodemkunde*. Deel I: Bodemscheikunde. Syllabus kandidaatscollege, Landbouwhogeschool Wageningen.
- Bussink, D.W., 1990. *Ammonia volatilization from a rotationally grazed sward*. In: R. Merckx, H. Vereecken and K. Vlassak (Eds.). *Fertilization and the environment*, pp. 305-313. Leuven University Press, Leuven.
- Bussink, D.W., 1996. *Ammonia volatilization from intensively managed dairy pastures*. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen.
- CBS, 1998. *Persbericht centraal bureau voor de statistiek, 21 januari 1998*.
- Eerd, M.M. van, 1994. *Uniformering berekening mest- en mineralencijfers. Standaardcijfers rundvee, schapen en geiten, 1990 t/m 1992*. Werkgroep Uniformering mest- en mineralencijfers. Rapport LEI-DLO, Stuurgroep Landbouw en Milieu Noord-Brabant, IKC-veehouderij, Mestbank, CBS, RIVM.
- Hassink J, D.W. Bussink, O. Oenema, J.G. Kroes, M.J.D. Hack-ten Broeke en H.G. van der Meer, 1994. *Verliezen en vastlegging van stikstof bij grasland en mais* In M.H.A. de Haan en N.W.M. Ogink (Eds.) *Naar veehouderij en milieu in balans*. 10 jaar FOMA onderzoek. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 19 (rundvee).
- Hoek, K.W. van der, 1994. *Berekeningsmethodiek ammoniakemissie in Nederland voor de jaren 1990, 1991 en 1992*. Rapport nr. 773004003, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven.
- Hoogervorst, N J P en P.M. van Egmond. *Methodenrapport monitoring fosfaat-, stikstof- en ammoniak-emissies uit de landbouw*. (In voorbereiding).
- Hoogeveen, M.W., 1998. *Graslandgebruikssystemen in Nederland*. Reeks Milieuplanbureau (press).
- Jarvis S C en D.W. Bussink, 1990. *Nitrogen losses from grazed swards by ammonia volatilization*. In: *Soil-Grassland-Animal Relationships, Proceedings 13<sup>th</sup> General Meeting of the European Grassland Federation*. Edite by N. Gáborcik, V. Krajcovic and M. Zimková, pp. 13-17. The Grassland Research Institute, Banská Bystrica.



Leneman H, D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek en P.H.M. Janssen, 1998. *Gevoeligheidsanalyse berekening ammoniakemissie*. Effect van variatie in penetratiegraden en emissiefactoren op de ammoniakemissie. Mededeling 602, LEI-DLO, Den Haag.

Lockyer D R and D.C. Whitehead, 1990. *Volatilization of ammonia from cattle urine applied to grassland*. Soil Biology and Biochemistry 22: 1137-1142.

Meer, H.G. van der, 1991. *Stikstofverliezen, vervluchtiging van ammoniak* In Van der Meer H G (Ed.) 1991 Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maisland. Werkgroep stikstofproblematiek van gras- en maisland, Wageningen, 81-102

Molen, J. van der, D.W. Bussink, N. Vertregt, H.G. van Faassen, D.J. den Boer, 1989. *Ammonia volatilization from arable and grassland soils*. In: Nitrogen in organic wastes applied to soils. Edited by J. Aa. Hansen and K. Henriksen, pp. 185-201. Academic Press London.

Molen J. van der, A.C.M. Beljaars, W.J. Chardon, W.A. Jury, H.G. van Faassen, 1990. *Ammonia volatilization from arable land after application of cattle slurry*. 2. Derivation of a transfer model. Neth. J. Agr. Sc. 38: 3A, 239-254

Plantaz, M.A.H.G., 1998. *Surface/atmosphere exchange of ammonia over grazed pasture*. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.

Vertregt N. en B. Rutgers, 1988. *Ammonia volatilization from grazed pastures*. CABO-report 84, Wageningen.

Whitehead D.C. and N. Raistrick, 1993 The volatilization of ammonia from cattle urine applied to soils influenced by soil properties. Plant and Soil 148: 43-51

## Aanhangsel 5.1 Effect van grondsoort op het vervluchtigingspercentage

Metingen m.b.v. windtunnels aan  $\text{NH}_3$ -emissie uit urine op grasland op verschillende grondsoorten gaf aan dat het vervluchtigingspercentage op zandgrond groter is dan op kleigrond of veen (tabel 5.4). De percentages voor klei en veen zijn echter op slechts twee waarnemingen gebaseerd. Voor klei en veen zijn er ook volveldse metingen van  $\text{NH}_3$ -emissie verricht (Bussink, 1996; Plantaz, 1998), voor zandgrond zijn geen volveldse metingen gedaan.

Whitehead en Raistrick (1993) hebben onder geconditioneerde omstandigheden  $\text{NH}_3$ -emissie van verschillende gronden gemeten. Zij vonden goede correlaties tussen het vervluchtigingspercentage en bodemeigenschappen zoals de CEC, het gehalte aan kleideeltjes en de bodem/urine-pH 24 uur na toediening. Ook het landgebruik had effect op deze relaties. De emissie was bij grond van akkerbouw lager dan bij grond van grasland. Verder heeft de bodem-pH effect op het vervluchtigingspercentage (Van der Molen et al. 1990). Bij Whitehead en Raistrick (1993) correleerde het vervluchtigingspercentage sterker met de CEC dan met de initiële bodem-pH. De relatie tussen  $\text{NH}_3$ -emissie en CEC voor de grond van graslandpercelen wordt in deze appendix gebruikt om de resultaten van Bussink (1996) en Plantaz (1998) te extrapoleren naar zandgrond.

De relatie zoals Whitehead en Raistrick (1993) vonden tussen  $\text{NH}_3$ -emissie (in percentage van de toegediende urine-N) en CEC van de bodem (in  $\text{mmol kg}^{-1}$ ) was  $-0.090 \cdot \text{CEC} + 48.62$ .

Bij de berekening van de ammoniakemissie in Nederland worden de bodems ingedeeld in dalgrond, zand, veen, löss/leem en drie soorten kleigrond. De CEC van de bodem hangt af van het aandeel kleimineralen en de hoeveelheid organische stof. Daarnaast hangt de waarde van de CEC af van de bepalingmethode. Voor grasland zal gelden dat de CEC in het algemeen iets hoger ligt dan het gemiddelde voor de betreffende grondsoort omdat het gehalte organische stof hoger is dan bij akkerbouwgrond. Een indicatie voor CEC van zand en klei komt uit Bolt et al. (1965):

jonge zeeklei	185	lemig zand	55
NOP (Lovinkhoeve)	365	heideontginning	88
jonge rivierklei	119		

De kleigrond in het onderzoek van Bussink (1996) had een CEC van 280. Voor veen is het zeer moeilijk een cijfer te geven. Batjes (1997) geeft voor Histosols een waarde van 800. De hoogste waarde bij Whitehead en Raistrick (1993) is 433 voor een grond met 52% lutum en 11% organische stof. Voorlopig wordt voor dit voorbeeld een waarde van 400 aangehouden.

Grondsoort		NH <sub>3</sub> -emissie			
		CEC	Regressie Wh&Ra	Meting	Correctiefactor <sup>a</sup>
Klei	Bussink (1996)	280	23,4	7,7 <sup>b</sup>	0,33
Veen	Plantaz (1998)	400	12,6	5,6 <sup>c</sup>	0,45
Zand	Extrapolatie	70	42,3	16,4 <sup>d</sup>	0,39

<sup>a</sup> Correctie van volveldse meting naar data Whitehead & Raistrick. Waarde voor zand is gemiddeld van klei en veen.

<sup>b</sup> Gemiddelde van ca 550 kg N ha<sup>-1</sup> in 1987, 1988 en 1990

<sup>c</sup> Aangenomen waarde (gebaseerd op Fig. 7.4 uit Plantaz (1998):  $7/10 \times 8 = 5.6$ )

<sup>d</sup> Berekend via correctiefactoren klei en veen: het gemiddelde daarvan aangehouden voor zand

Deze berekening *uit de losse pols* vanuit de volveldse metingen geeft aan dat het vervluchtigingspercentage voor zandgrond hoger is dan die voor kleigrond en veen. Ook bij de metingen van Vertregt en Rutgers (1988) heeft zandgrond het hoogste vervluchtigingspercentage (tabel 5.4). Het is dan ook raadzaam om het effect van grondsoort mee te nemen bij de berekening van de NH<sub>3</sub>-emissie bij beweiding. Hiervoor moet een uitgebreidere set aan literatuurgegevens naast elkaar gezet worden om grondsoortspecifieke vervluchtigingspercentages af te leiden. Op de langere termijn zou dit verder onderbouwd moeten worden met metingen.

## 6 Gewasemissie

Vegetaties kunnen zowel ammoniak uit de atmosfeer opnemen (depositie) als aan de atmosfeer afstaan (emissie). De richting van de uitwisseling is afhankelijk van de concentratie in de waterfase en die in de gasfase. De concentratie in de lucht waarbij geen netto-uitwisseling plaatsvindt tussen vegetatie en atmosfeer wordt het compensatiepunt genoemd (Meyer, 1973; Farquhar et al., 1980).

De richting en mate van uitwisseling van ammoniak tussen gewas en atmosfeer is dus afhankelijk van de ammoniak- en ammoniumconcentratie in gewas en atmosfeer. In hun review noemen Holtan-Hartwig & Bockman (1994) factoren die de uitwisseling van ammoniak tussen gewas en atmosfeer beïnvloeden. Deze factoren hebben vooral effect via concentraties en betreffen o.a. de mate van bemesting, de vorm waarin stikstof door planten wordt opgenomen, leeftijd van het gewas, pH, temperatuur en windsnelheid. Een literatuuroverzicht van ammoniakemissies uit gewassen laat grote variatie zien, variërend van netto opname tot hoge geschatte jaaremmissies van 15.5 kg ha<sup>-1</sup> (tarwe), 0-17.8 kg ha<sup>-1</sup> (zomergerst), 45-81 kg ha<sup>-1</sup> (mais) (Holtan-Hartwig & Bockman, 1994). Emissie bij granen is het grootst gedurende de afrijpingsfase en gezien de afwezigheid van verhoogde depositie gedurende die periode bestempelen Holtan-Hartwig & Bockman (1994) de hoge waarden als niet representatief en suggereren een netto emissie bij akkerbouwgewassen van ongeveer 1.5 tot 6 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>, afhankelijk van de groeiomstandigheden. Harper et al. (1996) hebben ammoniakemissie uit met nitraat-stikstof bemest grasland gemeten. Gemiddeld vonden zij een netto opname van ammoniak, met ammoniakemissie na bemesting en bij een hoge stikstofopname nadat regenval de stikstofbeschikbaarheid in de bodem had doen toenemen.

Naast emissie uit staande gewassen emiteert ammoniak ook uit afstervende gewasdelen. Vertregt en Rutgers (1988) vonden bij regelmatig beregend, afstervend gras dat in een periode van 12 dagen 3% van de totale hoeveelheid stikstof als ammoniak vervluchtigde. Larsson et al. (1998) vonden bij mulching met gras (2.1% N) en lucerne (4.4% N) over een periode van drie maanden hoge ammoniakemissies van 39 en 17 procent van de toegediende hoeveelheid stikstof, waarbij de emissie vooral in de eerste maand plaatsvond.

Plantaz (1998) vond bij metingen op een melkveebedrijf op veengrond een regulier patroon van emissie overdag en depositie 's nachts. Hij concludeert in zijn proefschrift dat het gewas hierbij een belangrijke rol speelt, waarbij bij de hoge stikstofgehalten in het gras en de geopende huidmondjes overdag tot ammoniakemissie leiden.

Bij lage stikstofbeschikbaarheid nemen gewassen ammoniak op. Met toenemende bemesting neemt de emissie van ammoniak toe, vooral als de bemesting hoger is dan de gewasbehoefte (Holtan-Hartwig & Bockman, 1994). De bemestingsniveaus in Nederland zijn in het algemeen hoog, vooral op bedrijven die ook dierlijke mest produceren. Gecombineerd met het feit dat stikstof in dierlijke mest in de

ammoniumvorm aanwezig is, is het daarom aannemelijk dat emissies in Nederland hoger liggen dan het jaartotaal van 1.5 tot 6 kg ha<sup>-1</sup> dat Holtan-Hartwig & Bockman (1994) suggereren. Dit zal afhangen van het gewas en de omgeving. Plantaz (1998) vond in Zegveld een jaarlijkse netto ammoniakemissie van (deels beweid en met dierlijke mest bemest) grasland van 3.7 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>, met emissie in de zomerperiode en een kleine depositie in de winterperiode.

Emissie van ammoniak uit gewassen of afstervende gewasdelen zit niet in de huidige berekeningsmethodiek maar draagt wel bij aan de hoeveelheid ammoniak in de lucht. Hiermee wordt de relatieve bijdrage van de bronnen van ammoniak die wel in het model opgenomen zijn kleiner, en daarmee ook de effecten die emissiereducerende maatregelen hebben. Een emissie van één kilogram ammoniak uit de gewassen op het Nederlandse landbouwareaal bedraagt al 1.5 procent van de totale hoeveelheid ammoniakemissie zoals die berekend wordt.

Op grond van de in uitvoering genomen maatregelen om ammoniak-emissies te reduceren had verwacht mogen worden dat de atmosferische ammoniakconcentratie 30-40% zou dalen. De daling blijkt echter hooguit 10-20% te zijn. De geringere daling van de ammoniakemissie in Nederland dan zoals die berekend wordt, wordt door Erisman en Monteny (1998) voor een belangrijk deel toegeschreven aan verschuiving van het compensatiepunt. De initiële reductie van ammoniakemissie a.g.v. injectie t.o.v. volveldse toediening zou dan deels teniet gedaan worden door verhoogde gewasemissie over langere tijd. Dit zal uit onderzoek moeten blijken. Initiatieven op dit gebied zijn reeds door ECN, TNO en IMAG-DLO genomen. Daarnaast heeft het AB-DLO voor 1999 onderzoek gepland waarin het vermoeden getoetst wordt dat een substantieel deel van de ondergewerkte mest via het blad weer aan de atmosfeer wordt afgestaan, en waarin bekeken wordt welke factoren deze emissie beïnvloeden (van der Eerden, pers.med.).

Indien blijkt dat het vermoeden van substantiële ammoniakemissies juist is zullen diverse aspecten van het stikstofbeleid heroverwogen dienen te worden, want onderwerking van mest is minder effectief, en de ruimtelijke verdeling van ammoniakdepositie is anders dan tot nu toe wordt aangenomen. Ook zal de doelstelling om de atmosferische ammoniakconcentratie aanzienlijk te verminderen alleen met zeer ingrijpende maatregelen gehaald kunnen worden. Onderzoek naar de rol van gewassen bij de ammoniakemissie en -depositie kan zowel gericht worden op een heranalyse van veel bestaande gegevens als op nieuw uit te voeren metingen. Balansen van stikstofstromen zijn niet altijd sluitend en heranalyse van deze gegevens kan inzicht geven in de mate van immissie en/of emissie van ammoniak bij gewassen. In het veld moeten emissies gedurende een langere periode na mestinjectie gevolgd worden dan tot nu toe gedaan werd.

Een sterk bufferende werking van gewassen via opname en emissie van ammoniak heeft gevolgen voor de regionale verspreiding van stikstof. Stikstofrijke vegetaties emitteren vooral ammoniak en stikstofarme absorberen vooral ammoniak. Dit betekent dat de processen van gewasemissie leiden tot versterkte nivellering van stikstofniveaus en verrijking van stikstofarme gebieden.

Momenteel zijn er aparte modellen voor berekeningen van emissie en depositie van ammoniak. Als gewassen een duidelijke rol spelen bij de ammoniakemissie en – verspreiding kunnen emissie en depositie niet meer als afzonderlijke processen gemodelleerd worden maar dienen geïntegreerd te worden in één model. Dit omdat emissie en depositie (opname) van ammoniak bij gewassen dan feitelijk twee richtingen zijn van hetzelfde proces en de effecten van omgevingsfactoren op emissie en depositie dus gekoppeld zijn (pers. med. Van Jaarsveld).

## **6.1 Aanbevelingen**

- De mate van emissie van ammoniak uit gewassen dient onderzocht te worden. Literatuurstudie en heranalyse van reeds uitgevoerde experimenten kan een inschatting opleveren van de mate van ammoniakopname en -emissie door gewassen. Dit dient verder onderbouwd te worden d.m.v. nieuw uit te voeren experimenten. Hierbij kan aangesloten worden bij reeds ontwikkelde initiatieven.
- De bufferende werking van gewassen bij de ammoniakemissie, -depositie (gewasopname) en -verspreiding is nog onvoldoende bekend en dient in combinatie met mesttoediening verder onderzocht te worden.
- Overwogen moet worden om in depositiemodellen rekening te houden met emissies.

## Referenties

- Erismann, J.W. and G.J. Monteny, 1998. *Consequences of new scientific findings for future abatement of ammonia emissions.*
- Farquhar G.D, P.M. Firth, R. Wetselaar and B. Weir, 1980. *On the gaseous exchange of ammonia between leaves and the environment: Determination of the ammonia compensation point.* Plant Physiology 66: 710-714.
- Harper, L.A., D.W. Bussink, H.G. van der Meer and W.J. Corré, 1996. *Ammonia transport in a temperate grassland: I. Seasonal transport in relation to soil fertility and crop management.* Agronomy Journal 88: 614-621.
- Holtan-Hartwig-L. and O.C. Bockman, 1994. *Ammonia exchange between crops and air.* Norwegian-Journal-of-Agricultural-Sciences. 1994, Supplement No. 14, 41 pp.; 11 pp. of ref.
- Larsson L, M. Rerm, A. Kasimir-Klemedtsson, L. Klemedtsson, M. Esala, and H. Kirchmann, 1998. *Ammonia emissions from agriculture.* Proceedings of a seminar, Uppsala, Sweden, 23-23 May 1996. Nutrient Cycling in Agroecosystems 51, 41-46.
- Meyer M.W., 1973. *Absorption and release of ammonia from and to the atmosphere by plants.* Ph.D. diss. Univ. of Maryland, College Park.
- Plantaz M.A.H.G., 1998. *Surface/atmosphere exchange of ammonia over grazed pasture.* Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.
- Vertregt N. and B. Rutgers. 1988 *Ammonia volatilization from grazed pastures.* CABO-report 84, Nederlands Zure Regenprogramma, Rapport 64-2.

