



Onderbouwing N-werkingscoëfficiënt organische mest

Studie t.b.v. onderbouwing gebruiksnormen

W. van Dijk

J.G. Conijn

J.F.M. Huijsmans

J.C. van Middelkoop

K.B. Zwart

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Plant Research International B.V.

Agrotechnology & Food Innovations

Praktijkonderzoek Animal Sciences Group

Alterra



© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 337; € 15,-

Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en het Ministerie van VROM.

Projectnummer: 510414

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Businessunit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Edelhertweg 1
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

VOORWOORD	5
SAMENVATTING.....	6
1 INLEIDING	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Doel	7
1.3 Terminologie	8
1.4 Leeswijzer.....	8
2 ALGEMENE PRINCIPES WERKINGSCOËFFICIËNT ORGANISCHE MEST	9
2.1 Definitie NWC organische mest.....	9
2.2 Bepaling NWC	9
2.2.1 Empirisch.....	9
2.2.2 Modelmatig	11
3 WERKING OPSLAGMEST.....	13
3.1 Werking Nm	13
3.1.1 Ammoniakemissie	13
3.1.2 Nm-verliezen na toediening	15
3.2 Werking Norg	15
3.2.1 Eerstejaarswerking	15
3.2.2 Nawerking.....	17
3.3 Verhouding Nm/Ne/Nr	22
3.3.1 Bewerkte mest	22
3.3.2 Urinezuur in kippenmest	23
3.4 Overige organische mestsoorten	24
4 BANDBREEDTE WERKINGSCOËFFICIËNT OPSLAGMEST.....	25
4.1 Uitgangspunten	25
4.2 Grasland	26
4.3 Bouwland	26
5 WERKING WEIDEMEST	29
5.1 Definitie werkingscoëfficiënt (NWC) weidemest.....	29
5.2 Aanpak bepaling werkingscoëfficiënt	29
5.3 Werkingscoëfficiënt op basis van de drogestofopbrengst.....	30
5.3.1 Bandbreedte	30
5.3.2 N-bemestingsniveau	31
5.3.3 Beweidingsintensiteit.....	32
5.3.4 Marginale drogestofopbrengst.....	32
5.4 Werkingscoëfficiënt op basis van de stikstofopbrengst	33
5.4.1 Bandbreedte	33
5.4.2 N-bemestingsniveau	34
5.4.3 Beweidingsintensiteit.....	34
5.4.4 Marginale drogestofopbrengst.....	34

6	DISCUSSIE	37
6.1	Mestsamenstelling	37
6.2	Ammoniakemissie	37
6.3	Verschil NWC Norg gras- en bouwland	38
6.4	Nawerking	39
6.5	Urinezuur in kippenmest	39
6.6	Najaarstoediening organische mest	40
6.7	Weidemest	40
7	CONCLUSIES	43
7.1	Opslagmest	43
7.2	Weidemest	43
8	ONDERZOEKSAANBEVELINGEN	45
8.1	Opslagmest	45
8.2	Weidemest	45
	LITERATUUR	47
	BIJLAGE I. VOORBEELDBEREKENING WERKINGSCOËFFICIËNT VAN WEIDEMEST	51
	BIJLAGE II. VARIATIE IN INVOERSETS	57
	BIJLAGE III. NEGATIEVE EFFECTEN VAN BEWEIDING OP GRASOPBRENGST	59
	BIJLAGE IV. BEREKENING N-MINERALISATIE MET HET MODEL XCLNCE	61
	BIJLAGE V. GEMIDDELDE SAMENSTELLING VAN DIERLIJKE MEST EN COMPOST IN KG PER 1000 KG PRODUCT (BRON: ADVIESBASIS)	63

Voorwoord

Ter onderbouwing van het nieuwe gebruiksnormenbeleid hebben de Ministeries van LNV en VROM de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) ingesteld. De WOG heeft o.a. gebruiksnormen afgeleid voor totale aanvoer van stikstof (N) met meststoffen. Omdat deze norm op werkzame N is gebaseerd, is de N-werkingscoëfficiënt van organische mest van belang. Voor de onderbouwing ervan is vanuit de WOG een werkgroep ingesteld, de Werkgroep Onderbouwing Werkingscoëfficiënt (WOW).

De studie, waarvan de resultaten zijn weergegeven in onderhavig rapport, heeft zich vooral gericht op dunne dierlijke mest en weidemest. In een vervolgstudie zal de onderbouwing van de N-werkingscoëfficiënt van overige, veelal vaste organische meststoffen worden uitgewerkt.

Tenslotte wordt vanaf deze plaats de WOG bedankt voor het kritisch beoordelen van concepten. Tevens bedanken we Jaap Schröder (Plant Research International) voor tekstsuggesties voor het hoofdstuk 'nawerking'.

De auteurs

Samenvatting

Het nieuwe mineralenbeleid is gebaseerd op gebruiksnormen voor stikstof (N) en fosfaat. Voor N komen er twee gebruiksnormen, een norm voor aanvoer met dierlijke mest en een norm voor totale aanvoer met meststoffen. De laatste norm is gebaseerd op werkzame N. Dat betekent dat er forfaitaire waarden moeten komen voor de N-werkingscoëfficiënt (NWC) van organische mest. Voor de onderbouwing ervan is de Werkgroep Onderbouwing Werkingscoëfficiënt (WOW) ingesteld.