## **7 Mestlogistiek**

### **7.1 Huidige methodiek**

#### **7.1.1 Inleiding**

In de huidige rekenmethodiek voor NH<sub>3</sub> -emissies uit de landbouw worden de Mest- en Ammoniak (M&A)-modellen van LEI-DLO ingezet. Deze modellen berekenen onder andere de verdeling van mest op nationaal, regionaal en bedrijfsniveau. In deze paragraaf wordt een algemene beschrijving gegeven van de M&A-modellen. In paragraaf 7.1.2 wordt de methodiek beschreven van de bepaling van de mineralenoverschotten op bedrijfsniveau en in paragraaf 7.1.3 wordt de afzet van mestoverschotten beschreven. Voor beide beschrijvingen is gebruik gemaakt van Hoogervorst & Van Egmond (1998). Voor het onderdeel mestlogistiek, zijn het mestoverschot- en plaatsingsmodel en het Mesttransport- en verwerkingsmodel van belang. Met deze twee modellen kan de omvang en de regionale spreiding van de productie van dierlijke mest worden bepaald en kan bij verschillende normeringen, de omvang en de spreiding van de mestoverschotten en plaatsingsruimten worden berekend. Ook wordt het inzicht in de optimale afzet van de mestoverschotten en de daaraan verbonden kosten vergroot. Momenteel worden de M&A-modellen herzien. Deze herziening heeft geen methodische consequenties. Er wordt voorzien in een uitbreiding van het aantal gebruiksnormen en de mogelijke combinaties van mestsoort en verwerkingstechniek.

#### **7.1.2 Mineralenoverschotten op bedrijfsniveau**

Bij de emissieberekeningen is verondersteld dat bedrijven die mest produceren in eerste instantie proberen die mest op de grond van het eigen bedrijf aan te wenden. De ruimte voor eigen gebruik wordt beperkt door het bedrijfsareaal en de geldende mestgebruiksnormen. De toedeling van de geproduceerde mest aan de gewassen op het eigen bedrijf wordt beschreven in het laatste deel van de paragraaf.

##### ***Gewassen en arealen***

Bij de emissieberekeningen worden 6 gewasgroepen onderscheiden, te weten:

1. grasland
2. snijmaïs
3. consumptie- en fabrieksaardappelen, bloembollen, vollegrondsgroenten en boomkwekerij
4. bieten en pootaardappelen
5. wintertarwe
6. overige gewassen (excl. handelsgewassen, braakland en glastuinbouw)

Deze indeling is afgestemd op 1) de indeling van mestgebruiksnormen en 2) de geadviseerde bemestingsniveaus van de verschillende gewassen in een groep. Dit laatste is vooral van belang voor de berekening van het kunstmestgebruik.



Handelsgewassen, braakland en glastuinbouw zijn uitgesloten omdat verondersteld wordt dat op deze gewassen geen dierlijke mest wordt uitgereden. Er kunnen maximaal 6 gewasgroepen worden meegenomen vanwege beperkingen van het Ip-model. Het areaal van elke gewasgroep wordt per bedrijf berekend uit gegevens van de Landbouwtellingen.

#### ***Mestproductie per bedrijf***

De mestproductie per bedrijf wordt berekend met dieraantallen en excretiefactoren per diercategorie. De samenstelling en omvang van de veestapel zijn af te leiden uit de landbouwtelling. De veelheid aan diercategorieën wordt vereenvoudigd naar 8 groepen. Binnen een groep worden diersoorten bij elkaar geteld tot diereenheden door middel van forfaitaire fosfaatproductie. De mestproductie per bedrijf wordt vervolgens berekend door sommatie van het aantal diereenheden maal de gewogen fosfaatproductie (gecorrigeerde WUM- cijfers op basis van dierequivalenten).

#### ***Mestgebruiksnormen en plaatsingsruimte voor mest***

De mestgebruiksnormen zijn uitgedrukt in hoeveelheden fosfaat per hectare en zijn bij wet vastgesteld. Het model biedt overigens de mogelijkheid om te rekenen met gebruiksnormen voor maximaal 5 stoffen in dierlijke mest in het oude model. In het nieuwe model is het aantal onbeperkt. Bij het berekenen van de mestafzet wordt verondersteld dat de in het model ingevoerde mestgebruiksnormen niet worden overschreden. De gebruiksnormen gelden op nationaal niveau. Hoewel er vermoedens zijn dat in de praktijk de mestgebruiksnormen regionaal worden overschreden, wordt hiermee in de berekeningen geen rekening te houden.

De plaatsingsruimte voor mest wordt per bedrijf berekend door het areaal per gewasgroep te vermenigvuldigen met de maximale hoeveelheid mest die bij de bijbehorende mestgebruiksnorm per hectare mag worden uitgereden. De resterende plaatsingsruimte is de plaatsingsruimte die overblijft nadat de eigen mest is toegedeeld aan de gewasgroepen op het eigen bedrijf.

#### ***Mestafzet op het eigen bedrijf en mestoverschot***

Het mestoverschot is gedefinieerd als die hoeveelheid dierlijke mest, die - gegeven de gehanteerde productie per dier en de gekozen plaatsingsmogelijkheden- niet op het eigen bedrijf afgezet kan worden. Van een mesttekort is sprake wanneer de gekozen plaatsingsmogelijkheden en productie van mest op het bedrijf overtreffen. De gekozen plaatsingsmogelijkheden zijn normaliter de wettelijke gebruiksnormen. Voor bedrijven die meer dan 1 mestsoort produceren en/of meer dan 1 gewasgroep hebben, is de toedeling van mest naar gewassen niet eenduidig bepaald. Iedere mestproducent zal hiervoor zijn eigen redenering volgen. In de berekeningen worden echter uniforme toedelingsregels gehanteerd voor de toedeling van mest naar gewassen bij bedrijven die meer dan 1 mestsoort produceren en/of meer dan 1 gewasgroep hebben. Allereerst wordt de volgorde bepaald waarin de mestsoorten over land wordt verdeeld. Er wordt verondersteld dat boeren streven naar minimalisatie van afvoerkosten. Dit heeft alleen invloed op de stalmest; weidemest kan namelijk per definitie niet (meer) van een bedrijf worden afgevoerd. Daarom wordt in de modelberekening weidemest als eerste aan gewassen (grasland) toegedeeld. Minimalisatie van afvoerkosten komt overeen met streven naar maximalisatie van de hoeveelheid stalmest (volume!) die op het

eigen bedrijf kan worden afgezet (binnen de normen). Dat is te bereiken door mest met het laagste fosfaatgehalte als eerste aan de eigen grond toe te wijzen. Is er daarna nog plaatsingsruimte binnen het bedrijf over, dan komt de mestsoort met het een na laagste fosfaatgehalte aan de beurt. De uitrijdvolgorde van mestsoorten wordt dus bepaald door het fosfaatgehalte en de (fosfaat)gebruiksnorm. Omdat gerekend wordt met een voor heel Nederland uniforme samenstelling per mestsoort, is (bij enkelvoudige mestgebruiksnormen) de uitrijdvolgorde van mestsoorten voor alle bedrijven gelijk. Van jaar tot jaar kan de volgorde (in theorie) wel veranderen omdat de mestsamenstelling per mestsoort kan variëren. Vervolgens wordt elke mestsoort afzonderlijk in een bepaalde volgorde aan gewasgroepen toegedeeld. Weidemest van melkvee en vleesvee wordt altijd (en uitsluitend) aan grasland toegedeeld. Een eventuele overschrijding van de gebruiksnorm met weidemest wordt in het model ondervangen door dat overschot toe te voegen aan de stalmest (alle mest minus weidemest) van dezelfde diercategorie. In de agrarische praktijk kan het aantal weidedagen beperkt worden om een zelfde effect te bereiken. Er wordt echter geen informatie verzameld om na te kunnen gaan of dat de werkelijke situatie is.

Stalmest kan in beginsel aan alle gewassen worden toegedeeld. Bij de toewijzing wordt onderscheid gemaakt tussen bedrijven met en bedrijven zonder mestoverschot. Op bedrijven\_zonder mestoverschot geldt voor elke stalmestsoort een zelfde gewasgroepvolgorde: 1) snijmaïs, 2) grasland, 3) consumptie- en fabrieksaardappelen, 4) bieten en pootaardappelen, 5) wintertarwe, 6) overig bouwland. De mestsoorten worden daarbij aangeroepen in oplopend fosfaatgehalte, net als bij overschotbedrijven. Op bedrijven\_met een mestoverschot is de volgorde van toedeling van mest aan gewassen per mestsoort verschillend. De volgende principes worden gehanteerd.

1. Weidemest wordt op grasland afgezet
2. Minimaliseren van de afzetkosten op bedrijfsniveau door
  - a. mineraalrijkste mest eerst afvoeren
  - b. gewas met hoogste gebruiksnorm eerst bemesten
3. Bij gewassen met een zelfde gebruiksnorm op basis van een vastgestelde volgorde namelijk overige gewassen, wintertarwe, bieten en pootaardappelen, consumptie- en fabrieksaardappelen, grasland en snijmaïs.

De mest die resteert nadat alle eigen grond tot de norm is bemest, wordt overschotmest genoemd en wordt getransporteerd naar de resterende plaatsingsruimte van andere bedrijven (zie paragraaf 7.1.3). Met het mestoverschot- en plaatsingsmodel worden de mestoverschotten en plaatsingsmogelijkheden op bedrijfsniveau berekend en geaggregeerd tot regionale overschotten en plaatsingsmogelijkheden.

### **7.1.3 Afzet van mestoverschotten**

De afzet van mestoverschotten wordt berekend met het transport- en verwerkingsmodel. Dit model is een lineair programmeringmodel. Onderscheid kan worden gemaakt tussen de modelopzet (doelstelling, activiteiten en beperkingen) en de invulling van het model met de coëfficiënten.

### 7.1.3.1 Modelopzet

Nadat het gebruik van mest op het mestproducerende bedrijf is berekend en de mestoverschotten en resterende plaatsingsruimte voor mest zijn vastgesteld (zie paragraaf 7.1.2), wordt het transport van mest tussen landbouwbedrijven en naar andere afnemers berekend. Dat gebeurt met behulp van een model dat middels lineaire programmering, bestemmingen voor alle overschotmest berekent zodanig dat de totale afzetkosten minimaal zijn. De totale afzetkosten zijn de kosten voor transport (incl. laden, lossen en tussenopslag) plus mestverwerking (incl. transport, processing, marketing) plus uitrijden minus de opbrengst (bemestende waarde) van de afgezette mest of mestkorrels. Om het aantal te berekenen afzet-mogelijkheden te beperken wordt het aanbod van mest per mestsoort gegroepeerd in 31 mestregio's. Per mestregio wordt de mestafzet op de beschikbare plaatsingsruimte berekend. Daarnaast is één buitenlandregio in de berekeningen opgenomen. Elke mestsoort (behalve melkvee-stalmest en vleeskuikenmest) kan worden verwerkt in een verwerkingsinstallatie (zonder vaste locatie). Bij de zuivering van kalvergier kan worden gekozen uit een aantal verschillende verwerkingsmethoden. De producten van de verwerkingsinstallaties komen in aanmerking voor toepassing binnen Nederland (aanbod) of voor export. Het model kan geen import van mest in de berekening betrekken. De afzonderlijke activiteiten zijn:

- laden en lossen van onverwerkte mest en verwerkte producten;
- transporteren en opslaan van onverwerkte mest en verwerkte producten;
- verspreiden van onverwerkte mest en verwerkte producten;
- be- en verwerken van mest (vier verschillende methodes: mestverwerkingketens; zuivering; drogen van vaste mest tot mestkorrels; en drogen in de stal van verse mest);
- exporteren van onverwerkte mest en verwerkte producten.

De randvoorwaarden zijn:

- mestverwerking mag de maximum capaciteit van mestverwerking niet te boven gaan. Dit maximum is gebaseerd op de verwerking van mest in de praktijk.
- de capaciteit van mestverwerking is per mestsoort en per verwerkingsprocede en per regio verschillend. Melkveemest en slachtkuikenmest kunnen niet worden verwerkt, vleeskalverenmest wel. Het procédé zuiveren zonder osmose voor vleeskalverenmest is echter alleen in Oost Utrecht en Veluwe toegelaten. In de nieuwe opzet van de modellen zijn er geen beperkingen gesteld aan de mogelijkheden van verwerkingstechnieken en mestsoorten.
- export van mest en van producten van mest is verbonden aan een maximum. Dit maximum is gebaseerd op de export van mest in de praktijk.
- de som van de verwerkte mest, plus de uitgereden mest, plus de export, plus de afvoer en minus de aanvoer van mest is gelijk aan het mestoverschot. Met andere woorden alle overschotmest moet worden afgezet.
- er mag niet meer mest worden uitgereden dan er geplaatst kan worden.
- er mag geen mesttransport plaatsvinden tussen twee overschotregio's en twee tekortregio's.
- er mag geen mesttransport plaatsvinden naar een regio waarin de plaatsingsmogelijkheden voor mest kleiner zijn dan de mestoverschotten.

Bovendien dient de plaatsingsruimte voor vaste mest groter te zijn dan de overschotten aan vaste mest.

- er mag geen mesttransport plaatsvinden uit een regio waarin de plaatsingsmogelijkheden voor mest groter zijn dan de mestoverschotten.
- vaste mest uitrijden op grasland is uitgesloten.

### ***Mestbewerking op mestproducerende bedrijven***

Het model heeft de mogelijkheid om mestbewerking op mestproducerende bedrijven te simuleren. Het betreft dan nageschakelde technieken, zoals mestscheiding en droging die de mestafzetkosten kunnen reduceren. Deze optie is vooral ontwikkeld voor scenariostudies. Voor monitoring van emissies is deze optie nog niet gebruikt; ten eerste omdat dit type mestbewerking nog weinig voorkomt en ten tweede omdat het effect ook kan worden berekend via de definitie van extra staltypen waarin deze technieken zijn geïntegreerd (zoals bij legpluimvee wordt gedaan).

## **7.1.3.2 Invulling coëfficiënten van het lp-model.**

### ***Mestregio's***

Mestregio's zijn gebieden, opgebouwd uit gemeenten en door samenvoeging tot provincies te herleiden. De 31 mestregio's zijn eind jaren 80 vastgesteld op basis van fosfaatproductie en homogeniteit in agrarische structuur (Luesink en Van der Veen, 1989:33). Door de gemeentelijke herindelingen die sindsdien hebben plaatsgevonden, zijn de regio-grenzen aangepast. Er worden 3 regio-typen onderscheiden: overschotgebieden, overgangsgebieden en tekortgebieden. Deze indeling is relevant voor de vaststelling van acceptatiegraden en voor de randvoorwaarden ten aanzien van de mogelijkheden van mesttransport. In overschotgebieden is de jaarlijkse fosfaatproductie duidelijk groter dan de plaatsingsruimte voor fosfaat (meer dan 140 kg fosfaat/ha in 1984); dit zijn de mestregio's 8 t/m 10 (oostelijk Overijssel en Gelderland excl. het rivierengebied), 13 (oostelijk Utrecht) en 23 t/m 27 (midden en oost Brabant en WN Limburg). In tekortgebieden is de jaarlijkse fosfaatproductie duidelijk kleiner dan de plaatsingsruimte (maximaal 70 kg fosfaat/ha in 1984); dit zijn de mestregio's 1 (Groningen), 2 (noordelijk Friesland), 5 (veenkoloniaal Drenthe), 15+16 (Noord Holland), 18 (Zuid Hollandse eilanden) en 19 t/m 21 (Zeeland). Alle 10 overige mestregio's worden overgangsgebieden genoemd.

### ***Mestaanbod per mestregio***

Het mestaanbod dat elke mestregio heeft, wordt eenvoudig berekend door (per mestsoort) de overschotmest over alle bedrijven in de betreffende regio te sommeren.

### ***Berekening van de resterende plaatsingsruimte***

De beschikbare plaatsingsruimte voor mest is het gedeelte van de plaatsingsruimte dat niet door eigen mest wordt gebruikt. De resterende plaatsingsruimte is dat deel van de beschikbare plaatsingsruimte dat gebruikt kan worden voor bemesting met dierlijke mest. Of die ruimte daadwerkelijk opgevuld wordt hangt af van het aanbod van mest. Na uitrijden van eigen mest blijft er op sommige bedrijven nog ruimte over om (binnen de mestgebruiksnormen) mest van derden uit te rijden. Die ruimte wordt 'beschikbare plaatsingsruimte' genoemd. Die beschikbare plaatsingsruimte zal niet

altijd volledig worden opgevuld, ook al is daarvoor voldoende mest beschikbaar (zie Luesink en Van der Veen, 1989:62). Met behulp van een acceptatiegraad wordt in de modelberekeningen aangegeven in welke mate boeren bereid zijn de beschikbare plaatsingsruimte daadwerkelijk te gebruiken voor aanvoer van bedrijfsvreemde mest. De *resterende* plaatsingsruimte wordt dus berekend uit de beschikbare plaatsingsruimte en de acceptatiegraad.

Acceptatiegraden worden bepaald per gewasgroep (g) en per mestregiotype (rt) en worden jaarlijks proefondervindelijk vastgesteld op grond van een vergelijking met de mesttransporten tussen de mestregio's (r) die de Landelijke Mestbank registreert. Ter illustratie is tabel 6.1 toegevoegd.

$$\text{rest. plaruim}_{g,r} = \text{acc. graad}_{g,rt} \times \sum_{b=1}^B \text{besch. plaruim}_{b,g,r}$$

$$\text{besch. plaruim}_{b,g,r} = \text{areaal}_{b,g,r} \times \text{norm}P_g - \text{eigenmestgift}_{b,g,r}$$

Momenteel is een onderzoek naar de mogelijkheden om acceptatiegraden per mestregio te bepalen afgerond. Hierdoor kunnen de geregistreerde mesttransportstromen beter benaderd worden met modelberekeningen. Bovendien wordt bij de vaststelling van acceptatiegraden ook gebruik gemaakt van gegevens uit het Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO. Deze werkwijze is toegepast voor MB98. De acceptatiegraden zijn startwaarden. Deze worden bijgesteld tijdens een run of vooraf geijkt met de situatie in een bepaald jaar.

Tabel 6.1 Acceptatiegraden voor dierlijke mest in 1995.

Gewasgroep	Overschotgebied (%)	Overgangsgebied	'Tekort' gebied
Snijmaïs	100	100	100
Gras	100	50	15
Cons. & fabr.aardappelen <sup>a)</sup>	100	100	100
Bieten & pootaardappelen	100	100	75
Tarwe	100	50	0
Overig bouwland	100	50	0

<sup>a)</sup> inclusief bloembollen, vollegrondsgroenten en boomteelt.

Bron: RIVM, achtergrondinformatie MB96 (ongepubliceerd).

### **Beschikbare capaciteit voor centrale mestverwerking en export**

Het rekenmodel is oorspronkelijk ontworpen voor scenariostudies, waarbij het model uitrekent onder welke omstandigheden een beschikbaar gestelde verwerkingscapaciteit wordt benut. Daarom is er een voorziening voor het invoeren van maximale hoeveelheden verwerkte mest en niet van de gerealiseerde hoeveelheid. Een zelfde principe geldt voor de hoeveelheid geëxporteerde mest. Voor monitoringsdoeleinden kan dit worden ondervangen door waarden voor de gerealiseerde hoeveelheid in te voeren bij de variabele 'maximale capaciteit'. Deze gegevens worden jaarlijks vastgesteld in rapportages van de Mestbank.

### **Kosten van transport en opslag**

Bij de simulatie van gerealiseerde meststromen worden de volgende waarden gehanteerd:

1. kosten voor laden en lossen: gemiddeld 3,80 gld/ton drijfmest en 2,50 gld/ton vaste mest (Horne et al., 1995). Bij kort transport (binnen de mestregio) worden de kosten gehalveerd. Er wordt namelijk van uitgegaan dat de gebruikte transportmiddelen (tractor met giertank, bijv.) de mest direct uitrijden zonder te lossen (Luesink & Van der Veen, 1989).
2. transport binnen de mestregio over een gemiddelde afstand van 3 km kost voor drijfmest 4,5 cent/ton.km en voor vaste mest 7,2 cent/ton.km.
3. kosten van transport tussen regio's worden berekend op grond van de afstand over de weg tussen de centra van de mestregio's (berekend als hemelsbrede afstand maal 1,3) en de kosten per ton.km zoals die gelden bij transport binnen de mestregio (zie punt 2).
4. kosten voor tussenopslag (Horne et al., 1995:33):
  - zonder heien: excl. afdekken 6,60 gld/m<sup>3</sup>, incl. afdekken 7,66 gld/m<sup>3</sup>.
  - met heien 8,76 gld/m<sup>3</sup> en voor veengronden 9,82 gld/m<sup>3</sup>.
  - vaste mest zonder en met afdekken resp. 2,25 en 3,25 gld/m<sup>3</sup>.
  - de opslagperiodes zijn voor verwerking 2 maanden, afzet eigen regio 6 maanden en afzet in een andere regio 9 maanden.
5. kosten voor uitrijden van mest zijn:
  - a. vaste mest op bouwland 125 gld/ha incl. onderwerken
  - b. drijfmest op bouwland uitrijden: bij injectie 7,72 gld/m<sup>3</sup> (bij onderwerken 125 gld/ha)
  - c. drijfmest op grasland uitrijden (emissiearm) 7,50 gld/m<sup>3</sup>.

#### ***Kosten van centrale mestverwerking en export***

Bij de simulatie van gerealiseerde meststromen krijgen de invoerparameters (de mestkosten) een fictieve lage waarde om te bewerkstelligen dat de parameter 'beschikbare verwerkingscapaciteit' wordt geïnterpreteerd als gerealiseerde mestverwerking. Dit geldt ook voor de export van (onverwerkte) dierlijke mest. Verwerken van melkveedrijfmest en vleeskuikenmest is niet toegestaan. De eenheidskosten voor export van mest en verwerkingsproducten bestaan uit:

1. kosten voor laden en lossen: 2,50 gld/ton
2. transportkosten over gemiddeld 500 km á 7,2 cent/ton.km.
3. kosten voor afzet en marketing in het buitenland: gemiddeld 130gld/ton.

Deze eenheidskosten worden incidenteel geactualiseerd, voor het laatst in 1997 (Oudendag en Luesink, 1997).

#### ***Bemestingswaarde van mest(-producten)***

Bij de berekening van meststromen wordt voor elke mestsoort en verwerkingsproduct de bemestingswaarde per hoofdgewasgroep (gras, maïs en overig bouwland) berekend. Met deze parameters wordt de verdeling van getransporteerde mest over gewassen gestuurd.

De overwegingen bij de berekeningsmethode van de waarden zijn beschreven in Luesink en Van der Veen (1989:65 ev). De waarden zijn deels afgeleid van de mogelijkheden om kunstmest te vervangen. Van elke mestsoort zijn de werkzame hoeveelheden N, P en K berekend (afhankelijk van uitrijdperiode en verdeling N-fractionen) en gewaardeerd tegen de marktprijzen per kilogram N, P en K in kunstmest:

1,70 gld/kg N, 1,36 gld/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 0,82 gld/kg K<sub>2</sub>O (Pronk, 1987). Deze mineralen worden overigens alleen gewaardeerd voor zover met de toegestane mestgift (afhankelijk van gebruiksnormen en mest Samenstelling) het bemestingsadvies niet wordt overschreden. Daarnaast zijn allerlei praktische overwegingen in de bemestingswaarden verdisconteerd. Deze overwegingen zijn vertaald in de volgende correcties:

1. op grasland worden bij alle mestsoorten de mineralen niet gewaardeerd en wordt bovendien een negatieve correctie van 11 gld/ton aangebracht;
2. alle rundveemest krijgt een negatieve correctie van 1 gld/ton,
3. alle varkensmest een negatieve correctie van 2 gld/ton en alle mestkorrels een positieve correctie van 20 gld/ton,
4. vleeskalverenmest krijgt een negatieve correctie van 1,50 gld/ton.

De aldus berekende bemestingswaarden zijn geen invoer in het model maar een tussen resultaat.

### ***Toedeling van getransporteerde mest aan gewassen***

Per mestregio volgt de toedeling van mestsoorten aan gewasgroepen automatisch uit de optimalisatie. De relatieve (financiële) aantrekkelijkheid van de gewasgroepen wordt namelijk beïnvloed door de opbrengst-parameters. Daarnaast wordt de toedeling aan gewassen beïnvloed door het aanbod van mest en de ruimtelijke verdeling van aanbod en plaatsingsruimte. Na afloop van de optimalisatie is dus bekend hoeveel mest er voor de regio als geheel van elke mestsoort op elke gewasgroep wordt aangevoerd van andere bedrijven. Dit totale aanbod dient vervolgens nog te worden toegewezen aan gewassen van individuele bedrijven. Dat gebeurt als volgt:

Per mestregio (r) wordt voor elk gewas (g) en elke mestsoort (m) een gemiddelde gift met getransporteerde mest (gem.transgift, in kg/ha) berekend uit de aangevoerde hoeveelheid mest (aanvoer, in kg) en de resterende plaatsingsruimte (rest.plaruim, in ha):

$$\text{gem.transgift}_{m,g,r} = \text{aanvoerm}_{g,r} / \text{rest.plaruim}_{g,r}$$

Deze gemiddelde gift met getransporteerde mest wordt vervolgens vermenigvuldigd met de resterende plaatsingsruimte per bedrijf (besch.plaruim \* acc.graad) om de via transport aangevoerde hoeveelheid mest (transgift, in kg) van mestsoort m op gewasgroep g te berekenen:

$$\text{Transgift}_{m,b,g,r} = \text{gem.transgift}_{m,g,r} * \text{besch.plaruimb}_{g,r} * \text{acc.graad}_{g,r}$$

## **7.2 Analyse huidige rekenmethodiek**

De analyse heeft betrekking op zowel de te verbeteren onderdelen van de rekenmethodiek als de inpassing van de MINAS-wetgeving.

De discussiepunten kunnen ingedeeld worden in vier clusters te weten:

- Algemeen
- Gedrag op bedrijfsniveau
- Lineaire programmering
- Input van lineaire programmering

Per cluster worden de discussiepunten weergegeven, de meningen van deskundigen en een inschatting van de verandering op de ammoniakemissie als gevolg van een andere aanname.

In zijn algemeenheid leidt een andere verdeling van mest over Nederland op nationaal niveau tot geringe veranderingen in de ammoniakemissie. Regionaal kunnen de verschillen in ammoniakemissie groter zijn.

De ammoniakemissie bij aanwenden van dierlijke mest kan regionaal veranderen door verschillen in de N/P-verhouding van mest, de toedieningstechniek en het N-bemestingsniveau.

*De N/P-verhouding van mest.*

De N/P-verhouding verschilt tussen mestsoorten. Bijvoorbeeld de gemiddelde N/P-verhouding in melkveedrijfmest is 3,44 en die van droge pluimveemest is 1,81 (aanhangsel 7.1). Ervan uitgaande dat fosfaat bepalend is voor de hoeveelheden aan te wenden dierlijke mest, kan de stikstofbemesting dus verschillen afhankelijk van de gebruikte mestsoorten. De bemesting met stikstof is iets meer dan de helft in geval melkveedrijfmest wordt vervangen door droge pluimveemest.

*De toedieningstechniek*

De penetratiegraad van de toedieningstechnieken gemeten per hoeveelheid stikstof kan verschillen doordat andere mestsoorten met andere technieken (en bijbehorende vervluchtigingpercentages) worden toegediend. Met name de verdeling tussen mestaanwending voor bouwland en grasland is belangrijk. In de uitgangspunten voor de berekeningen voor het RIVM is de variatie in vervluchtigingpercentage klein en dus het effect op de verandering van de ammoniakemissie klein.

*Het N-bemestingsniveau*

Meer dan proportioneel hogere ammoniakemissie bij hogere bemesting met stikstof. Dus een vervluchtigingpercentage afhankelijk van de toegediende hoeveelheid. Deze variatie is niet in de huidige M&A-modellen meegenomen. De bodembelasting zal eveneens veranderen als een gevolg van een andere verdeling van mest. De effecten op de bodembelasting zullen groter zijn dan de effecten op de ammoniakvervluchtiging en de belasting met stikstof zal meer kunnen veranderen dan die van fosfor omdat de bemesting met fosfor genormeerd is.

## **7.2.1 Algemeen**

*Gewasgroepindeling.*

De huidige gewasgroepindeling is gebaseerd op gebruiksnormen voor dierlijke mest (gras, maïs, overig). De overige gewassen worden met name volgens de bemestingsadviezen verder verdeeld in vier groepen. Handelsgewassen, braakland en glastuinbouw worden in het geheel niet meegenomen, onder de veronderstelling dat daar toch geen dierlijke mest wordt aangewend. Het areaal braakland en handelsgewassen omvat totaal in 1997 ruim 17000 hectare en de glastuinbouw omvat ruim 10000 ha in 1997 (CBS/LEI, 1998). Op handelsgewassen wordt (kunst)mest gebruikt. Bij kleinere giften zal dit voornamelijk in de vorm van kunstmest plaatsvinden. Bij tweejarige gewassen kan in de zomer na de oogst van de dekvrucht een kleine gift worden toegepast. De omvang is afhankelijk van de soort dekvrucht.



In de glastuinbouw wordt geen dierlijke mest gebruikt. Het lijkt zinvol zijn om minstens 1 gewasgroep toe te voegen, bestaande uit gewassen die geen dierlijke mest ontvangen maar wel kunstmest. Op deze manier kan de kunstmest berekening nauwkeuriger uitgevoerd worden (hoofdstuk 8). In Luesink (1998b) wordt een aanbeveling gedaan om 'het areaal niet in de landbouwtelling' als aparte gewasgroep op te nemen in de modellen. De omvang van dat areaal en de acceptatie van mest bepalen in hoeverre de verdeling van mest over Nederland verandert. Het is moeilijk in te schatten of de indeling van gewassen in groepen handhaafbaar is in het kader van MINAS. Voorlopig gaat MINAS uit van een gelijke afvoer van mineralen middels gewassen voor alle akkerbouwgewassen. Dit zou betekenen dat voorlopig de akkerbouwgewassen niet afzonderlijk beschouwd hoeven worden. De areaaluitbreiding met handelsgewassen en braak is ongeveer 1% en bovendien zal de acceptatie van mest op de toegevoegde gewassen laag zijn. De verdeling van mest over Nederland zal dus nauwelijks wijzigen. Het effect op ammoniakemissie en bodembelasting van N en P zal nihil zijn.

### ***MINAS***

In het kader van het Milieuplanbureau wordt aandacht besteed aan de implementatie van de MINAS-wetgeving in de M&A-modellen. Slechts globaal zullen hier enkele consequenties voor de verdeling van dierlijke mest worden geschetst.

De plaatsingsmogelijkheden voor mest die tot nu toe bepaald zijn op basis van gebruiksnormen, moeten op een andere manier bepaald worden en zouden bedrijfspecifieker ingevuld moeten worden. MINAS gaat uit van verliesnormen. Op bedrijfsniveau in de akkerbouw moet gestreefd worden naar een optimale verhouding van inzet van de mineralen N, P en K uit organische en kunstmest tegen minimale kosten. Door MINAS zal meer gekeken gaan worden naar de verhoudingen stikstof en fosfaat en de gewasbehoeften daarbij. Het is voorstelbaar dat dan afhankelijk van het bouwplan andere mest wordt toegediend dan nu in het model wordt aangehouden. Voor melkveebedrijven bijvoorbeeld is van belang welke mest naar grasland gaat en welke naar maïsland. De indruk bestaat dat de acceptatie van mest op akkerbouwgewassen minder zal zijn in MINAS omdat de aanvoernorm lager is gesteld en omdat akkerbouwers geen risico's nemen om aangifte te moeten doen als de norm wordt overschreden door onverwacht hogere gehalten in de aangevoerde mest. Ook veehouders zullen voorzichtiger zijn in het aanvoeren van mest omdat de aangevoerde mineralen op de balans meetellen ter bepaling van het overschot. Een positief effect van MINAS is dat, weliswaar achteraf, bekend is hoeveel stikstof en fosfaat er met de dierlijke mest wordt aan- en afgevoerd. Al met al zal er een verandering komen in de verdeling van mest in Nederland. De richting waarin is moeilijk aan te geven. De consequenties voor de ammoniakemissie en bodembelasting op nationaal en regionaal niveau als gevolg van verandering in de verdeling van mest, zijn moeilijk in te schatten.

## 7.2.2 Gedrag op bedrijfsniveau

### *Volgorde mestsoorten bij afvoer*

Het principe achter de volgorde van mestsoorten bij afvoer op bedrijfsniveau is het minimaliseren van volume van de afvoer (en dus van de afvoerkosten). Over dit uitgangspunt is er verschil van mening bij de deskundigen. In het verleden werd soms de beste mest zelf gebruikt en de dunne mest elders afgezet. Een vergelijking van de uitkomsten van de M& A-modellen en de cijfers van de Landelijke Mestbank (Brouwer et al., 1996) geeft aan dat de verdeling van getransporteerde mest naar mestsoort niet gelijk is tussen beide bronnen. De modellen overschatten de afvoer van varkensmest en onderschatten de afvoer van rundveemest. Dit zou kunnen wijzen op een andere volgorde, maar ook argumenten als uitruil van mest of afvoer van mest als dat wettelijk gezien niet nodig is, kunnen deze verschillen verklaren. Er zijn (nog) geen duidelijke aanknopingspunten om een andere volgorde te hanteren. Het mogelijke effect van een andere volgorde van mestsoorten bij afzet op de ammoniakemissie is op nationaal niveau gezien klein. Regionaal kunnen er wel verschillen optreden. Uitgaande van het feit dat de dunste mest de hoogste N/P-verhouding heeft en de dikste mest de laagste verhouding (zie aanhangsel 7.1) zal grofweg gesproken, de ammoniakemissie toenemen in de tekortgebieden en afnemen in de overschotgebieden ten opzichte van de huidige volgorde. De bodembelasting met P zal niet veranderen en voor N zal deze wel toe- of afnemen afhankelijk van de regio. De orde van grootte van de verandering bedraagt hooguit enkele procenten.

### *Gewasvolgorde bij bemesting*

De volgorde van de gewassen waarop stalmest terecht komt op bedrijven zonder mestoverschot is als volgt: 1) snijmaïs, 2) grasland, 3) aardappelen, 4) bieten, 5) wintertarwe, 6) overig bouwland.

Op bedrijven met mestoverschot worden de volgende principes gevolgd

- 1) weidemest op grasland
- 2) minimaliseren van de afzetkosten op bedrijfsniveau door mineraalrijkste mest eerst afvoeren en dan het gewas met hoogste gebruiksnorm het eerst te bemesten
- 3) bij gewassen met een zelfde gebruiksnorm op basis van een vastgestelde volgorde namelijk overige gewassen, wintertarwe, bieten en pootaardappelen, consumptie- en fabrieksaardappelen, grasland en snijmaïs.