In de studie is onderscheid gemaakt tussen opslagmest (organische mest die via tussenopslag op het land wordt toegediend) en weidemest (depositie van urine en faeces door weidend vee op het land). Er is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande adviezen. Daar waar nodig zijn deze aangepast aan nieuwe inzichten. De focus lag vooral op dunne dierlijke mest en weidemest.

Uitgaande van de huidige adviezen varieerde de NWC van de veel gebruikte organische mestsoorten dunne rundvee- en varkensmest in geval van voorjaarstoediening, afhankelijk van toedieningstechniek van resp. circa 45-50% en 45-55% op grasland en resp. 50-60% en 60-75% op bouwland. Bij najaarstoediening op bouwland bedraagt de bandbreedte 20-25% voor dunne mest.

Opvallend is de hogere NWC op bouwland in vergelijking met grasland. Vanwege het langere groeiseizoen van gras was juist het omgekeerde verwacht. Dit hangt waarschijnlijk deels samen met het feit dat de NWC voor grasland empirisch is afgeleid en die van bouwland modelmatig. Daarnaast is bij grasland uitgegaan van een langzamere afbraak van de organische N in de mest dan bij bouwland.

Bij bovenstaande NWC-waarden is uitgegaan van de eerstejaarswerking. De langetermijn werking (nawerking) is niet meegenomen omdat deze in meer of mindere mate al verdisconteerd zit in de bemestingsadviezen en daarmee in de gebruiksnormen.

De berekende NWC's voor weidemest hangen af van het N-bemestingsniveau. Bij N-giften variërend tussen 250 en 350 kg werkzame N per ha per jaar voor minerale gronden en tussen 150 en 250 kg werkzame N per ha per jaar voor veengronden werden NWC's berekend van circa 0% op basis van drogestofopbrengst van gras en circa 15% op basis van de stikstofopbrengst van gras. Bij lagere bemestingsniveaus zijn de NWC's iets hoger (tot circa 10 resp. 20% bij 150 kg werkzame N per ha per jaar op minerale gronden), echter deze bemestingsniveaus zijn in de Nederlandse melkveehouderij niet gebruikelijk.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In oktober 2003 heeft het Europese Hof het Nederlandse mineralenbeleid, dat stoelt op Minas en mestafzetovereenkomsten, afgekeurd. Het Hof stelde dat er een nieuw stelsel moet komen dat is gebaseerd op gebruiksnormen in plaats van verliesnormen. Ter onderbouwing van de gebruiksnormen heeft LNV/VROM de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) ingesteld. Deze werkgroep heeft als taak diverse gebruiksnormvarianten te beoordelen op milieukundige gevolgen.

Voor stikstof (N) komen er twee gebruiksnormen, een norm voor aanvoer met dierlijke mest en een norm voor totale aanvoer met meststoffen. De laatste norm is gebaseerd op werkzame N. Dat betekent dat er forfaits moeten worden afgesproken voor de N-werking van organische mest. Vanuit de WOG is een werkgroep ingesteld voor de onderbouwing ervan, de Werkgroep Onderbouwing Werkingscoëfficiënt (WOW).

1.2 Doel

De WOW heeft als opdracht de variatie in N-werkingscoëfficiënt (NWC) van organische mest (bandbreedte) aan te geven in relatie tot mestsoort, toedieningstijdstip, toedieningsmethode en grondgebruik (gras- en bouwland). Hierbij wordt zoveel mogelijk uitgegaan van de NWC's zoals weergegeven in de diverse Adviesbases (Anonymus, 2002; Van Dijk, 2003). Er zijn echter een aantal specifieke aandachtspunten die nadere aandacht behoeven en onderdeel uitmaken van deze studie:

➤ *Werking van weidemest*

Op dit moment wordt uitgegaan van een N-werking van 0%. De vraag is of dit nog steeds het geval is gezien de huidige/toekomstige lagere N-bemestingsniveaus?

➤ *Verschil in eerstejaarswerking organische N in dierlijke mest tussen grasland en bouwland*

In de Adviesbasis Grasland en Voedergewassen (Anonymus, 2002) wordt bij grasland uitgegaan van een lagere werking van de organische N van dierlijke mest dan bij bouwland. Dat lijkt tegenstrijdig vanwege het langere groeiseizoen van gras waardoor juist het omgekeerde wordt verwacht.

➤ *Inrekening langetermijn werking (nawerking)*

Meestal wordt alleen gerekend met de eerstejaars werking. Wel wordt bijvoorbeeld in de Adviesbasis Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt aangegeven dat bij herhaaldelijk gebruik van mest de NWC kan worden verhoogd. Ten behoeve van het nieuwe mestbeleid zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- Wat is het kwantitatieve effect van het meerekenen van de nawerking op de NWC van diverse mestsoorten?
- In hoeverre past inrekening van de nawerking in relatie tot de systematiek van het nieuwe mineralenbeleid en de grondslag van de N-adviezen van gras, maïs en akker- en tuinbouwgewassen.

➤ *Verdeling $N_m/N_e/N_r$*

In principe wordt uitgegaan van de verdeling zoals nu wordt gehanteerd in de diverse Adviesbases. Een tweetal vragen verdienen hierbij de aandacht:

- In kippenmest bevindt zich urinezuur. Dit wordt bij de mestanalyse meegenomen als Norg. Urinezuur breekt echter zeer snel af en kan eigenlijk worden gezien als N_m . Hierdoor wordt de NWC van kippenmest mogelijk onderschat.
- In hoeverre leidt vergisting/bewerking van mest tot een andere verhouding $N_m/N_e/N_r$?

1.3 Terminologie

De WOW hanteert in deze studie de termen opslagmest en weidemest. Onder opslagmest wordt verstaan alle organische mest die via tussenopslag (op of buiten het bedrijf) op het land wordt toegediend.

Weidemest betreft de depositie van urine en faeces door weidend vee op het land. Binnen opslagmest worden dunne mest, vaste mest (zowel dierlijk als plantaardig) en gier onderscheiden.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de principes waarop de NWC van organische mest is gebaseerd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de onderbouwing gegeven van de uitgangspunten bij de berekening van de NWC van opslagmest. Het resultaat, de bandbreedte van de NWC van opslagmest, wordt gepresenteerd in hoofdstuk 4. De NWC van weidemest wordt behandeld in hoofdstuk 5. Het rapport wordt afgesloten met een discussie (hoofdstuk 6), de meest relevante conclusies (hoofdstuk 7) en een aantal onderzoeksaanbevelingen (hoofdstuk 8).

2 Algemene principes werkingscoëfficiënt organische mest

2.1 Definitie NWC organische mest

De N-werking van organische mest wordt uitgedrukt door middel van een werkingscoëfficiënt (NWC). Deze geeft aan welk deel van de totale hoeveelheid stikstof in organische mest dezelfde werking heeft als de stikstof uit kunstmest.

De oorzaak van de lagere N-efficiëntie van organische mest in vergelijking met kunstmest ligt in de samenstelling van de mest. Stikstof komt in twee vormen voor in dierlijke mest, een minerale fractie (Nm) en een organische fractie (Norg). De minerale fractie bestaat uit ammonium waarvan een deel, afhankelijk van toedieningstechniek, vervluchtigt bij toediening. Dit deels onvermijdelijke verlies verlaagt de effectiviteit in vergelijking met kunstmest. Van de minerale fractie die na vervluchtiging overblijft, mag verwacht worden dat gewassen daar net zo op reageren als op stikstof uit kunstmest. Het organische deel moet echter eerst worden omgezet in minerale stikstof voordat planten het kunnen opnemen. Doordat niet alle organische mest gedurende een groeiperiode mineraliseert ontstaat de lagere effectiviteit. Hoe langer de periode dat een gewas stikstof op kan nemen, hoe hoger de N-werking van dierlijke mest.

Voor de stikstofwerking zijn dus een aantal factoren van belang:

- de samenstelling van de mest
- de eigenschappen van de organische stikstof
- het moment waarop de mest wordt toegediend
- de toedieningstechniek
- de periode waarin een gewas stikstof opneemt