Volgens de deskundigen lijken beide volgorden logisch. De mestnormering wordt op bedrijfsniveau toegepast en niet op gewasniveau. De meningen zijn verdeeld over hoe binnen het bedrijf, de mest wordt aangewend. Enerzijds wordt zo goedkoop mogelijk aangewend (snijmaïs veel bemest) en anderzijds wordt rekening gehouden met de mineralen in de mest voor het gewas. Op overschotbedrijven is de veronderstelling dat het zo goedkoop mogelijk aanwenden (snijmaïs veel bemest) vanaf 1995 in tegenstelling is met het modelprincipe dat het gewas met de hoogste norm voor dierlijke mest het eerst wordt bemest (norm snijmaïs lager dan gras). Luesink (1998a) constateert op basis van BIN-data, dat de berekende benuttinggraad van P van snijmaïs uitgaande van de N-bemesting en afhankelijk van mestsoort, gelijk of hoger is dan die voor gras en soms hoger is dan 100%. De meningen over het effect van MINAS op de volgorden zijn verdeeld (geen invloed enerzijds en anderzijds een specifiekere mestsoort-gewas combinatie). De consequenties van een andere

gewasvolgorde voor de ammoniakemissie zullen op regionaal en nationaal niveau gering zijn omdat de veronderstellingen zich uitsluitend binnen het bedrijf afspelen (geen verandering van mestverdeling op regionaal niveau) en de vervluchtigingspercentages bij aanwendtechnieken niet veel verschillen in gebieden waar zowel grasland als akkerbouwgewassen voorkomen (effect < 1%). Een mogelijk effect van de veronderstelling dat snijmaïs relatief veel wordt bemest (boven de norm) en grasland relatief weinig (onder de norm) kan zijn dat de vervluchtiging van ammoniak meer dan proportioneel toeneemt bij snijmaïs. Daarnaast is een effect van de toedieningstechniek te verwachten. De effecten op de bodembelasting van N en P kunnen groot zijn met name op perceelsniveau, op regionaal en nationaal niveau zijn er geen effecten.

#### ***Af- en aanvoer van mest***

In de huidige modellen vindt afvoer van mest (overschotmest) plaats als de wettelijke norm wordt overschreden. Aanvoer van mest kan wel plaatsvinden tot niveaus boven de wettelijke plaatsingsmogelijkheden, omdat de acceptatiegraden per regio en per gewasgroep boven de 100% kunnen zijn. Dit lijkt niet consistent. Volgens deskundigen wordt de hoeveelheid af te voeren mest bepaald op bedrijfsniveau, en niet op gewasniveau. Op bedrijven met een mestoverschot kan dus voor een gewas de bemesting ook boven de norm zijn. De aanvoer van mest per gewas moet gezien worden in het kader van bouwplan bemesting en dus kan er op een individueel gewas meer dan de norm worden bemest. Mestafvoer van bedrijven zonder wettelijk mestoverschot is in de modellen niet toegestaan. In de praktijk wordt in met name in het westen van Nederland rundveemest afgevoerd ten behoeve van de bollenteelt (zie ook punt 3 volgorde mestsoorten bij afvoer). In Luesink (1998b) wordt voor een tweetal regio's een In het conceptrapport overschrijding van de fosfaatnorm berekend. Rekening houdend met een overschrijding van 35% in de Peel en Land van Cuijk en 15% in de Maaskant en Meijerij leidt dit in de betreffende regio's tot meer dan het veronderstelde percentage extra ammoniakemissie en in andere regio's tot lagere emissies. Nationaal gezien zijn geringe effecten te verwachten als gevolg van de afhankelijkheid van de vervluchtigingpercentages van de toediening van stikstof en een andere penetratiegraad van toedieningstechnieken. De bodembelasting met N en P zal navenant toe- en afnemen in de verschillende regio's.

#### ***Mest van weidend melkvee***

Mest van weidend melkvee komt altijd op grasland. Overschrijding van de norm met weidemest wordt modelmatig gecorrigeerd in de stalmest. In de praktijk wordt er nauwelijks rekening gehouden met een 'overbemesting' als gevolg van intensieve weidegang (gehele kavel maar ook pleksgewijze overbemesting). De consequentie van het niet corrigeren van het teveel aan weidemest leidt tot meer weidemest en minder stalmest. Het vervluchtigingpercentage van stikstof in de weidemest is 8% en die van stalmest (in stal, opslag en aanwenden) ongeveer 20%. Slechts voor 6% van de vleesveeweidemest en 1% van de melkveeweidemest was deze correctie van toepassing. Het niet corrigeren levert een 0,2% lagere totale ammoniakemissie in Nederland op, een verwaarloosbaar verschil. Er is geen effect op de bodembelasting met N en P op regionaal en nationaal niveau.

### ***De bemesting op akkerbouwgewassen***

De bemesting met dierlijke mest op akkerbouwgewassen is verschillend tussen bedrijven met en zonder mestoverschot. Dit is in de praktijk ook zo en wordt bepaald door het aanbod van mest (hoeveelheid, soort, aanbieder). De constatering is overeenkomstig met praktijk en er wordt geen verdere actie ondernomen.

### ***Uitruil van mest***

Uitruil van mest bijvoorbeeld rundveemest voor varkensmest is niet toegestaan in de huidige methodiek. Of dit uitruilen vaak voorkomt in de praktijk verschillen de meningen, variërend van 'komt niet voor' tot 'komt vaak voor'. Waarschijnlijk zijn er regionale en/of sectorale verschillen in de praktijk en blijktbaar is er niet veel over bekend. Ruilen zal alleen voorkomen als er financieel voordeel te behalen valt. Een mogelijkheid tot uitruil van mest zal voornamelijk leiden tot een minimalisatie van de transportkosten op lokaal niveau. Een zelfde principe wordt gehanteerd in de M&A modellen hetzij op regionaal en nationaal niveau. De consequenties van het niet hanteren van het verbod op uitruil van mest op de nationale en regionale ammoniakemissie zal minimaal zijn (< 1%). Het effect op de bodembelasting van N en P zal ook minimaal zijn (<1%).

## **7.2.3 Lineaire programmering**

De doelstelling van de LP is gericht op het nationale niveau terwijl de besluiten over de aan- en afvoer op bedrijfsniveau worden bepaald. Dit lijkt inconsistent. Voor zowel nationaal als bedrijfsniveau geldt dat de kosten van afvoer van mest geminimaliseerd worden. De aggregatie naar regio's in de M&A-modellen betekent dat de transportkosten binnen de regio's met een vast bedrag per m<sup>3</sup> berekend worden. Aangezien de M&A-modellen een groot aantal regio's onderscheiden lijken de aggregatiefouten niet al te groot. Conclusie: geen aanpassing in de rekenmethodiek.

Het LP-deel bevat o.a. beperkingen / randvoorwaarden voor het transport van mest tussen regio's. Deze zijn:

- geen mesttransport plaatsvinden tussen twee overschotregio's en twee tekortregio's.
- geen mesttransport plaatsvinden naar een regio waarin de plaatsingsmogelijkheden voor mest kleiner zijn dan de mestoverschotten. Bovendien dient de plaatsingsruimte voor vaste mest groter te zijn dan de overschotten aan vaste mest.
- geen mesttransport plaatsvinden uit een regio waarin de plaatsingsmogelijkheden voor mest groter zijn dan de mestoverschotten.

Deze randvoorwaarden zijn theoretisch van aard, in de praktijk hanteert men geen geografische grenzen bij mesttransport. Deze drie randvoorwaarden leiden tot een sub-optimale oplossing van het model. Een andere gebiedsindeling in de modellen zal tot een andere verdeling van de mest leiden, maar het blijft slechts een benadering van de werkelijkheid. Het loslaten van een regio-indeling zal modeltechnisch niet reëel zijn, dus enige aggregatie van bedrijven is noodzakelijk. De distributeurs van mest bepalen naast aanbieders en afnemers van mest, de transportstromen. In de

distributiewereld geldt dat het aantal lege vrachten zoveel mogelijk beperkt moeten worden omdat dit verliesgevend ritten zijn. In de praktijk komt het voor dat mest van het ene naar het andere gebied vervoerd wordt en vervolgens een andere partij mest retour gaat. Volgens de deskundigen zijn de gegevens van de Mestbank een goede afspiegeling van het volume van transport in de praktijk.

Het weglaten van de drie genoemde beperkingen leidt mogelijk tot andere resultaten in het model. Namelijk, theoretisch gezien, dat de drogere mestsoorten nog meer over lange afstand worden getransporteerd en de nattere mestsoorten dichterbij worden afgezet. Dit kan leiden tot een verandering in de ammoniakemissie als gevolg van een andere mestverdeling in Nederland. Uitgaande van het feit dat de natste mest de hoogste N:P verhouding heeft en de droogste mest de laagste verhouding (zie aanhangsel 7.1) zal grofweg gesproken, de ammoniakemissie afnemen in de tekortgebieden en toenemen in de overschotgebieden. De bodembelasting met P zal niet veranderen en met N zal deze wel toe- of afnemen afhankelijk van de regio. Het effect op bodembelasting en ammoniakemissie wordt geschat op kleiner dan 1% omdat de verandering in verdeling betrekking heeft op een klein deel van de totale mestproductie, namelijk alleen het deel van de overschotmest dat buiten de regio wordt afgezet.

Er wordt nu een maximale waarde per mestsoort voor mestverwerking en export gebruikt. In feite wordt het als een constante gehanteerd, waarop uitgekomen moet worden. Dit 'ijken' wordt gedaan door de prijs van mestverwerking aan te passen. In de nieuwe opzet van de modellen zijn alle combinaties van mestsoort en verwerkingsprocede's in theorie mogelijk. Het is niet noodzakelijk de verwerking en export mee te nemen in de minimalisatie, als je van tevoren vastlegt welke mestsoorten in aanmerking komen voor export/verwerking en in welke regio's deze mest wordt geproduceerd. Bij toekomstverkenningen kan, om het model te vereenvoudigen, de regionale export/verwerking ook exogeen gemaakt worden. Effect op ammoniakemissie en bodembelasting is nihil omdat uiteindelijk naar dezelfde hoeveelheid mestverwerking en export wordt toegerekend. De kosten zullen uiteraard wel verschillen.

#### **7.2.4 Input voor lineaire programmering**

##### ***Acceptatiegraden***

Tijdens het ijken van het model worden uitsluitend de acceptatiegraden aangepast als er geen of ongewenste oplossing is. De ammoniakemissie bij aanwenden en bodembelasting met name in de mesttekortregio's zal ongeveer evenredig dalen met de kleinere hoeveelheid mest na aftrek van de mest voor mestverwerking en export. Bij het beschrijven van de meststromen in het verleden zou ook rekening kunnen worden gehouden met een bemesting boven de toegestane norm. Het effect op de ammoniakemissie en bodembelasting is reeds hiervoor beschreven onder aan- en afvoer van mest.

### ***Kosten van transport***

De kosten van transport van mest tussen regio's wordt bepaald op basis van eenheidskosten. Bij kort transport worden de kosten gehalveerd. Er wordt namelijk van uitgegaan dat de gebruikte transportmiddelen (tractor met giertank) de mest uitrijden zonder te lossen. Verondersteld is dat deze overal in Nederland gelijk zijn. In de praktijk kunnen er verschillen zijn als gevolg van verschillende CAO's (arbeidskosten) en brandstofkosten (landbouwdiesel versus reguliere diesel). Dit beïnvloedt de kosten van mestafzet. De consequenties voor de bodembelasting en ammoniakemissie zullen nihil zijn omdat dit de verdeling van mest over Nederland niet beïnvloedt.

### ***Bemestingswaarde***

De doelfunctie van de LP bevat o.a. de bemestingswaarde als opbrengst. De bemestingswaarde is een veronderstelling over de waarde van aangevoerde mest gebaseerd op de waardering van de mineralengehalten en een aantal praktische overwegingen. Deze waarde wordt in de modellen gebruikt voor fine-tuning van de verdeling van mest. De bemestingswaarde is een begrip dat ook in de praktijk wordt gehanteerd. De kunstmestprijzen (daterend uit 1987) waarop de waardering van dierlijke mest is gestoeld, moeten geactualiseerd worden. De meningen over de praktische overwegingen betreffende de waarde van mest zijn verdeeld ('mee eens' en 'op onderdelen niet mee eens'). In de akkerbouw is de organische stof uit dierlijke mest belangrijk voor de structuur van de grond. De mineralen in de dierlijke mest zijn van minder doorslaggevende betekenis voor de keuze voor aanvoer van mest. De waardering voor de organische stof component (met name in rundveemest) wordt in de modellen niet meegenomen. Gezien de waarde van de correcties wordt rundveemest zelfs onaantrekkelijker gemaakt. In de praktijk wordt op het moment (najaar 1998) geen betekenis gehecht aan de mestsoort; voor iedere soort mest wordt een zelfde prijs betaald. Actualisering van de kunstmestprijzen en herziening van de correctie zal kunnen leiden tot een andere verdeling van mest in Nederland en dus tot een geringe verandering van de ammoniakemissie en bodembelasting met name in de gebieden waar mest aangevoerd zal worden. Een inschatting is moeilijk te geven, een gevoeligheidsanalyse zou hier uitkomst bieden.

## **7.3 Aanbevelingen**

In deze paragraaf worden een aantal aanbevelingen voor verbetering van de methodiek voorgesteld. De aanbevelingen zijn enerzijds gericht op actualisatie van gegevens op kortere termijn en anderzijds op verbetering van het inzicht op onderdelen van de methodiek door onderzoek. Achter de aanbevelingen zijn tussen haakjes de nummers van de betreffende paragraaf weergegeven. De aanbevelingen zijn:

1. Regelmatig actualiseren van de kosten van transport (7.2.4).
2. Regelmatig actualiseren van de kunstmestprijzen en praktische overwegingen voor de bepaling van de bemestingswaarde (7.2.4).
3. Gewasgroep indeling. Nadere bezinning op welke gewassen meenemen in modellen en de indeling van de gewassen in groepen (7.2.1).

4. Onderzoek naar vergroting inzicht in mestafvoer en -aanvoer van bedrijven (mestsoorten en hoeveelheid) met behulp van BIN. Uitrui van mest wordt impliciet meegenomen (7.2.2).
5. De mogelijkheid onderzoeken om bij de bemesting met dierlijke mest op overschotbedrijven meer aansluiting zoeken bij de benuttinggraad in plaats van de wettelijke normen (7.2.2).
6. Implementatie van MINAS voor reken- en beslisregels en consequenties voor ammoniak en bodembelasting van N en P (7.2.1).
7. Uitgebreide gevoeligheidsanalyse voor het MESTTV-model. Met name de invloed op ammoniakemissie en bodembelasting door wijzigingen in onder andere de kosten van transport en opslag, de acceptatie van mest, bemestingswaarde en de normeringen (7.2.4).
8. Effecten op verdeling van mest van wijzigingen in lineaire programmering: randvoorwaarden onderzoeken (inclusief export en verwerking van mest) (7.2.3).

Voor twee onderdelen (bemesting van akkerbouwgewassen en doelfunctie van de LP) worden geen aanbevelingen voor verbetering gedaan. Twee aanbevelingen (actualiseren van de kosten van transport, actualiseren van de kunstmestprijzen en praktische overwegingen voor de bepaling van de bemestingswaarde) kunnen zonder veel extra onderzoek worden ingebouwd in de modellen. De overige aanbevelingen betreffen de implementatie van MINAS, het onderzoek doen naar nieuwe/betere inzichten in de input voor de modellen en naar de gevoeligheden van de resultaten van de modellen voor input en rekenregels.

## Referenties

- Brouwer, F.M. et al., 1996. *Landbouw, milieu en economie*. Editie 1996. Den Haag, LEI-DLO, Periodieke Rapportage, November 1996.
- CBS/LEI, 1998. *Land- en Tuinbouwcijfers 1998*. CBS. LEI-DLO. Voorburg/Heerlen, Den Haag.
- Hoogervorst, N.P.J. and P.M. van Egmond, 1998. *Methodenrapport monitoring fosfaat-, stikstof- en ammoniak-emissie uit de landbouw*. Bilthoven, RIVM-LAE, concept 20-08-98, ten behoeve van de startbijeenkomst Review op 25-08-1998
- Horne, P.L.M van. et al., 1995. *Energieverbruik en kosten van afzet en verwerking van mest*. Onderzoekverslag 136. LEI-DLO. Den Haag.
- Luesink, H.H., 1998a. *Acceptatie- en benuttingsgraden per gewasgroep*. Den Haag, LEI-DLO. In voorbereiding.
- Luesink, H.H., 1998b. *Transport en gebruik van mest en mineralen*. Den Haag, LEI-DLO. In voorbereiding
- Luesink, H.H. en M.Q. van der Veen, 1989. *Twee modellen voor de economische evaluatie van de mestproblematiek*. Den Haag, LEI-DLO, onderzoekverslag 47, mei 1989.
- Oudendag, D.A. en H.H. Luesink, 1997. *Bepaling van de eenheidskosten voor mesttransport, -verwerking en -export*. LEI-DLO. Den Haag.
- Pronk A., 1997. *Jaarstatistiek van de kunstmeststoffen, 1987/88. Periodieke rapportage 55-87/88*. LEI-DLO. Den Haag.



## **Aanhangsel 7.1 N/P-Verhouding per mestsoort**

<u>Mestsoort</u>	<u>N/P-verhouding</u>
Melkveeweide	4,22
Vleesveeweide	4,25
Melkveedrijf	3,44
Vleesveedrijf	3,68
Vleesvarkens	2,74
Fokvarkensdrijf dik	2,07
Fokvarkensdrijf dun	2,07
Vleeskalveren	2,62
Pluimveedrijf	1,81
Droge pluimvee	1,81
Vleeskuiken	3,00

## 8 Bemesting op bedrijfsniveau

Dit hoofdstuk behandelt de bemesting van gewassen op bedrijfsniveau met dierlijke mest en kunstmest. In de huidige methodiek worden eerst de giften met dierlijke mest berekend (zie voorgaande hoofdstukken). Daarom wordt in dit hoofdstuk gestart met de werking van de nutriënten in deze toegediende dierlijke mest. Verder wordt ingegaan op berekening van de hoogte van de kunstmestgiften voor stikstof en fosfor en de relatie van deze giften met de N en P bemesting uit dierlijke mest. Uitgangssituatie is de huidige methode, die nog niet uitgaat van het hanteren van verliesnormen. In de aanbevelingen zal wel ingegaan worden op de relatie met het dit jaar ingezette nieuwe mineralenbeleid (MINAS).

### 8.1 Huidige rekenmethodiek

#### 8.1.1 Bemesting met dierlijke mest

Deze paragraaf is gebaseerd op Hoogervorst en van Egmond (1998). Bij de berekening van de kunstmestgift wordt rekening gehouden met de dierlijke mestgiften, meer specifiek met de werkzaamheid van nutriënten in dierlijke mest. De werkzaamheid van stikstof is afhankelijk van de verdeling over de stikstoffracties (Nm, Ne en Nr), van het type gewas, van de grondsoort en van de verdeling van uitgereden mest over de groeiseizoenen (zie tabel 8.1). Het principe van deze werkingscoëfficiënt is gelegd door Lammers (1984) en wordt ingevuld uitgaande van goede landbouwpraktijk. De gewassen zijn in 3 groepen ingedeeld: grasland, snijmaïs en overig bouwland. De grondsoorten zijn samengebracht in 2 hoofdgroepen: zandgronden (inclusief löss) en klei / veengronden. Er worden 2 seizoenen onderscheiden: voorjaar + zomer (februari - juli) en najaar + winter (overige maanden). Voor elk van de combinaties grondgroep - gewasgroep moet de verdeling van de mestgift over de 2 seizoenen worden aangegeven. Bij fosfaat en kali is verondersteld dat alle gewassen op alle grondsoorten 100% van de toegediende hoeveelheid benutten.

Tabel 8.1 De werkingscoëfficiënten van stikstof-fracties in dierlijke mest<sup>a)</sup>.

	voorjaar + zomer			najaar + winter		
	Nmn (%)	Ne	Nr	Nmn	Ne	Nr
Zand en overig	100	100	0	0	75 <sup>b)</sup>	0
klei en veen	100	100	0	0 <sup>c)</sup>	100	0

<sup>a)</sup> Deze coëfficiënten zijn alleen van toepassing op mest uit stal en opslag. Stikstof in mest van weidend vee wordt (in het kader van de kunstmestberekeningen) als niet-werkzaam beschouwd.

<sup>b)</sup> Luesink geeft een waarde van 100% zonder bronvermelding.

<sup>c)</sup> Luesink geeft een waarde van 25%, zonder bronvermelding.

NB: de fractie Nmn (Nm-netto) is gecorrigeerd voor de vervluchtiging tijdens mestuitrijden.

Bron: Ministerie LNV, 1987.

De werkzaamheid van de onderscheiden stikstoffracties in dierlijke mest is afhankelijk van de grondgroep en het tijdstip van aanwenden. Tabel 8.2 geeft een

overzicht van de aannames rond de verdeling van het aanwenden van mest over het jaar. De Nm-fractie wordt gecorrigeerd voor de vervluchtiging die tijdens het uitrijden optreedt. Bovendien wordt aan stikstof uit weidemest geen werkzaamheid toegekend. Dat heeft vooral te maken met het discontinue verspreidingspatroon (mestflatten, urineplekken) van deze mestsoort. De werkzaamheid van fosfaat en kali uit weidemest is overigens wel 100% verondersteld.

*Tabel 8.2 Het aandeel van de jaarlijkse mestgift die in 1995 in het seizoen voorjaar + zomer wordt uitgereden.*

Grondgroep	Grasland (%)	Snijmais	Overig bouwland
Zand en overig	70	70	60
Klei en veen	70	0	0

Bron: RIVM, achtergronddocumentatie Milieubalans 97.

## **8.1.2 Bemesting met kunstmest**

### **8.1.2.1 Inleiding**

De berekening van de kunstmestgiften (Oudendag, 1998) vindt in eerste instantie plaats op bedrijfsniveau, uitgedrukt in kg mineraal per hectare gewas. Principes en uitgangspunten, met onderscheid tussen stikstof en fosfor, worden in 8.1.2.2 beschreven. De keuzes m.b.t. de adviesgiften, de basis voor de kunstmestgiften, staan nader toegelicht in 8.1.2.3. Omdat de aanname is gemaakt dat de berekende giften en het nationale gebruik van kunstmest overeen moeten stemmen is daarnaast een ijkingsprocedure ontwikkeld. Hierbij worden giften op bedrijfsniveau zodanig aangepast dat ze overeenkomen met afzetcijfers van de kunstmestindustrie (8.1.2.4). Dit leidt uiteindelijk tot de definitieve giften op bedrijfsniveau. De gift aan kunstmeststikstof wordt tot slot gecorrigeerd voor ammoniakemissie (8.1.2.5).

### **8.1.2.2 Principes en uitgangspunten**

De berekening van de kunstmestgiften is afgestemd op de berekende giften met dierlijke mest. Daarnaast spelen de adviesgiften en eventuele startgiften een rol, dit alles zo mogelijk regionaal (per mestregio) en specifiek per gewasgroep. Voorafgaand aan de berekeningen wordt verondersteld dat een agrariër niet meer mineralen uit kunstmest en dierlijke mest gebruikt dan volgens de adviesgift noodzakelijk, waarbij hij / zij uitgaat van de werkzame mineralen in de dierlijke mest. Na de ijking kan de berekende bemesting, de praktijkgift, wel hoger zijn dan de adviesgift. Ten allen tijde wordt met de startgift bemest, ook al wordt hierdoor het advies overschreden (zie in het vervolg voorbeeld II). De totale hoeveelheid toegediende mineralen afkomstig van dierlijke mest wordt gelimiteerd door de mestnormering (fosfaat).

### ***Stikstof***

Voor stikstof geldt (tot en met 1997) geen wettelijke mestnormering. De kunstmestgift is alleen afhankelijk van de adviesgift, de startgift en de werkzame stikstof uit dierlijke mest. De berekening is als volgt:

start = startgift van kunstmest

werkn = werkzame stikstof uit dierlijke mest (stal en weide, gecorrigeerd voor ammoniakemissie)

prakt = Adviesgift (startwaarde) c.q. praktijkgift

kunst = kunstmestgift (gecorrigeerd voor ammoniakemissie)

(alles uitgedrukt in kg per ha gewas per regio)

Als  $\text{werkn} + \text{start} \geq \text{prakt}$  dan  $\text{kunst} = \text{start}$

Als  $\text{werkn} + \text{start} < \text{prakt}$  dan  $\text{kunst} = \text{prakt} - \text{werkn}$

Voorbeelden:

I) De adviesgift is 300 kg N/ha, de startgift is 30 kg N/ha, de werkzame stikstof uit dierlijke mest is 250 kg N/ha. De som van de werkzame stikstof en de startgift is 280 kg N/ha.

De kunstmestgift wordt dan  $(300 - 250)$  kg N/ha is 50 kg N/ha.

II) Idem als I maar nu is de werkzame stikstof uit dierlijke mest 290 kg N/ha. De som van de werkzame stikstof en de startgift komt boven de adviesgift uit => de kunstmestgift wordt 30 kg N/ha.

### ***Fosfaat***

Voor fosfaat geldt een wettelijke mestnormering voor de toediening van fosfaat uit dierlijke mest. De kunstmestgift wordt nu niet alleen beïnvloed door adviesgiften, startgiften en werkzame delen in de dierlijke mest maar ook door de wettelijke norm. In tegenstelling tot de berekening van kunstmest bij stikstof wordt voor fosfaat ervan uitgegaan dat alle fosfaat uit stalmest werkzaam is; ook fosfaat uit weidemest komt voor 100% ten goede aan het gewas. De berekening is nu als volgt:

start = startgift van kunstmest

werkz = fosfaat in de weidemest

stal = fosfaat in de uitgereden stalmest

prakt = Adviesgift (startwaarde) c.q. praktijkgift

kunst = kunstmestgift

(alles uitgedrukt in kg per ha gewas per regio)

Als  $\text{werkz} + \text{stal} + \text{start} \geq \text{prakt}$  dan  $\text{kunst} = \text{start}$

Als  $\text{werkz} + \text{stal} + \text{start} < \text{prakt}$  dan  $\text{kunst} = \text{prakt} - \text{werkz} - \text{stal}$

Rekenvoorbeelden zijn analoog aan stikstof.

### **8.1.2.3 Bemestingsadviezen**

De bemestingsadviezen (tabel 8.3) zijn invoer voor de berekeningen van het kunstmestgebruik per bedrijf (zie 8.1.2.2). Ze dienen als startwaarde voor het geven van een eerste schatting; bij de ijking wordt deze startwaarde weer losgelaten. De gebruikte data zijn afgeleid van officiële bemestingsadviezen van het Ministerie van Landbouw (CAD-BWB, 1986 en 1989). Deze adviezen zijn veelal afhankelijk van de bodemvoorraad. Omdat deze informatie niet beschikbaar is als input voor de

berekeningen, wordt het advies gekozen dat behoort bij de waarderingsklasse 'voldoende'.

Tabel 8.3 Gehanteerde adviesgiften (inclusief startgift) voor werkzame hoeveelheden fosfaat, stikstof en kali per gewas- en grondgroep

	Veen (kg/ha)	Zand	Zeeklei	Rivierklei	Oude klei	Leem	Overig
<i>Grasland</i>							
Fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	75	75	75	75	75	75	75
Stikstof (N)	250	400	400	400	400	400	400
Kali (K <sub>2</sub> O)	160	190	160	160	160	160	190
<i>Snijmaïs</i>							
Fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	70	70	60	70	70	70	70
Stikstof (N)	200	150	200	200	200	200	150
Kali (K <sub>2</sub> O)	120	300	50	50	50	50	300
<i>Aardappelen<sup>a)</sup></i>							
Fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	70	70	70	70	70	70	70
Stikstof (N)	200	200	215	215	215	215	200
Kali (K <sub>2</sub> O)	175	175	280	280	280	175	175
<i>Bieten en pootaardappelen</i>							
Fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	70	70	70	70	70	70	70
Stikstof (N)	150	150	135	135	135	135	150
Kali (K <sub>2</sub> O)	200	200	120	120	120	200	200
<i>Tarwe</i>							
Fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	70	70	70	70	70	70	70
Stikstof (N)	170	170	200	200	200	200	170
Kali (K <sub>2</sub> O)	120	120	50	50	50	120	120
<i>Overig bouwland<sup>b)</sup></i>							
Fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	70	70	70	70	70	70	70
Stikstof (N)	90	90	90	90	90	90	90
Kali (K <sub>2</sub> O)	120	120	50	50	50	120	120

<sup>a)</sup> Inclusief bloembollen, vollegrondsgroenten en boomkwekerij.

<sup>b)</sup> Exclusief handelsgewassen, braakland (en glastuinbouw).

Bron: Luesink, 1991.

Bij het advies voor grasland is gekozen voor een maaipercentage van 150% met een eerste snede van 50%. De stikstof uit weidemest wordt niet verdisconteerd in het advies, fosfaat en kali wel. Er wordt geen relatie gelegd met de veebezetting omdat het (oude) advies daarover geen informatie bevat.

Bij het advies voor snijmaïs is gekozen voor de waarden die gelden voor continue-teelt. Dat wil zeggen dat snijmaïs meer dan 50% van het vruchtwisselings-schema uitmaakt. De waarden voor fosfaat gelden voor kunstmesttoediening via rijen-bemesting. Er is verondersteld dat dierlijke mest breedwerpig wordt toegepast.

Het advies voor akkerbouwgewassen is een gewogen gemiddelde om tot een advies per gewasgroep te komen. Hierbij is gewogen met het nationale areaal waarop de gewassen rond het jaar 1990 voorkwamen. De adviezen voor stikstof zijn ontleend aan Rinsema (1985). Bij fosfaat is gekozen voor een vast advies van 70 kg/ha, dat gericht is op stabilisatie van de fosfaattoestand in de bodem.

De startgiften (tabel 8.4), nodig om voldoende voor het gewas opneembare nutriënten beschikbaar te krijgen, vormen een onderdeel van de bemestingsadviezen; van daaruit

zijn ze ook invoer voor de berekening van de kunstmestgiften. Fosfaat wordt als startgift alleen aan snijmais gegeven, stikstof aan alle gewassen m.u.v. gras. De startgiften zijn onafhankelijk van de grondsoort.

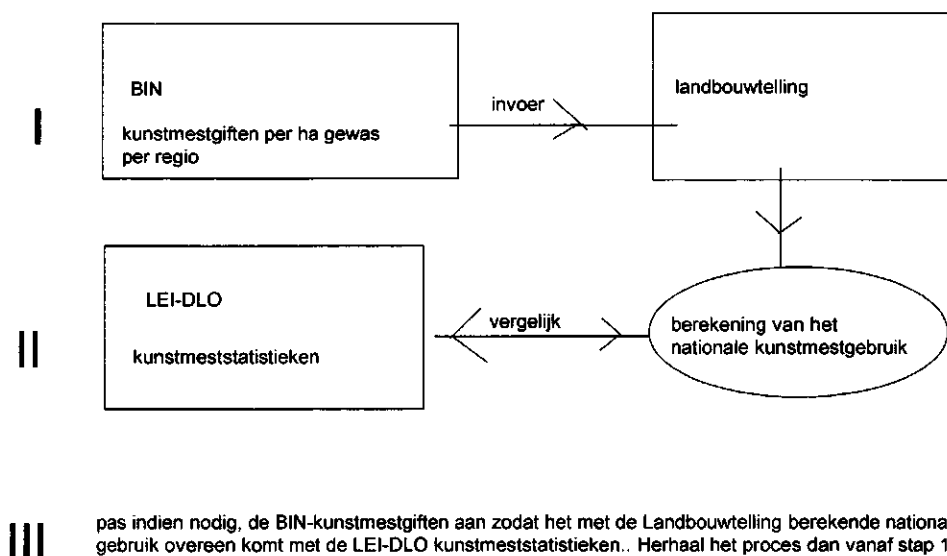
Tabel 8.4 Gehanteerde startgiften voor fosfaat, stikstof en kali per gewas- en grondgroep

	Veen (kg/ha)	Zand	Zeeklei	Rivier- klei	Oude klei	Leem	Overig
<i>FOSFAAT (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</i>							
Snijmais	30	30	30	30	30	30	30
Overige	0	0	0	0	0	0	0
<i>STIKSTOF (N)</i>							
Gras	0	0	0	0	0	0	0
Overige	30	30	30	30	30	30	30
<i>KALI (K<sub>2</sub>O)</i>							
Alle gewasgroepen	0	0	0	0	0	0	0

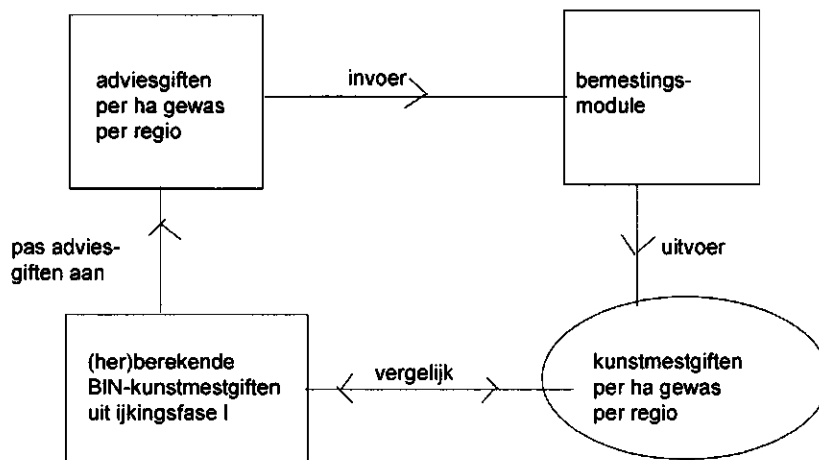
Bron: Luesink, 1991

#### 8.1.2.4 IJken van de kunstmestgiften

Het doel van het ijken van de kunstmestgiften is het vergelijken en zo nodig aanpassen van het modelmatig berekende nationale gebruik van kunstmest met de LEI-DLO kunstmeststatistieken (zie bijv. Pronk, 1997). Het ijken bestaat uit 2 delen; het eerste deel (figuur 8.1) is een voorbereidende analyse buiten het modelinstrumentarium om, het tweede deel (figuur 8.2) wordt binnen het modelinstrumentarium uitgevoerd.



Figuur 8.1 Eerste deel ijking kunstmestgiften



Herhaal dit proces totdat de berekende kunstmestgiften per ha gewas per regio gelijk zijn aan de uit de eerste fase (her)berekende BIN-kunstmestgiften

*Figuur 8.2 Tweede deel ijking kunstmestgiften*

### ***Eerste deel van de ijking***

Uit het LEI-bedrijveninformatienet (BIN) worden voor stikstof, fosfaat en kali de kunstmestgiften per ha gewas per mestregio afgeleid. Waar mestregio's minder dan 15-20 bedrijven in het BIN bevatten, worden mestregio's samengenomen. De kunstmestgiften worden gebruikt voor het berekenen van het landelijk verbruik. Hiertoe wordt voor alle bedrijven in de Landbouwtelling het gewasareaal per gewasgroep vermenigvuldigd met de kunstmestgiften uit het BIN (onderdeel I). Het zo berekende gebruik van kunstmest op nationaal niveau wordt per inhoudstof (stikstof, fosfaat, kali) vergeleken met de kunstmeststatistieken (onderdeel II), zoals gepubliceerd door LEI-DLO (zie bijvoorbeeld Pronk, 1987). Het betreft hier de geregistreerde afzet van kunstmest. Afzetcijfers hebben betrekking op boekjaren (1 juli-30 juni) terwijl de berekende kunstmestgiften voor een kalenderjaar gelden. Zo worden afzetcijfers voor bijv. 1994/95 gerelateerd aan berekende giften in 1995. Als verschillen worden geconstateerd dan worden de kunstmestgiften per ha gewas per regio aangepast; voor alle regio's en gewassen worden de giften evenredig verhoogd of verlaagd tot de nationaal berekende (met BIN en Landbouwtelling) kunstmestgiften met de LEI-DLO kunstmeststatistieken overeenstemmen.

### ***Tweede deel van de ijking***

In de tweede ijkingfase wordt gestart met de adviesgiften. Aan de hand van de adviesgiften en andere kentallen worden de kunstmestgiften op bedrijfsniveau berekend. Dit is in 8.2.2.1 beschreven. Deze berekende kunstmestgiften per gewas op bedrijfsniveau worden geaggregeerd naar de kunstmestgiften per ha gewas per regio. Deze berekende giften worden vergeleken met de (her)berekende kunstmestgiften uit

het BIN uit het eerste deel van de ijking. Als er verschillen zijn, worden de adviesgiften procentueel (evenredig) met het verschil aangepast. Vervolgens start het proces opnieuw en gaat door net zolang totdat de berekende kunstmestgiften per ha gewas per regio uit de bemestingsmodule overeenkomen met de (her)berekende BIN-kunstmestgiften.