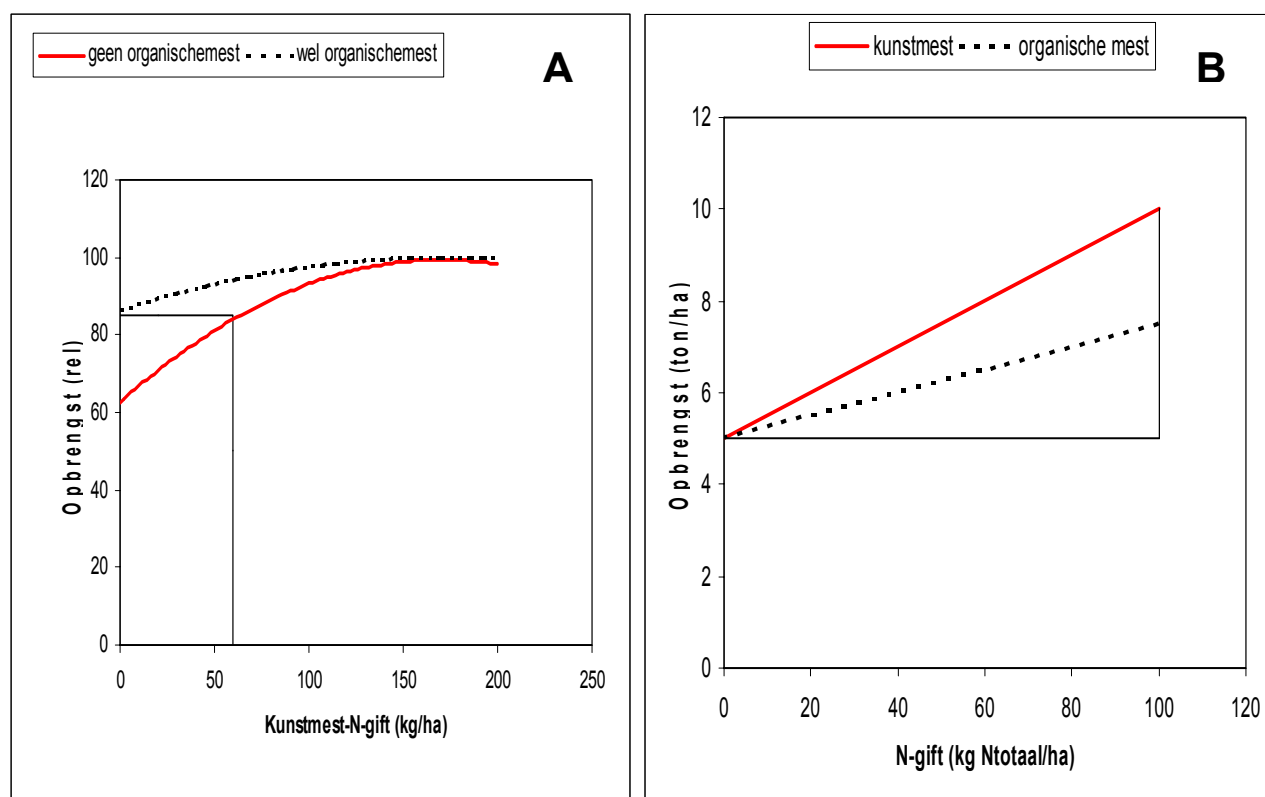
2.2 Bepaling NWC

2.2.1 Empirisch

De NWC kan op een aantal manieren worden bepaald. Een eerste mogelijkheid is de NWC empirisch vast te stellen via veldproeven. Hierbij wordt in veel gevallen de opbrengst van een object met en zonder organische mest met elkaar vergeleken. Dit kan op een aantal manieren. Eén methode is dat een reeks van kunstmest-N-trappen zonder en met organische mest wordt aangelegd. In figuur 1A is dit schematisch weergegeven. De N-gift waarbij het object zonder mest dezelfde opbrengst bereikt als de opbrengst van het mestobject bij de nultrap (geen kunstmest-N) geeft de werking van de mest. Door deze vervolgens te delen door de totale N-aanvoer met mest wordt de NWC verkregen. Een andere methode is de aanleg van drie objecten: onbemest, bemest met kunstmest en bemest met organische mest (figuur 1B). Voor beide bemeste objecten wordt de opbrengstverhoging per kg toegediende N ten opzichte van het onbemeste veld vastgesteld. De NWC wordt vervolgens berekend door het effect per kg N van organische mest te delen door het effect per kg N van kunstmest. De NWC bij mesttoediening op grasland, zoals weergegeven in de Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen (Anonymus, 2002), is op deze manier bepaald. Bij de opzet van dergelijke proeven moet op een aantal zaken worden gelet (Schröder, 2004). Met organische mest worden ook andere nutriënten (o.a. P en K) dan N toegediend. Als hiervoor in de kunstmestobjecten niet wordt gecompenseerd kan de NWC, afhankelijk van de gewasrespons op deze elementen, worden overschat. Bij grasland kan zich in de onbemeste cq. laag bemeste objecten relatief meer klaver ontwikkelen dan in de hoger bemeste objecten. Dit leidt tot een zwakkere N-respons en dientengevolge tot een onderschatting van de NWC (geldt vooral voor de methode zoals geschetst in figuur 1A). Bij de graslandproeven is dit ondervangen door de klaver dood te spuiten.

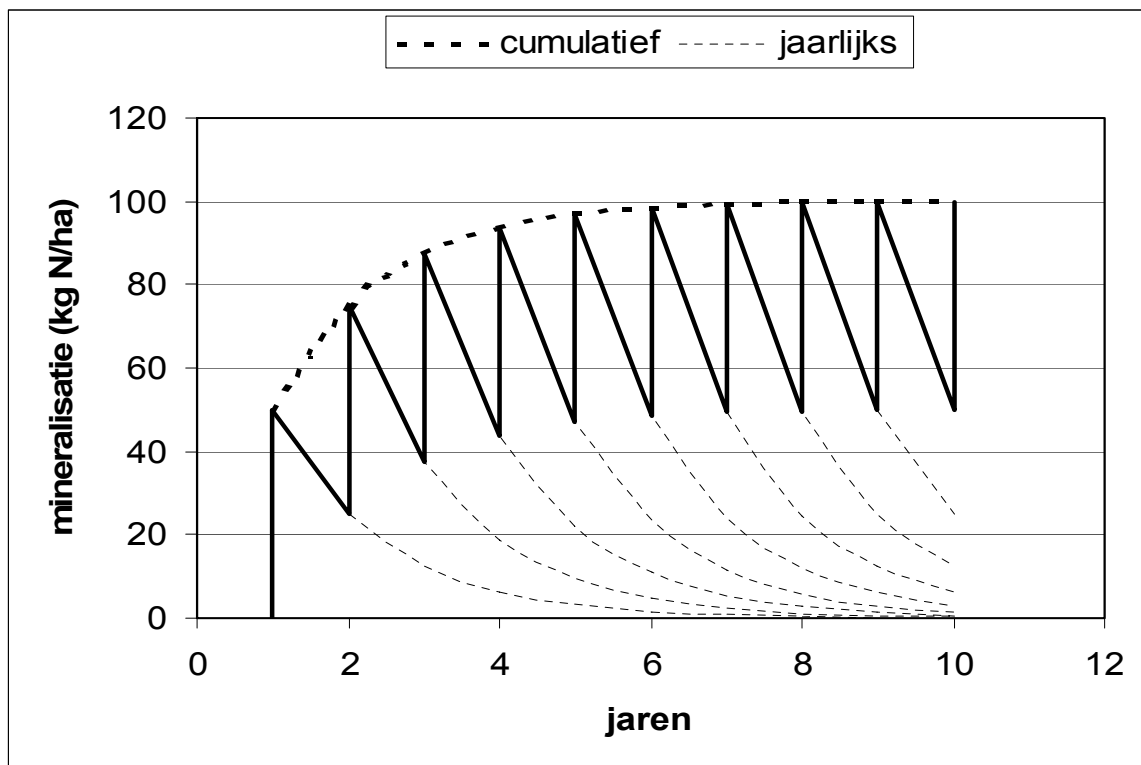
De vergelijking kan plaatsvinden op basis van fysieke opbrengst, financiële opbrengst of N-opbrengst. Meestal wordt één van de eerste twee parameters gebruikt omdat hiermee het beste de landbouwkundige waarde van de mest kan worden bepaald.

Bij gebruik van organische mest kan er ook sprake zijn van niet-N-effecten. Deze kunnen zowel positief als negatief zijn. Positieve effecten kunnen voortvloeien uit het feit dat met organische mest ook andere nutriënten dan N worden aangevoerd (zoals P, K, Mg, sporelementen). Zoals hierboven al aangegeven, dient hiervoor te worden gecompenseerd in de kunstmestobjecten. Ook wordt met mest organische stof aangevoerd. Gezien de toegestane mestgiften zullen eventueel hiermee gepaard gaande opbrengsteffecten naar verwachting zeer beperkt zijn. Negatieve effecten kunnen een gevolg zijn van bodemstructuurschade door berijding met relatief zware machines bij mesttoediening. Afhankelijk van het meeoogsten van de rijsporen zit deze wel of niet verdisconteerd in de NWC. Bij veel graslandproeven worden de rijsporen als gevolg van mesttoediening niet geoogst. Bij bouwland is dit meestal wel het geval. Naast rijspoorschade kan er bij toediening in een bestaand gewas tevens sprake zijn van directe gewasschade door verbranding of schade aangebracht door de injectie-elementen.



Figuur 1. **Schematische weergave bepaling werking organische mest.**

Met de hierboven geschetste aanpak kan alleen de eerstejaars werking worden bepaald. Lange termijn effecten (nawerking) worden niet meegenomen. Dit komt omdat proeven vaak maar één of enkele jaren op een bepaalde plaats liggen terwijl de nawerking pas in de jaren daarna zichtbaar wordt. Dit is geïllustreerd in figuur 2. In het eerste jaar mineraliseert slechts een fractie van de toegediende organische N. In het tweede jaar is de totale mineralisatie hoger (bovenste onderbroken lijn in figuur 2) omdat ook nog een deel van toegediende organische N in het eerste jaar mineraliseert (zie onderste meest linker onderbroken lijn). In het derde jaar is de totale mineralisatie weer hoger door nawerking van de mest die in de twee jaren daarvoor is toegediend. Na verloop van de tijd zal zich een evenwicht instellen. Het vaststellen van de nawerking vereist dus langjarige proeven (zie verder paragraaf 3.2.2).



Figuur 2. Schematische weergave van de cumulatieve N-mineralisatie (kg N per ha per jaar) als gevolg van jaarlijkse toediening van organische mest (Schröder, 2004). Per toedieningsjaar is tevens het verloop van de jaarmineralisatie weergegeven in de tijd (lijnen 'jaarlijks').

2.2.2 Modelmatig

Bij bouwland is een modelmatige insteek gekozen. De reden hiervoor was dat er bij bouwland minder proefmateriaal beschikbaar was dan bij grasland. Bij de berekening van w_c wordt eerst de afzonderlijke NWC's berekend van de minerale fractie (NWC_m) en de organische fractie (NWC_{org}). De NWC van de totale N wordt dan berekend volgens:

$$NWC = ((NWC_m \cdot N_m + NWC_{org} \cdot N_{org}) / N_{totaal}) \cdot 100$$

De werking van beide fracties wordt berekend met behulp van de rekenregels van Lammers (1984), die zijn opgesteld in samenwerking met een aantal andere personen, waarvan hier Rijtema (toenmalig ICW) en Kolenbrander (toenmalig IB) worden genoemd. Het principe waarop de rekenregels stoelde was als volgt:

- Bij voorjaarstoediening is de N_m vergelijkbaar met kunstmest, alleen moet de vervluchtiging van ammoniak bij de toediening hiervan worden afgetrokken. De emissiepercentages, die afhangen van toedieningstechniek, zijn empirisch vastgesteld (zie hoofdstuk 3.1).
- De organische fractie bestaat uit N_e en N_r , waarvan N_e in de eerste twaalf maanden na toediening mineraliseert en de fractie N_r in de jaren daarna.
- De mineralisatie van N_e en N_r wordt berekend met een model en hangt af van mestsoort. De uiteindelijke werking van de gemineraliseerde N is weer afhankelijk van toedieningstijdstip en de periode waarin een gewas N opneemt.
- Bij toediening in het najaar moet ook rekening worden gehouden met de verliezen door uitspoeling en denitrificatie in de winter, ook van de stikstof die mineraliseert. Voor uitspoeling worden vaste percentages aangenomen voor de maanden oktober-maart, die verschillen voor zand en klei. Voor denitrificatie wordt een vast percentage aangenomen voor de gehele periode oktober-maart, die eveneens verschillen voor zand en klei.