### **8.1.2.5 Emissies uit kunstmest naar de lucht**

Tijdens en na het uitrijden van stikstofhoudende kunstmest ontstaan emissies naar de lucht door verdamping van een deel van de stikstof in de vorm van ammoniak. Voor Nederland wordt gerekend met een emissiefactor van 2% van alle gebruikte kunstmeststikstof (Van der Hoek, 1994).

## **8.2 Analyse huidige rekenmethodiek**

De analyse van de methodiek op onderdelen is in 5 delen gesplitst: (1) bemesting met dierlijke mest, (2) bemesting met kunstmest, (3) bemestingsadviezen, (4) ammoniakemissie uit kunstmest en (5) ijking met kunstmeststatistieken. Per onderdeel worden punten van discussie behandeld en wordt globaal aangegeven wat de invloed (procentueel) is op de ammoniakemissie uit kunstmest en dierlijke mest samen (nationaal) en op de bodembelasting met N en P (nationaal).

### **8.2.1 Bemesting met dierlijke mest**

In de berekeningen wordt verondersteld dat de werkzaamheid van fosfaat en kali in stal mest 100% is. Volgens de geraadpleegde deskundigen is deze veronderstelling juist. Wel wordt daarbij aangetekend dat de 'recovery' (het percentage van de opname van mineralen door het gewas in het totaal van de beschikbare mineralen) daarentegen niet gelijk aan 100% is. Genoemd worden verschillen, die kunnen optreden tussen verschillende bedrijfstypen (met name akkerbouw vs. rundveehouderij), als gevolg van verschillende houdingen t.a.v. bemesting. In de akkerbouw is overbemesting al snel schadelijk en gaat te koste van het product, in andere sectoren speelt dit veel minder. Ook de veronderstelling dat de werkzaamheid van P en K in weidemest 100% is (dit in tegenstelling tot de werkzaamheid van N, die 0 is) wordt ondersteund.

Ook wordt in de berekeningen de werking van dierlijke mest meegenomen in de bepaling van de hoogte van de kunstmestgiften. Er wordt dus verondersteld dat de praktijk rekening houdt met de werking van dierlijke mest m.a.w. de huidige berekeningsmethodiek gaat uit van een samenhang tussen het gebruik van kunstmest en dierlijke mest. De meningen van deskundigen hierover zijn enigszins verdeeld, variërend van 'er wordt in de akkerbouw geen rekening mee gehouden' tot 'er wordt steeds meer rekening mee gehouden in de melkveehouderij'. Op basis van het Bedrijveninformatienet (BIN) van LEI-DLO kan voor stikstof en fosfor meer inzicht in dit verband worden verkregen.



Correlaties tussen het werkzame deel van de dierlijke mest en de kunstmestgift verschillen per gewasgroep in de akkerbouw. Ze zijn weliswaar wel negatief en significant verschillend van 0, maar alleen bij poot aardappelen en bieten lijkt er echt sprake van het enigszins (zeker niet volledig) rekening houden bij de kunstmestgift met de stikstof in dierlijke mest. Op gras is de correlatie tussen de stikstofgift uit kunstmest en dierlijke mest negatief, maar vrij zwak; op maïs is deze correlatie nauwelijks aanwezig tot positief en vertoont de laatste jaren een stijging. Voor fosfor kan dit niet per gewas worden geanalyseerd, allen op bedrijfsniveau. De correlatie tussen de kunstmestfosforaankopen en de fosforgift uit dierlijke mest op bedrijfsniveau is afwezig tot zwak.

De dierlijke mestgift lijkt onafhankelijk van de kunstmestgiften te zijn en vice versa. De praktijk neemt de werking van dierlijke mestgiften niet of nauwelijks mee bij de bepaling van de hoogte van de kunstmestgiften. Geconcludeerd kan worden dat tot nu toe het doel van het toedienen van dierlijke mest niet zozeer de mineralen zijn. Het opbrengen van organische stof wordt veel vaker genoemd als doel van bemesting met dierlijke mest in de akkerbouw (najaar uitrijden). De deskundigen geven verder aan, dat onder MINAS werkzame stikstof wel degelijk een rol zal spelen. De beslissingen zullen veranderen, er zal meer rekening met werking gehouden worden.

### **8.2.2 Bemesting met kunstmest**

Het BIN laat veel variatie zien in de bemesting van alle gewassen, die zijn beschouwd. De geraadpleegde personen geven dit ook aan, met name voor de bemesting in de rundveehouderij. Factoren zoals grondsoort, ondernemer, beschikbaarheid van dierlijke mest en intensiteit worden dan als verklarende variabelen gesuggereerd. Tegelijkertijd is nog het lastig de variatie in relaties om te zetten die bruikbaar zijn in de berekeningen. Wel moeten factoren zoals grondsoort en gewasgroep zorgen voor variatie. Analyses van het BIN duiden er ook op dat het opnemen van de bedrijfsgrootte een verbetering kan betekenen bij de inschatting van de bemesting van gras en maïs. Nadere analyses lijken nodig.

Het meer rekening houden met variatie heeft geen / nauwelijks effecten op de ammoniakemissie. De regionale verschillen in bodembelasting zullen toenemen, met name voor stikstof. Nationaal gezien zal er niet zoveel veranderen.

### **8.2.3 Bemestingsadviezen**

De methode van berekenen van de kunstmestgiften gebruikt ook de bemestingsadviezen. De tot nu toe gehanteerde adviezen zijn niet de meest actuele en de geraadpleegde deskundigen vinden dan ook dat de meest recente adviezen gehanteerd moeten worden, zoals bijvoorbeeld IKC (1992). In het licht van de wijze waarop het advies in berekeningen is verwerkt is het effect op de ammoniakemissie nihil. Het effect op bodembelasting van N en P is nihil, maar er dit kan wel regionaal verschillen. Tegelijkertijd is men het niet eens over de waarde van deze adviezen. De mening dat de adviezen redelijk worden opgevolgd komt voor, net zoals de mening

dat de praktijk ze niet kent en ze dus niet opvolgt of een risicomarge naar boven inbouwt. Wordt in het BIN gekeken, dan is daar ook een gedifferentieerd beeld te zien. Voor de gewasgroep wintertarwe komt de totale gift aan N redelijk overeen met de adviesgift uit KWIN 1995, terwijl voor gewasgroep consumptieaardappelen deze adviesgift nogal fors wordt overschreden. De adviesgiften aan fosfor worden in het model afgeleid onder de aanname dat de bodemvoorraad fosfaat voldoende is. Bedrijven kunnen grondonderzoek laten verrichten. Grondonderzoek naar P toestanden vindt plaats op de grotere bedrijven qua oppervlakte. Uit het BIN blijkt dat het merendeel van het areaal op de bedrijven met grondonderzoek een fosfaattoestand ruim voldoende of hoger heeft. Ook kan iets over de adviesgiften aan P worden afgeleid. Het blijkt dat bedrijven met grondonderzoek niet aantoonbaar meer bemesten dan bedrijven zonder grondonderzoek. Het is dus de vraag of uitkomsten van het grondonderzoek een rol spelen bij de hoogte van de fosfaatbemesting. Er wordt hierbij ook wel aangetekend dat de indruk bestaat dat de grondmonsters niet in alle gevallen representatief zijn voor het gehele perceel omdat een gemiddeld monster zegt niets over de bodemvoorraad op verschillende plekken in het perceel (grasland: ligplekken, verdeling mest uitrijden).

De veebezetting zou een rol moeten kunnen spelen in de adviezen voor grasland, evenals grondsoort (met name veen). Wel wordt opgemerkt dat toekomstig (onder MINAS) het gehele gedrag rond bemesting gaat veranderen; met name in de rundveehouderij vervangt de combinatie van fosfaat en stikstof de plaatsingsruimte voor fosfaat. Het invoeren van MINAS heeft effecten op de ammoniakemissie en de bodembelasting maar deze zijn op dit moment nog niet aan te geven. De N-min voorraad in het voorjaar is van belang voor akkerbouwadviezen, maar is een onbekende (tot nu toe) en zou wel een rol moeten spelen.

#### **8.2.4 Ammoniakemissie uit kunstmest**

Er wordt op dit moment verondersteld dat 2% van de aangewende kunstmest als ammoniak vervluchtigt. Onderzoek van derden (o.a. Klaassen, 1990) geeft aan dat de emissiefactor voor N- houdende kunstmestsoorten varieert tussen 2% (voor KAS) en 15% (voor ammoniumsulfaat. Strogies en Kallweit (1996) gebruiken een percentage van 3.3 % voor de Duitse situatie. In Bouwman et al., 1997) worden de meest actuele vervluchtigingspercentages van stikstof uit kunstmestaanwending gebruikt: ammonium sulphate 8%, urea (temperate zones) 15%, ammonium nitrate 2% en calcium ammonium nitrate 2%. Deze percentages kunnen als recenter dan die van Klaassen (1990) worden beschouwd. In Nederland heeft het NMI emissiemetingen uitgevoerd bij kunstmestaanwending. De uitkomsten waren verrassend in die zin dat er negatieve vervluchtigingspercentages gevonden werden; er was sprake van opname in plaats van emissie. Een en ander is gepubliceerd in het blad 'Meststoffen' (Velthof et al., 1990). Wat uit alle informatie onvoldoende naar voren komt is het effect van de bodem pH op de emissie van ammoniak. In Nederland zou er verschil kunnen zijn tussen klei / zand / veen. (zie Hoofdstuk 5).

Ook al ga je de emissie differentiëren naar kunstmesttype dan blijft het de vraag of de ruimtelijke verdeling van het gebruik van de verschillende kunstmesttypen in

voldoende mate betrouwbaar is. Wel is uit het BIN per bedrijf bekend welke hoeveelheden kunstmeststoffen worden aangekocht (kalkammonsalpeter, kalksalpeter, stikstofmagnesia, ammoniumsulfaat en andere stikstofkunstmeststoffen). Dit zou te regionaliseren zijn. De Jaarstatistiek van de Kunstmeststoffen geeft een landelijk beeld van de verkoop per soort stof (Pronk, 1997). Hieruit valt af te leiden dat kalkammonsalpeter verreweg het belangrijkste is (meer dan 70% van de verkopen in 1994/1995), gevolgd door mengmeststoffen en stikstofmagnesia (beide ruim 10%).

Een indicatie van het effect op ammoniakemissie van een nieuw vervluchtigingspercentage in combinatie met verkoopcijfers per stikstofkunstmeststof bedraagt maximaal 2-3%, het effect op de bodembelasting van N is kleiner dan een procent. Bij regionalisering is het effect op ammoniakemissie en op de bodembelasting gering <1%.

### **8.2.5 IJking met kunstmeststatistieken**

De ijkingprocedure houdt geen rekening met het kunstmestgebruik in de glastuinbouw en dit verbruik zit wel verwerkt in de afzetcijfers; globaal gaat het om 2% van het stikstofkunstmestverbruik. Correctie voor glastuinbouw (basis bijvoorbeeld de tuinbouw in het BIN) lijkt op zijn plaats. Op dit moment vindt onderzoek in opdracht van LNV plaats naar de mineralenaanvoer en -afvoer in de glastuinbouw; dit is december 1998 gereed. Het te verwachten effect (uitgaande van de bovengenoemde 2%) op de ammoniakemissie bedraagt minder dan 1% daling. De bodembelasting zal afnemen met ongeveer 1% voor N en minder dan 1% voor P, uitgaande van de belasting 1996 uit Milieubalans 1997 en Emissiejaarrapportage 1997. Ook kan ervoor worden gekozen om glastuinbouw wel expliciet in de modellen op te nemen. Hierbij is dan wel de vraag wat de emissie uit kunstmest in de bedekte teelten is.

Ook op handelsgewassen wordt kunstmest gebruikt. Handelsgewassen worden nu buiten de berekeningen gehouden. Het kunstmestgebruik op deze gewassen is op basis van het BIN in combinatie met de landbouwtelling te benaderen. Het effect op de ammoniakemissie en de bodembelasting van N en P bedraagt naar verwachting minder dan 1%. Het is ook mogelijk om deze gewassen in de berekeningen op te nemen.

In de huidige ijkingprocedure worden dus afzetcijfers vergeleken met gebruikscijfers. Er wordt dus geen rekening gehouden met voorraadvorming. Maar dat zal over de jaren heen 'verevenen.'

Het is onduidelijk hoeveel er niet naar de landbouw gaat, maar naar groothandel, tuincentra etc. Het CBS houdt elke 3 jaar een enquête onder hoveniersbedrijven en publiceert deze als de Productiestatistiek Hoveniersbedrijven. Het gaat om bedrijven die als hoofdactiviteit hebben het aanleggen en onderhouden van tuinen en terreinen. Het doel van de enquête is het verschaffen van inzicht in het niveau en de samenstelling van de opbrengsten, kosten, investeringen en arbeidsinzet van deze bedrijven. Wellicht dat op basis van deze enquête een correctie voor een gedeelte van

de niet-landbouwbedrijven kan worden ingeschat. Het effect van deze correctie op de ammoniakemissie en de bodembelasting bedraagt naar verwachting minder dan 1%.

### **8.3 Aanbevelingen**

De analyse van de methodiek leidt tot de volgende aanbevelingen.

#### ***IJking met kunstmeststatistieken***

- Corrigeer totaal verbruik kunstmest voor gebruik glastuinbouw; gebruik hiervoor schattingen die gemaakt worden van de mineralenaanvoer en afvoer (in kader van GLAMI convenant) of neem de glastuinbouw op in de berekeningen
  - effect op de ammoniakemissie kleiner dan 1% (afname)
  - effect op de bodembelasting ongeveer 1% afname voor N en minder dan 1% afname voor P
- Ga na hoe het verbruik buiten de landbouw is; hiervoor kan voor hoveniersbedrijven wellicht gebruik gemaakt worden van de Productiestatistiek Hoveniersbedrijven.
  - effect op de ammoniakemissie minder dan 1%
  - effect op de bodembelasting minder dan 1%.
- Schat verbruik op handelsgewassen en corrigeer ook hiervoor. Doe dit door verbruik per hectare uit BIN af te leiden en dit via de Landbouwtelling tot een schatting van het nationale totaal te maken.
  - effect op de ammoniakemissie minder dan 1% daling
  - effect op de bodembelasting van N en P daling van minder dan 1%.
- Eventueel opnemen van handelsgewassen in de berekeningen
  - effect op de ammoniakemissie nihil
  - effect op de bodembelasting van N en P nihil
- Ontwikkel een methode voor het bepalen van een landsdekkend beeld van het kunstmestgebruik die beter rekening kan houden met de samenhang tussen kunstmestgiften en dierlijke mestgiften. Deze samenhang is af te leiden uit registraties van kunstmestgebruik in het BIN.

#### ***Ammoniakemissie uit kunstmest***

- Verfijn de berekening van ammoniakemissie uit kunstmest; volg hierbij een stapsgewijze aanpak met eerst aandacht voor het vervluchtigingspercentage en dan pas voor verbruik individuele stoffen of bepaal nieuw vervluchtigingspercentage (gewogen naar soorten stikstofkunstmeststoffen) met emissiefactoren zoals door Bouwman et al. (1997) genoemd en met nationale verbruik uit Pronk (1997).
  - effect op ammoniakemissie bedraagt maximaal 2-3%
  - effect op de bodembelasting van N is kleiner dan 1 procent.
- Analyseer het BIN op verbruik verschillende kunstmeststoffen en zoek naar overeenkomsten en verschillen met de kunstmeststatistieken, en naar mogelijke regio / sector verschillen
  - effect op ammoniakemissie gering (kleiner dan 1 procent)
  - effect op de bodembelasting gering <1%.
- Effect van grondsoort (bodempH) op emissie uit kunstmest verdient aandacht

### ***Bemestingsadviezen***

- Bemestingsadviezen zoveel mogelijk op de nieuwste informatie baseren  
geen / nauwelijks effecten op de ammoniakemissie (+/- 0)  
nationaal gezien weinig effect op de bodembelasting (+/- 0)  
regionale verschillen in bodembelasting nemen toe, met name voor stikstof .

### ***Bemesting met kunstmest***

- Variatie in bemesting kunstmest lastig te vangen, neem dus de zekere factoren mee (grondsoort, gewassen).
- Voor een betere beschrijving van de variatie in bemesting zijn nog nadere analyses nodig.  
geen / nauwelijks effecten op de ammoniakemissie (+/- 0)  
nationaal gezien weinig effect op de bodembelasting (+/- 0)  
regionale verschillen in bodembelasting nemen toe, met name voor stikstof .

### ***MINAS en bemesting***

- De verhouding tussen stikstof en fosfaat wordt belangrijk en hier moet bij het gedrag rond bemesting op bedrijfsniveau rekening mee worden gehouden  
de effecten op de ammoniakemissie en de bodembelasting zijn nog moeilijk in te schatten.

De verbeteringen van de berekeningen van de bemesting op bedrijfsniveau hebben relatief geringe gevolgen voor de ammoniakemissie, maar kunnen wel behoorlijke invloed hebben op de bodembelasting. De belangrijkste aanbeveling m.b.t. de ammoniakemissie betreft de herziening van het vervluchtigingspercentage behorend bij kunstmest. Het gedrag rond bemesting op bedrijfsniveau zal veranderen t.g.v. de invoering van MINAS; de gevolgen hiervan op de ammoniakemissie en de bodembelasting kunnen nog niet worden ingeschat. De werkzaamheid van P voor stalmest en voor weidemest kan gelijk worden gehouden. De ijking van de kunstmestgiften kan verbeteren door rekening te houden met handelsgewassen en glastuinbouw.

## Referenties

Bouwman, A.F., D.S. Lee, W.A.H. Asman, F.J. Dentener, K.W. van der Hoek and J.G.J. Olivier, 1997. *A global high-resolution emission inventory for ammonia*. Global Biogeochemical Cycles 11: 561-587

CAD-BWB, 1986. *Adviesbasis voor bemesting van bouwland*. Wageningen: CAD Bodem, Water en Bemesting, afdeling Akker- en Tuinbouw.

CAD-BWB, 1989. *Adviesbasis voor bemesting van grasland en voedergewassen*. Wageningen: CAD Bodem, Water en Bemesting, afdeling Veehouderij.

Hoek, K.W. van der, 1994. *Berekeningsmethodiek ammoniakemissies in Nederland voor de jaren 1990, 1991 en 1992*. Bilthoven: RIVM, rapport nr. 773004003.