Op basis van deze principes kan worden berekend welke fractie van de totale stikstof uit mest beschikbaar is voor gewasopname in de periode na het toedienen.

De benadering van Lammers heeft de grondslag gelegd voor het afstemmen van bemesting op de stikstofbehoefte van gewassen en op het voorkomen van stikstofuitspoeling. De hedendaagse regels voor het gebruik van dierlijke mest op bouwland vinden daarin hun oorsprong.

3 Werking opslagmest

3.1 Werking Nm

Zoals al aangegeven in hoofdstuk 2, wordt de werking van de Nm in belangrijke mate bepaald door de ammoniakemissie bij mesttoediening en verliezen die optreden na toediening. Op beide wordt in deze paragraaf nader ingegaan. Het accent ligt hierbij op de ammoniakemissie omdat met uitzondering van kleibouwland de mest in het voorjaar wordt toegediend en in dat geval enkel de ammoniakemissie de werking van de Nm bepaalt.

3.1.1 Ammoniakemissie

Toegepaste technieken en regelgeving

De ammoniakemissie is sterk afhankelijk van de toedieningstechniek. Het Besluit Gebruik Meststoffen (BGM, voorheen BGDM: Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen) bevat een aantal algemene criteria waaraan toegestane technieken voor mesttoediening moeten voldoen.

Op *grasland* dienen dunne mest en gier tegelijkertijd met het uitrijden in of op de grond te worden gebracht. Het in de grond brengen moet gebeuren in sleufjes. Het op de grond brengen moet gebeuren in strookjes tussen het gras, waarbij het gras van tevoren dient te worden opgelicht of zijdelings weggedrukt. In de huidige praktijk wordt de mest hoofdzakelijk toegediend via zoden-, sleufkouter- en sleepvoetbemesting, waarbij met een zodenbemester de mest in sleufjes in de grond wordt gebracht en met een sleepvoetenmachine de mest in strookjes op de grond wordt toegediend. Een sleufkoutermachine werkt zoals een zodenbemester of sleepvoetenmachine, afhankelijk van de bodemomstandigheden, mestgift, techniekuitvoering of instelling. In de Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen (Anonymus, 2002) wordt bij sleepvoetbemesting onderscheid gemaakt tussen giften lager en hoger dan 12 m³ per ha. Dit werd destijds gedaan op basis van een enkele vergelijkingsproef. In de voorliggende studie wordt dit onderscheid niet meer gemaakt, omdat uitgegaan wordt van de actuele totaalanalyse van alle gegevens over factoren die van invloed zijn op de ammoniakemissie. Hierbij komt het genoemde onderscheid niet naar voren.

Diepe injectie, zoals vermeld in de Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen wordt niet meer toegepast en wordt in deze studie daarom niet meegenomen. Dat laatste geldt ook voor de uitrijd-technieken inregen, verregen en aanzuren omdat ze niet expliciet erkend zijn als emissiearme technieken.

Op *bouwland* dient dunne mest en gier tegelijk met het uitrijden in de grond te worden gebracht in sleufjes, of in maximaal twee direct opeenvolgende werkgangen uitgereden en ondergewerkt te worden, zodat mest intensief met de grond wordt vermengd en niet meer zichtbaar op het oppervlak ligt. Randvoorwaarde is dat op de betreffende percelen altijd ofwel zichtbaar een uitrijdactiviteit plaatsvindt, ofwel zichtbaar een onderwerkactiviteit plaatsvindt.

De gebruikte methoden in de huidige praktijk zijn op dit moment injectie en oppervlakkig inwerken (onbeteeld land) of zode/sleufkouterbemesting (beteeld land, vooral tarwe). Bij het oppervlakkig inwerken maakt de Adviesbasis onderscheid tussen onderwerken met een aangedreven werktuig en een cultivator. Dit werd destijds gedaan op basis van een enkele vergelijkingsproef. In de voorliggende studie wordt dit onderscheid niet meer gemaakt omdat uitgegaan wordt van de actuele totaalanalyse van alle gegevens over factoren die van invloed zijn op de ammoniakemissie. Hierbij komt onderscheid tussen een aangedreven werktuig en een cultivator niet naar voren, maar wel oppervlakkig inwerken (aangedreven werktuigen, cultivatoren) en diep inwerken (injecteur, ploeg).

Vaste mest mag op grasland oppervlakkig worden toegediend, maar dient op bouwland na oppervlakkige toediening ondergewerkt te worden.