Hoogervorst, N.J.P. en P.M. van Egmond, 1998. *Methodenrapport monitoring fosfaat-, stikstof- en ammoniak-emissies uit de landbouw*. RIVM, Bilthoven. In voorbereiding.

IKC, 1992. *Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouwgewassen*. Informatie en Kennis Centrum Landbouw, Ede.

IKC, 1992. *Stikstofbemestingsrichtlijnen voor de akkerbouw en groenteteelt in de volle grond*. Informatie en Kennis Centrum Landbouw, Ede.

Klaassen, 1990. *IIASA working paper 90-68*, Laxenburg, Oostenrijk.

Lammers, H.W., 1984. *Een berekende stikstofwerkingscoëfficiënt voor diverse dierlijke organische meststoffen*. De Buffer 30, 169-197.

Luesink, H.H., 1991. *Beschrijving van de programma's GROND en BEMRIVM*. Den Haag: LEI, Interne notitie.

Ministerie LNV, 1987. *Vlugschrift Dierlijke Mest*. Den Haag: Ministerie van Landbouw en Visserij, vlugschrift voor de landbouw nr.406, aangepaste 3e druk.

Pronk, A., 1987. *Jaarstatistiek voor de kunstmeststoffen 1985/86*. Den Haag: LEI-DLO, periodieke rapportage 66-85/86.

Pronk, A., 1997. *Jaarstatistiek voor de kunstmeststoffen 1994/95*. Den Haag: LEI-DLO, periodieke rapportage 66-94/95.

RIVM, 1997. *Achtergronddocument Milieubalans 1997*. Bilthoven

Strogies, M. and D. Kallweit, 1996. *Nitrogen Emissions in Germany and Potential for their reduction*. Poster Paper 'Atmosferic Deposition and Environmental Impacts',

International Conference on Atmospheric Ammonia, Culham, Oxford, 2-4 October 1995: 3-56.

Velthof, G.L., O. Oenema, J. Postmus and W.H. Prins, 1990. *In-situ field measurements of ammonia volatilization from urea and calcium ammonium nitrate applied to grassland*. Meststoffen 1/2: 41-45

## **9 Conclusies en aanbevelingen voor aanpassing rekenmethodiek**

### **9.1 Inleiding**

In voorgaande hoofdstukken zijn suggesties gedaan voor de verbetering van de methodiek voor de berekening van fosfaat-, stikstof- en ammoniak-emissies uit de landbouw. In dit hoofdstuk worden deze aanbevelingen geordend naar prioriteit. Er wordt onderscheid gemaakt naar verbeteringen die al in 1999 uitvoerbaar zijn, verbeteringen die in 2000 kunnen worden doorgevoerd en verbeteringen die nog aanvullend onderzoek vergen. Bij die prioritering worden 2 criteria gehanteerd. Het eerste criterium heeft betrekking op de verwachte bijdrage van de verbetering aan de omvang van de ammoniakemissies, waarbij gelet wordt op het absolute niveau van de nationale emissieschatting, de regionale verdeling van emissies en veranderingen in de tijd. Een grotere impact op deze items betekent een hogere prioriteit voor het betreffende voorstel. Het tweede criterium heeft betrekking op de hoeveelheid werk die nodig is om een voorstel te implementeren. Hiervoor zijn op dit moment slechts grove indicaties beschikbaar. Bovendien wordt rekening gehouden met de mogelijkheid om op korte termijn de vereiste onderzoekscapaciteit beschikbaar te krijgen. De voorstellen kunnen worden ingedeeld in vijf categorieën:

1. no regret: met weinig inspanning zijn fouten of inconsistenties te verhelpen in 1999 (korte termijn);
2. substantiële verbeteringen die met een beperkte inspanning haalbaar zijn in 2000;
3. aanvullend onderzoek voor substantiële verbeteringen van de methodiek;
4. aanvullende dataverzameling t.b.v. substantiële verbeteringen;
5. overige voorstellen (met relatief beperkte impact).

Voordat een indeling van de voorstellen in de vijf categorieën kan worden gemaakt, is het nodig nader in te gaan op de gevolgen van implementatie voor de methodiek als geheel. In 9.2 volgt een korte beschrijving van die gevolgen, waarbij de volgorde van voorgaande hoofdstukken wordt gevolgd. Enkele conclusies worden getrokken in 9.3, waarna in 9.4 de verdeling van de voorstellen over de vijf categorieën wordt gegeven

### **9.2 Beoordeling voorstellen in het licht van implementatie**

#### **9.2.1 Excreties**

Bij het onderdeel excreties zijn de volgende voorstellen te beschouwen als 'no-regret':

1. maak gebruik van de WUM-excretiecijfers voor melkvee (melkkoeien en jongvee) op basis van 2 verschillende rantsoenen. Dit leidt tot 2 extra mestsoorten in de LEI-mestmodellen: weidemest en stalmest;
2. aggregeer afzonderlijke diercategorieën tot mestsoorten op basis van een andere parameter dan de forfaitaire fosfaat-excreties. Voor de periode dat fosfaat-



- gebruiksnormen sturend zijn voor het mestgebruik kunnen de WUM-fosfaat-excreties dienen als basis voor aggregatie;
3. splits de excretie van melkvee in die van melkkoeien en jongvee. Dit leidt tot 4 extra mestsoorten in de LEI-mestmodellen: 2 seizoenen \* 2 rantsoenen;
  4. stem de berekeningswijze voor de weideperiode van vrouwelijk vleesvee af op de WUM-aanpak;
  5. stem de rekenregels voor de verdeling over stal en weide bij melkvee en vleesvee op elkaar af; Die verdeling wordt in de LEI-mestmodellen gemaakt. De methodiek voor vleesvee wijkt af van die voor melkvee en zou gestroomlijnd moeten worden met die van de WUM;
  6. blijf het voergebruik per dier controleren aan de hand van statistieken van het Productschap Diervoeders over het totale voergebruik. Dit is eerder een voortzetting van de huidige werkwijze dan een voorstel tot verbetering.

Deze verbeteringen kunnen worden doorgevoerd zonder aanvullend onderzoek en zonder (of met beperkte) aanpassing van de programmacode in de modellen. Wel moet de configuratie van de modellen worden aangepast, maar die is input-gestuurd.

Een tweede groep van aanbevelingen heeft betrekking op het nauwkeuriger berekenen van de excreties per afzonderlijke diercategorie. Dat betekent het aanpassen van de werkwijze van de WUM. Gezien de jaarcyclus in de WUM-productie kunnen verbeteringen van deze aard op zijn vroegst beschikbaar komen in augustus 1999, die dan doorwerken in emissieberekeningen in 2000. Op korte termijn zouden de volgende verbeteringen kunnen worden doorgevoerd mits voldoende onderzoekscapaciteit beschikbaar is:

1. Representativiteit verbeteren van de weidegras-monsters t.b.v. schatting mineralengehalte van vers weidegras. Dit is deels een autonoom proces, als gevolg van een toename in bemonstering. Ook kan worden nagegaan of weging (naar periode) van beschikbare analyses van het mineralengehalte van weidegras een significante verbetering geeft van de berekende N-opname uit weidegras;
2. Verbeterde schatting van opname weidegras door verbetering van de voedernormen;
3. Nagaan of de opbrengstberekening van grasland betrouwbaarder kan worden door gebruik van gewasgroeimodellen;
4. Verbeteren van de voederwaardebepaling van vers weidegras. Dit heeft continu aandacht, maar zal pas rond 2003 substantieel verbeterd kunnen worden na afronding van pas gestart onderzoek bij ID-DLO;
5. Gebruik van snijmais afleiden uit productie én voorraadvorming. Hiervoor worden eind 1998 enquêtes uitgezet. De resultaten zijn pas beschikbaar voor emissieberekeningen in 2001.

Een derde groep van voorgestelde verbeteringen heeft betrekking op vergroting van de regionale differentiatie in de berekende excreties. Dat vergt allereerst nog relatief veel analyse van beschikbare databronnen (BIN voor ruwvoergebruik en transport; BLGG voor mineralengehalten in ruwvoer).

1. Aanbrengen van regionale verschillen in mineralengehalten van gras en snijmais (significantie eerst onderzoeken m.b.v. BLGG-gegevens);

2. Aanbrengen van regionale verschillen in mineralengehalten van mengvoeders (eerst significantie onderzoeken m.b.v. gegevens van Bureau Heffingen);
3. Aanbrengen van regionale verschillen in het gebruik van ruwvoer per dier (eerst significantie onderzoeken m.b.v. BIN-gegevens). Hierin het ruwvoertransport tussen regio's betrekken, evenals de verbetering van de voedernormen en de schatting van graslandproductie;
4. Rekening houden met de verdeling van mest over stal en weide. Verschillen vloeien voort uit het voederpatroon en (dus) uit het bijbehorende beweidingssysteem. Informatie over het per bedrijf toegepaste beweidingssysteem is echter niet beschikbaar. Er is wel informatie over de staltypen per bedrijf, dat gebruikt kan worden als schatting voor beweidingssysteem. Momenteel wordt gerekend met een mestverdeling over stal en weide die voor elk staltype gelijk is. Er is aanleiding om die verhouding opnieuw vast te stellen en zo nodig per voederpatroon (en dus per bijbehorend staltype) te differentiëren;

De gevolgen nagaan van een wijziging van de definitie van bedrijf (in de landbouwtelling), door het bedrijf niet langer te koppelen aan de eigenaar, maar aan de vestiging. Hierdoor kan de ruimtelijke verdeling van vee (en dus van emissies) worden verbeterd.

Dit onderzoek (behalve het laatste) zou resultaten kunnen opleveren voor emissieberekeningen in 2000. Dan moet ook een keuze gemaakt zijn ten aanzien van de wijze waarop de verkregen inzichten worden verwerkt in de rekenregels. Eén optie is om regiospecifieke mestsoorten te definiëren. Zo'n aanpak vergt weinig aanpassingen van de modellen maar maakt het iets minder overzichtelijk. Een andere optie is dat excreties in het model worden berekend op basis van bedrijfs- of regiospecifieke gegevens. In dat geval kan beter worden overgeschakeld op het Stofstromenmodel van het AB- en LEI-DLO, dat die verbanden reeds beschrijft. Inschakeling van het Stofstromenmodel bij monitoring van emissies vereist echter eerst een grondige ijking, validatie en acceptatietest.

Een vierde groep van voorstellen betreft uitbreiding van het aantal 'stoffen' waarvan excretie wordt vastgesteld. Die uitbreiding wordt nodig wanneer de berekening van NH<sub>3</sub>-emissies zodanig wordt aangepast dat andere input nodig is dan de totale N-excretie. Hierbij moet worden gedacht aan:

1. De N-excretie splitsen in totaal ammonium stikstof (TAN) en organisch gebonden stikstof. Dit is pas zinvol wanneer een statistisch significante relatie is vastgesteld tussen NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen en de TAN-excretie in stallen (zie hoofdstuk 3);
2. De N-excretie splitsen over faeces en urine, met name bij rundvee; gegevens over de ureum-concentratie in urine met name bij varkens zijn dan tevens nodig.
3. Deze verbetering zou een bijdrage leveren aan de verklaring van het NH<sub>3</sub>-gat omdat de huidige methodiek een overschatting geeft van de emissiereductie als gevolg van een toenemend aandeel snijmais in de randsoenen van rundvee. De aanbeveling om het VP voor faeces vast te stellen hoort thuis in hoofdstuk 3 (Stal en buitenopslag) en hoofdstuk 5 (Beweiding).

Voor deze splitsing is nog veel onderzoek nodig. Resultaten zijn te verwachten rond 2003. Het is pas zinvol deze veranderingen door te voeren wanneer tegelijkertijd (nieuwe) verbanden zijn vastgesteld tussen deze N-fracties en de NH<sub>3</sub>-emissie.

## 9.2.2 Stal en buitenopslag

De voorstellen voor verbetering van de NH<sub>3</sub>-emissie uit stal en buitenopslag vallen uiteen in twee groepen: a) aanpassing van de huidige vervluchtigingspercentages op grond van (recente) metingen en b) grondige herziening van de berekeningsmethodiek, waarbij rekening wordt gehouden met factoren als temperatuur, windsnelheid, vervuild oppervlak, ureumhoeveelheid en -concentratie. Zo'n herziening is op korte termijn niet te realiseren omdat er nog veel tijd nodig is voor analyse van meetgegevens en omdat dat een grondige herziening van de rekenmodellen zal vergen. De resultaten hiervan zijn naar verwachting pas na 2001 beschikbaar. De belangrijkste bijdrage aan de ammoniakemissies komt van de stallen, met name voor het melkvee. De aanbevelingen zijn daar danook op gericht.

Op korte termijn kunnen uit bestaande meetgegevens per staltype gemiddelde waarden worden vastgesteld voor de NH<sub>3</sub>-emissie per dier. Deze data zouden op verschillende manieren kunnen worden bewerkt t.b.v. gebruik in de rekenmodellen. De volgende opties kunnen worden overwogen:

### *Optie 1:*

Geheel conform de huidige methode kan een vervluchtigingspercentage (VP) worden bepaald door de gemiddeld gemeten emissie te delen door de bijbehorende gemiddelde N-excretie. Deze VP wordt vervolgens gebruikt voor de berekening van NH<sub>3</sub>-emissies in alle achterliggende jaren.

In hoofdstuk 3 wordt voor de korte termijn voorgesteld om:

- 1.1 de VP voor ligboxstallen te verlagen van 14,9 naar 10,0%
- 1.2 de VP voor emissie-arme ligboxstallen te verlagen van 9,5-12,0 tot 8,0%
- 1.3 alle overige VP's niet te veranderen totdat nadere analyse van meetgegevens daartoe aanleiding geeft.

### *Optie 2:*

Analyse van de N-vervluchtiging uit rundvee-zoemermest die in de stal terecht komt. De samenstelling van zoemermest verschilt namelijk van die van wintermest. Bovendien zijn de condities voor vervluchtiging in de zomer anders dan in de winter. Mogelijk kunnen uit beschikbare meetgegevens relatief eenvoudig VP's voor zomer en winter worden afgeleid voor rundveestallen. Via een (jaarafhankelijke) gewogen middeling kunnen die worden ingevoerd in de huidige rekenmethodiek voor stalemissies.

### *Optie 3:*

Het is bekend dat de VP afhankelijk is van het N-gehalte in mest. Dat cijfermatige verband kan per staltype worden afgeleid uit de meetgegevens en kan worden gebruikt om een jaarafhankelijke VP vast te stellen, gebaseerd op het gemiddelde N-gehalte in het betreffende jaar. Deze aanpak vergt iets meer onderzoek dan optie 1 maar levert een beter beeld van de ontwikkeling van de stal-emissie in de tijd. Dit vergt geen aanpassingen van de modelcode.

### *Optie 4:*

Het is ook bekend dat de VP afhankelijk is van TAN-excretie, bevuild staloppervlak, temperatuur en wind, waarin seizoenspatronen optreden. M.b.v. een grove analyse van meetgegevens kan een verdeling worden gemaakt van de jaarlijkse stal-emissies over de 12 maanden van het jaar. Dat vergt extra analyse maar leidt wellicht tot een hogere correlatie tussen berekende en gemeten NH<sub>3</sub>-

concentraties. Dit vergt geen aanpassing van de modelcode maar wel een nabewerking op de berekende (jaartotale) NH<sub>3</sub>-emissie (die desgewenst in het model kan worden ondergebracht).

Nagegaan moet worden welke van de opties 1 t/m 4 voor 1999 kan worden uitgevoerd.

Op langere termijn (na 2000) komen resultaten uit lopend IMAG-onderzoek beschikbaar, waarin verbanden tussen NH<sub>3</sub>-vervluchtiging enerzijds en omgevingsfactoren en stikstof-fracties anderzijds worden vastgesteld die als basis kunnen dienen voor verdere verfijning van emissie-berekeningen. Deze analyse moet uitwijzen of splitsing van excreties in verschillende fracties, zoals voorgesteld in de vorige paragraaf, zinvol is.

### 9.2.3 Mesttoediening

Net als bij 'Stal en buitenopslag' is een duidelijke scheiding aanwezig tussen verbeteringen die op korte termijn kunnen worden doorgevoerd en verbeteringen die nog veel extra onderzoek vergen. Op korte termijn zijn de volgende verbeteringen mogelijk:

1. Geheel conform de huidige methode kan per techniek een vervluchtigingspercentage (VP) worden bepaald door de gemiddelde gemeten emissie te delen door de bijbehorende gemiddelde N-gift. Daarbij moeten zoveel als mogelijk meetgegevens worden gebruikt die qua weersomstandigheden representatief zijn voor de periode waarin boeren doorgaans mest uitrijden. Ook dient een schatting te worden gemaakt van het verschil tussen proefveldomstandigheden en praktijkomstandigheden. Deze vernieuwde VP's worden vervolgens ook gebruikt voor de berekening van NH<sub>3</sub>-emissies in alle achterliggende jaren.
2. Het is bekend dat de uitrij-emissie sterk beïnvloed wordt door weersomstandigheden. Die invloed kan worden 'gevangen' door maandspecifieke VP's af te leiden van meetgegevens. M.b.v. deze maandspecifieke VP's kan jaarlijks per uitrijtechniek een jaarspecifieke gemiddelde VP worden bepaald, afhankelijk van de geschatte hoeveelheid mest die per maand met de betreffende techniek wordt uitgereden. Deze aanpak vergt iets meer analyse van meetgegevens dan optie 1 maar kan zonder modelaanpassingen worden toegepast. Omdat de uitrijperiode in de tijd is verschoven, zou op deze manier een betere correlatie bereikt kunnen worden tussen berekende en gemeten NH<sub>3</sub>-concentraties.

Op langere termijn zijn verbeteringen mogelijk door:

1. Het vaststellen van relaties tussen de VP's en a) de grondsoort en b) de N-gift per hectare.
2. Het afleiden van wiskundige verbanden tussen emissies enerzijds en factoren als temperatuur, windsnelheid, neerslag, N-dosering, gewas en grondsoort anderzijds. Het zal nog zeker tot 2000 duren voordat de resultaten hiervan beschikbaar komen. Vervolgens kunnen de rekenregels in de modellen worden herzien.