Emissiepercentages

Dunne mest

De op dit moment gehanteerde emissiepercentages zijn afgeleid van veldproeven met dunne mest uit de periode 1989-1998 (Huijsmans, 2003). Deze dataset is gebruikt om vast te stellen welke factoren van invloed zijn op de ammoniakemissie bij het toedienen en onderwerken van mest met verschillende technieken. De veldproeven zijn uitgevoerd op verschillende tijdstippen in het jaar en op verschillende proefvelden, teneinde een goed beeld te krijgen van de invloed van bodem- en weersomstandigheden. Onderzochte factoren waren de toedieningstechniek, de mestsamenstelling en de weer- en veldomstandigheden. De gemeten ammoniakemissies bij verschillende technieken van toedienen en onderwerken werden vergeleken met de emissie bij het toen nog gebruikelijke bovengronds breedwerpig verspreiden van de mest. Voor zowel gras- en bouwland staan de belangrijkste resultaten samengevat in tabel 1.

Op *grasland* werd bij zoden- en sleepvoetbemesting een gemiddelde emissie gevonden van resp. 6 en 20% van de in de mest aanwezige ammoniakale stikstof. Bij het bovengronds breedwerpig mest verspreiden was de ammoniakemissie gemiddeld 77% (Huijsmans *et al.*, 2001). Bij de berekening van de wc is in deze studie uitgegaan van een emissie van 5 en 20% bij resp. zoden- en sleepvoetbemesting.

In de praktijk wordt ook de sleufkoutermachine gebruikt. Deze techniek is niet expliciet meegenomen in het onderzoek destijds. In de praktijk is het onderscheid tussen het werkresultaat van een zodenbemester en sleufkouter of tussen sleepvoeten en sleufkouter vaak moeilijk te maken; de emissiefactor is afhankelijk van de resultante van het werkresultaat en dit is weer afhankelijk van de afstelling en/of bodemcondities. Een sleufkoutermachine kan het werkresultaat geven van een zodenbemester of een sleepvoetenmachine. In tabel 1 is daarom als emissiepercentage bij de sleufkouter het gemiddelde genomen van de gemeten emissies bij zoden- en sleepvoetenbemesting. In deze studie wordt de sleufkoutermachine buiten beschouwing gelaten.

Tabel 1. **Ammoniakemissie, percentage mestgift ammoniakale stikstof (% $\text{NH}_4\text{-N}$), bij verschillende methoden voor de toediening van dierlijke mest op gras- en bouwland (naar Huijsmans, 2003). Tussen haakjes wordt de spreiding in de gemeten emissies weergegeven.**

Grasland			Bouwland		
Techniek	Emissie [% $\text{NH}_4\text{-N}$]		Techniek	Emissie [% $\text{NH}_4\text{-N}$]	
Breedwerpig	77	(27-98)	Breedwerpig	68	(34-100)
Sleepvoeten	20	(8-50)	Oppervlakkig inwerken	17	(3-49)
Sleufkouter ¹	13		Injectie	2	(0-5)
Zodenbemesting	6	(1-25)			

¹. emissiepercentage bij de sleufkouter is berekend uit gemiddelde gemeten emissies bij zodenbemesting en sleepvoeten.

Op *onbeteeld bouwland* bedroeg de gemiddelde emissie bij diep en oppervlakkig onderwerken resp. 2 en 17% van de ammoniakale stikstof (Huijsmans *et al.*, 2003). Hierbij is uitgegaan van direct onderwerken na toediening. Bij meer tijd tussen het toedienen en onderwerken van mest neemt de emissie toe, omdat gedurende deze tijd een deel van de ammoniak uit de toegediende mest vervluchtigt. Een simulatiemodel werd ontwikkeld om de invloed van de tijd tussen het toedienen en onderwerken bij verschillende werkmethodes op de resulterende ammoniakemissie te berekenen. Het onderwerken met een ploeg (diep inwerken) gaf niet altijd een lagere emissie dan het inwerken met een cultivator (oppervlakkig inwerken) (Huijsmans & De Mol, 1999). In de onderhavige studie is bij onbeteeld bouwland onderscheid gemaakt tussen injectie en oppervlakkig inwerken. De gehanteerde emissiepercentages zijn resp. 5 en 20% van de $\text{NH}_4\text{-N}$.

De laatste jaren is er toenemende belangstelling van mesttoediening op *beteeld bouwland* in het bijzonder tarwe. In een eenjarig onderzoek (2002) zijn metingen van de opbrengst en van de ammoniakemissie uitgevoerd bij mesttoediening in wintertarwe in het voorjaar met een zodenbemester (en sleufkouter en inwerken met onkruidreg). Bij de opbrengstproeven werd geconstateerd dat een veronderstelde werking van

de Nm-fractie van 90% niet gehaald werd (Dekker & Paauw, 2002). Bij de emissiemetingen werd een gemiddelde ammoniakemissie van circa 30% gevonden (Huijsmans *et al.*, 2002). Met dit percentage is ook in deze studie gewerkt.

Vaste mest

Over de emissies bij het bovengronds breedwerpig uitrijden van vaste mest zijn weinig gegevens beschikbaar. Voor grasland wordt er soms vanuit gegaan dat uit de vaste mest alle ammoniakale stikstof vervluchtigt (emissie 100%) of dat de emissie gelijkwaardig is aan die van bovengronds toegediende dunne mest. Voor bouwland wordt bij direct onderwerken een reductie aangehouden van 75% t.o.v. bovengronds breedwerpig uitrijden van dunne mest. Dit komt overeen met een emissie van 17%, vergelijkbaar met oppervlakkig inwerken van dunne mest. Analooq aan dunne mest wordt hier uitgegaan van een emissiepercentage van 20%.