Er is grote behoefte aan gegevens over het gebruik van uitrijtechnieken: hoeveelheden mest, locatie, tijdstip van uitrijden, weersomstandigheden, etc. Gezien de

invloed op de schatting van de totale NH<sub>3</sub>-emissie zouden deze gegevens jaarlijks moeten worden verzameld, bij voorbeeld door het CBS.

#### **9.2.4 Beweiding**

In het hoofdstuk 'Beweiding' worden drie aanbevelingen gedaan, waarvan één reeds is opgenomen bij het onderdeel 'excreties'. De overige twee aanbevelingen luiden:

1. Maak het VP-beweiding afhankelijk van de grondsoorten klei, veen en zand;
2. Maak het VP-beweiding afhankelijk van de intensiteit (kg/ha) van de N-excretie in de weide. Het effect van verandering in N-bemesting van grasland op de N-excretie wordt behandeld in het onderdeel Excreties.

Beide aanbevelingen worden in samenhang verder uitgewerkt tot concrete voorstellen voor te hanteren vervluchtigingspercentages. Een eerste schatting kan op korte termijn beschikbaar komen uit literatuuronderzoek. Voor een verdere onderbouwing is aanvullend experimenteel onderzoek nodig. Deze wijzigingen impliceren dat de Mest- en Ammoniakmodellen van LEI-DLO moeten worden aangepast.

#### **9.2.5 Gewasemissies**

Het onderzoek naar NH<sub>3</sub>-emissies uit gewassen leidt nog niet tot éénduidige gegevens. Wel kan worden vastgesteld dat deze emissiebron een significante bijdrage levert. De verkenning in hoofdstuk 6 laat grote verschillen zien op basis waarvan niet zomaar een emissiefactor kan worden afgeleid. Een verdere verdieping moet plaats vinden door bijv. de beschikbare meetgegevens te analyseren, waarbij rekening wordt gehouden met het gewastype, het seizoen, het bemestingsniveau en de grondsoort. Verwacht mag worden, dat het meenemen van de gewasemissie wel leidt tot een hoger emissieniveau, maar niet tot het verklaren van het 'ammoniakgat'.

#### **9.2.6 Mestlogistiek**

De verdeling van geproduceerde mest over regio's, grondsoorten en gewassen ligt aan de basis van alle emissie-berekeningen. Daarom is verbetering van die verdeling van groot belang. Hiertoe zijn de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Stel de acceptatiegraden per mestregio vast (dus voor 31 regio's in plaats van 3). De rekenregels in de modellen zijn reeds aangepast om deze verfijning te kunnen gebruiken (no regret). Er zijn reeds protocollen ontwikkeld om de benodigde gegevens uit het BIN te extraheren;
2. Voer de mestgebruiksnormen per mestregio in in plaats van voor heel Nederland (per gewasgroep: gras, mais, bouwland). Dit maakt het mogelijk om regionaal verschillende overschrijdingen van de wettelijke gebruiksnormen te simuleren. Dit vergt aanpassingen in de mestmodellen en ook nog een oplossing voor het dataprobleem na wegvallen van de Mestbank (toch streven naar invoering in 1999).

3. Stel jaarspecifieke modelinvoer vast voor de kosten van kunstmest en (zo mogelijk) van mesttransport;
4. Maak de correctie van normoverschrijding met weidemest ongedaan. Deze verandering is niet opgenomen als aanbeveling van de werkgroep Mestlogistiek omdat het effect op de nationale NH<sub>3</sub>-emissie verwaarloosbaar is. Omdat de problematiek van normoverschrijding beter aansluit bij de praktijk is het toch zinvol om de correctie ongedaan te maken. Het kost weinig moeite en neemt de schijn weg dat gegevens gemanipuleerd worden.

Een aantal onderwerpen zijn minder urgent of vergen nog voorbereidend onderzoek:

5. Het aanpassen van de rekenregels aan MINAS. Dit moet al wel worden voorbereid maar is pas nodig bij berekeningen voor 1999 want 1998 is een oefenjaar zonder controle op naleving.
6. Het uitvoeren van een grondige analyse van de motieven voor afzet van mest op akkerbouwbedrijven. Dit zou kunnen leiden tot herziening van de wijze waarop mesttransport naar akkerbouwgewassen wordt berekend. Het vaststellen van de bemestingswaarde van mest op basis van organische stof naast werkzame nutriënten kan hierbij worden betrokken. Zulk onderzoek vergt enige tijd en kan leiden tot een andere verdeling van mest over gewassen. Dat heeft mogelijk gevolgen voor de berekening van de emissies naar bodem en de nitraatuitspoeling;
7. Het toetsen van de huidige methodiek voor verdeling van mest over gewassen (binnen een bedrijf) aan de praktijk. Mogelijk wordt de mest ongelijker verdeeld dan nu wordt aangenomen. Dat heeft voornamelijk gevolgen voor de berekening van nitraatuitspoeling en (wanneer de verdeling tussen gras en overige gewassen verandert) ook voor NH<sub>3</sub>-emissies.

De aanbevelingen van de werkgroep Mestlogistiek voor gevoeligheidsanalyse van de module voor de berekening van de mesttoevoer (MESTTV) is niet gefundeerd op concrete aanwijzingen voor effecten op emissies en krijgt daarom een lage prioriteit.

### **9.2.7 Bemesting op bedrijfsniveau**

Een aantal aanbevelingen is op korte termijn uitvoerbaar:

1. Het herzien van het vervluchtigingspercentage van N-kunstmest. De werkgroep beveelt aan dat die wordt berekend als een gewogen gemiddelde van VP's van diverse N-houdende mengmeststoffen. Deze VP's zijn te ontlenuen aan de literatuur;
2. Een extra gewasgroep toevoegen met gewassen die wel kunstmest maar geen dierlijke mest krijgen. Bezien of een andere gewasgroep-indeling leidt tot betere schatting van het kunstmestgebruik;
3. Zoveel mogelijk gebruik maken van actuele bemestingsadviezen. Momenteel worden verouderde adviezen gebruikt als startpunt van een ijkingsprocedure. Actualisatie leidt waarschijnlijk niet tot andere schattingen van het kunstmestgebruik, maar de regionale verschillen in bodembelasting nemen wel toe. De actualisatie kost veel tijd, waardoor deze aanbeveling een lagere prioriteit krijgt.

4. Splits het nationale totale kunstmestgebruik over landbouw, glastuinbouw en afzet buiten de landbouw (sportvelden, gemeentelijk groen, moestuinen, siertuinen). Alleen het landbouwdeel betrekken bij de ijking van het kunstmestgebruik op grasland en akkerbouwgewassen.

De huidige berekeningsmethodiek gaat uit van een theoretische afhankelijkheid tussen het gebruik van kunstmest en dierlijke mest. Die afhankelijkheid blijkt nauwelijks uit praktijkcijfers. Daarom wordt aanbevolen:

5. Een methode te ontwikkelen waarbij een landsdekkend beeld van het gebruik van (individuele) kunstmeststoffen wordt afgeleid uit steekproefdata van registraties van kunstmestgebruik in het BIN. Met een correlatietoets op BIN-gegevens kan jaarlijks worden bepaald of gebruik gemaakt wordt van de onafhankelijke of van de afhankelijke (huidige) methode;
6. Na te gaan of andere rekenregels nodig zijn voor berekening van het kunstmestgebruik na invoering van MINAS. De invoering van verliesnormen en MINAS kan gevolgen hebben voor de wijze waarop boeren hun bemesting gaan uitvoeren.

### **9.2.8 Overige verbeteringen**

Enkele verbeteringen laten zich niet onderbrengen in bovenstaande indeling naar werkgroepen.

1. levering van NH<sub>3</sub>-emissiedata per grid van 2,5\*2,5 km ipv per gemeente. Hierdoor wordt informatieverlies door aggregatie en desaggregatie vermeden. Een grotere ruimtelijke resolutie komt de correlatie tussen berekende en gemeten NH<sub>3</sub>-concentraties ten goede. Dit voorstel vereist vooral aanpassing van de output van de rekenmodellen.
2. opnemen van de mestproductie van paarden en ponies in de berekening van emissies. Dit vereist enige aanpassingen van de rekenregels in het model omdat mest van paarden en ponies niet onder de (oude) fosfaatnormering valt. Bovendien moet de verwerking van paardenmest tot champignoncompost goed in het model worden ondergebracht.

### **9.3 Conclusies**

Er zijn veel voorstellen voor verbetering van de methodiek voor emissieberekeningen ingediend. De meest voorstellen hebben betrekking op NH<sub>3</sub>-emissies. Een aantal voorstellen kunnen op korte termijn worden uitgewerkt en opgenomen in een aangepaste methodiek. Er zijn echter ook voorstellen die nog nader moeten worden uitgewerkt en pas over 1-2 jaar kunnen worden uitgevoerd. Dat zijn helaas ook de voorstellen met vermoedelijk de grootste invloed op de emissies. Aanpassing van de methodiek zal dus in enkele stappen moeten plaatsvinden. Dat is op zijn minst vervelend voor de gebruikers van emissiegegevens.

## 9.4 Aanbevelingen

De methodiek van emissieberekeningen kan stapsgewijs worden verbeterd.

### 9.4.1 Verbeteringen in 1999

Voor de emissieberekeningen t.b.v. MB99 en EJR99 kunnen de onderstaande verbeteringen worden doorgevoerd. De beschikbare kennis en data zijn daarvoor toereikend en de benodigde modelaanpassingen beperkt. Het is nog niet duidelijk of de aanpassingen binnen de thans beschikbare en toegezegde capaciteit kunnen worden uitgevoerd.

1. Het splitsen van de excretie van melkvee in: melkkoeien en jongvee;
2. Gebruik maken van de WUM-excreties van melkvee voor 2 regio's;
3. Het afstemmen voor de weideperiode voor vrouwelijk vleesvee op de WUM-aanpak;
4. Het aggregeren tot mestsoorten op basis van WUM-fosfaatexcreties in plaats van forfaitaire excreties;
5. Het opnemen van de mestproductie van paarden en ponies in emissieberekeningen;
6. Het herzien van de VP-stal (gangbaar en emissie-arm) op basis van metingen, gerelateerd aan gemiddelde N-concentratie in mest en afgestemd op actie 1 en 5 (andere mestsoorten) en de verdeling van melkveemest over stal en weide;
7. Het herzien van de VP-uitrijden op basis van metingen en praktijk-correctie;
8. De VP-beweiding afhankelijk maken van de grondsoorten klei, veen en zand;
9. De VP-beweiding afhankelijk maken van de intensiteit (kg/ha) van de N-excretie in de weide.
10. De acceptatiegraden per mestregio vaststellen (reeds technisch mogelijk);
11. De mestgebruiksnormen per mestregio variëren;
12. De kosten van mesttransport en kunstmest jaarlijks actualiseren;
13. De normoverschrijding met weidemest (weer) mogelijk maken;
14. Het herzien van de VP-kunstmest;
15. Het toevoegen van een gewasgroep in het model voor de mestlogistiek die wel kunstmest krijgt maar geen dierlijke mest;
16. Het nationaal kunstmestgebruik splitsen in gebruik voor landbouw, glastuinbouw en afzet buiten de landbouw;
17. Bij de modelberekeningen NH<sub>3</sub>-emissiedata produceren per grid van 2,5\*2,5 km;

### 9.4.2 Verbeteringen in 2000

Verbeteringen in 2000 hebben voornamelijk betrekking op werkzaamheden van de Werkgroep Uniformering Mestcijfers, waarvan de resultaten op zijn vroegst beschikbaar komen in augustus 1999. Daardoor kunnen de resultaten op zijn vroegst beschikbaar zijn voor de emissieberekeningen van 2000. Het totaal van onderstaande werkzaamheden past niet binnen de geplande werkzaamheden en capaciteit? Dat impliceert dus een langere doorlooptijd of inzet van extra middelen.



1. Het verbeteren van de schatting van het jaargemiddelde N-, P- en K-gehalte (en voederwaarde) van vers weidegras;
2. Het verbeteren van de schatting van de opname van vers weidegras m.b.v. betere voedernormen;
3. Het verbeteren van de gewasopbrengstberekening van grasland m.b.v. gewasgroeimodellen;
4. Het gebruik van snijmais afleiden van productie én voorraadvorming (pas beschikbaar in 2001);
5. Het aanbrengen van regionale verschillen in mineralengehalte van ruwvoer;
6. Het aanbrengen van regionale verschillen in mineralengehalte van mengvoeders;
7. Het aanbrengen van meer regionale verschillen in het gebruik van ruwvoer per dier;
8. Het afstemmen van rekenregels voor de verdeling van mest over stal en weide bij melkvee en vleesvee;
9. De verhouding tussen stal- en weide-excretie bij rundvee koppelen aan het staltype en per staltype een nieuwe verhouding vaststellen;
10. Het afleiden van een nieuwe (onafhankelijke) methode voor landsdekkende berekening van kunstmestgebruik;
11. Het afleiden van maandspecifieke VP's voor stallen;
12. Het afleiden van maandspecifieke VP's voor uitrijden;
13. Het invoeren van de resultaten uit de deskstudie gewasemissie van het AB-DLO;

#### **9.4.3 Behoeftte aan aanvullend onderzoek**

Ten behoeve van methode-verbeteringen op de lange termijn is aanvullend onderzoek nodig. Dat onderzoek is nog niet of slechts ten dele opgenomen in de vastgestelde onderzoekprogramma's. Gezien de potentiële bijdrage van dat onderzoek aan verbetering van emissie-berekeningen beveelt de projectgroep aan om mogelijkheden te verkennen voor versnelling van (lopend) onderzoek op de volgende gebieden:

1. Onderzoek naar factoren die van invloed zijn op NH<sub>3</sub>-emissies bij mesttoediening, uit stallen en bij beweiding; bij de prioriteitstelling rekening houden met het relatieve belang van elke post;
2. De splitsing van de N-excretie in a) TAN en overig stikstof of b) in faeces en urine, m.n. bij rundvee;
3. Vaststellen van vervluchtigingspercentages voor faeces van rundvee en de ureumconcentratie in urine, m.n. bij varkens.

Voorts is aanvullend onderzoek gewenst naar de volgende onderwerpen:

4. Aanpassen van de rekenregels voor mesttransport en kunstmestgebruik aan MINAS (verliesnormen);
5. Onderzoek naar de wenselijkheid om informatie over mesttransport tussen regio's, die nu uit modelberekeningen komen, te ontleen aan gegevens van de Mestbank;
6. Een analyse van de motieven voor mestgebruik in de akkerbouw;
7. Het toetsen van de methodiek voor de verdeling van mest over gewassen binnen een bedrijf;
8. De integratie van emissie- en depositiemodellering.

#### **9.4.4 Behoeftte aan extra dataverzameling**

De projectgroep beveelt aan om jaarlijks informatie te verzamelen over:

1. Het gebruik van diverse soorten apparatuur voor het uitrijden van dierlijke mest;
2. Het voorkomen van diverse gangbare en emissie-arme staltypen;
3. Het aantal dieren en oppervlakte gewassen per vestiging in plaats van per eigenaar. In een overleg tussen de meest betrokken gegevensverzamelende instellingen (o.a. CBS, LEI-DLO, Bureau Heffingen) moet worden nagegaan op welke wijze deze gegevens zo efficiënt mogelijk kunnen worden verzameld.

Er zijn aanhoudende geruchten dat het aantal dieren in de landbouwtelling niet representatief is voor de werkelijkheid, met name in de periode 1994-1998. Het CBS wordt daarom verzocht:

4. Het aantal dieren in de landbouwtelling te vergelijken met die in andere tellingen en andere bronnen en zonodig correcties aan te brengen.

Daarnaast zijn data nodig van:

5. De verdeling van rundvee-zoermerest over stal en weide en de wijziging daarin in de loop van jaren. Voor de achterliggende periode (vanaf 1980) moeten deze data wellicht worden verzameld door raadpleging van experts.
6. Het kunstmestgebruik (N en P) per bedrijf en gewas. Deze data komen t.z.t. landsdekkend beschikbaar via MINAS maar worden nu nog afgeleid uit steekproefgegevens (BIN-data).

#### **9.4.5 Aanbevelingen met een lage prioriteit**

Ten behoeve van de volledigheid zijn in deze paragraaf de aanbevelingen van afzonderlijke werkgroepen verzameld die in het licht van een integrale afweging een lage prioriteit krijgen:

1. Gevoeligheidsanalyse van het model MESTTV voor mesttransporten;
2. Onderzoek naar de invloed van de randvoorwaarden in de lineaire programmering van MESTTV op de regionale mestverdeling.
3. De bemestingsadviezen actualiseren (steeds de meest recente gebruiken).

## **Aanhangsel 9.1 Lijst van verschenen rapporten in de Reeks Milieuplanbureau**

*De lijst in vermelde rapporten zijn verkrijgbaar bij het uitgevende instituut*

1. Kruijne, R. en R.C.M. Merkelbach, 1997. Ontwikkeling van het prototype instrumentarium PEGASUS; Pesticide Emission to Groundwater And Surface WaterS. DLO-Staring Centrum, Wageningen (f 25,--).
2. Smit, A.A.M.F.R., F. van den Berg en M. Leistra, 1997. Estimation method for the volatilization of pesticides from fallow soil. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands (f 25,--).
3. Kros, J., 198. Verbetering, verfijning en toepassing van SMART2 ten behoeve van de Milieubalans, Milieuverkenning en Natuurverkenning. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands (f 25,--).
4. Smit, A.A.M.F.R., M. Leistra and F. van den Berg, 1998. Estimation method for the volatilization of pesticides from plants. DLO Winand Staring Centre, Wageningen. The Netherlands (f 25,--).
5. Leistra, M., 1998. Extent of photochemical transformation of pesticides on soil and plant surfaces. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands (f 25,--).
6. J.H.A.M. Steenvoorden, W.J. Bruins, M.M. van Eerdt, M.W. Hoogeveen, N. Hoogervorst, J. F.M. Huijsmans, H. Leneman, H.G. van der Meer, G.J. Monteny, F.J. de Ruijter, 1999. Monitoring van nationale ammoniakemissies uit de landbouw, op weg naar verbeterde rekenmethodiek. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands (f 25,--).