Variatie ammoniakemissie

Uit tabel 1 blijkt dat de variatie in ammoniakemissie bij een bepaalde toedienings- of inwerktechniek zeer groot kan zijn. Dit komt doordat de emissie door diverse andere factoren wordt beïnvloed. De emissie nam toe bij een verhoging van het gehalte aan ammoniakale stikstof in de mest, de mestgift, de windsnelheid, de zonnestraling en de luchttemperatuur. De emissie nam daarentegen af bij een verhoging van de relatieve luchtvochtigheid. Welke factoren de emissie beïnvloeden verschilden per toedieningstechniek. Bij grasland is ook de grashoogte van invloed op de emissie bij de mesttoediening met een sleepvoetenmachine.

3.1.2 Nm-verliezen na toediening

De werking van de Nm die overblijft na ammoniakemissie wordt bepaald door *extra* verliezen die optreden na toediening in vergelijking met in het *voorjaar* toegediende kunstmeststikstof. Deze worden sterk bepaald door het toedieningstijdstip. In deze studie worden hiervoor de regels van Lammers (1984) gebruikt. Concreet betekent dit dat, bij herfst- en voorjaarstoediening wordt uitgegaan van een werking van resp. 15 en 100% van de Nm die overblijft na aftrek van de ammoniakemissie. Bij voorjaarstoediening wordt aan de Nm dus dezelfde werking toegekend als aan kunstmest. Er is geen rekening gehouden met eventuele extra denitrificatieverliezen door de aanwezigheid van snel afbreekbare organische stof in de mest (Guenzi *et al.*, 1978; Velthof *et al.*, 1997).

3.2 Werking Norg

3.2.1 Eerstejaarswerking

Bij de werking van de Norg wordt doorgaans uitgegaan van de eerstejaarswerking, d.w.z. de hoeveelheid N die in het eerste twaalf maanden na toediening beschikbaar komt voor het gewas. In tabel 2 is de werking van de Norg weergegeven voor resp. gras- en bouwland zoals die nu in de diverse Adviesbases staat. Een aantal zaken valt hierbij op. Bij dunne rundvee- en varkensmest is de werking bij gras lager dan bij bouwland, terwijl gezien het langere groeiseizoen van gras juist het omgekeerde was verwacht. Bij dunne kippenmest is dit juist wel het geval. Verder wordt er bij grasland geen onderscheid gemaakt tussen dunne rundvee- en varkensmest terwijl dit bij bouwland wel wordt gedaan. Bij bouwland is er daarentegen geen onderscheid gemaakt tussen dunne varkens- en kippenmest. In deze paragraaf wordt nagegaan welke veronderstellingen ten grondslag liggen aan deze verschillen.

Tabel 2. **Werkking van de Norg-fractie (%) in dunne mest op gras- en bouwland in geval van voorjaarstoediening (Bron: Anonymus, 2002).**

	Rundveemest	Varkensmest	Kippenmest ¹
Grasland (cumulatief over snedes)	24	24	56
Bouwland	30	45	45

1. Wordt hier wel genoemd maar wordt in de praktijk vrijwel niet meer gebruikt

Werking Norg bouwland

De werking van de Norg bij bouwland is niet gebaseerd op veldproeven maar op modelberekeningen (Lammers, 1984). Hierbij is gebruik gemaakt van een model van Rijtema waarin per maand de mineralisatie van de Ne is berekend in relatie tot toedieningstijdstip. Er is onderscheid gemaakt tussen rundermest enerzijds en varkens/kippenmest anderzijds. Op basis van verhouding Ne/Nr (1:1 bij rundermest en 2:1 bij varkens/kippenmest) kan dan de mineralisatie van de Norg worden uitgerekend per maand. Voor bouwland is vervolgens uitgegaan van toediening op 1 april en actieve N-opname door het gewas tot 1 augustus (o.a. maïs en aardappel). De stikstof die in die periode vrijkomt uit de Norg wordt even werkzaam verondersteld als kunstmest. Bij een korter of langer groeiseizoen is de werking resp. lager en hoger (tabel 3).

Tabel 3. **Werking van de Norg-fractie (%) op bouwland in relatie tot lengte van het groeiseizoen bij toediening op 1 april (berekend volgens Lammers (1984)).**

	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
Rundveemest	12	21	29	36	40
Varkens/kippenmest	20	33	45	54	59

Werking Norg grasland

De NWC voor verschillende toedieningsmethoden op grasland en de verdeling over de sneden en Nm/Norg in de Adviesbasis is overgenomen uit een rapport van Noij & Westhoek (1992). Omdat tegenwoordig zodebemesting de meest gebruikte toedieningsmethode is, is als voorbeeld de afleiding van de NWC voor dunne rundveemest bij deze toedieningsmethode hieronder uitgewerkt. In tabel 4 is de NWC van dunne rundveemest vermeld verdeeld over de sneden zoals weergegeven in de Adviesbasis (Anonymus, 2002).

Tabel 4. **Werking van de Nm- en Norg-fractie (%) in dunne rundermest bij zodenbemesting (toediening vóór eerste snede) bij grasland verdeeld over de sneden (Bron: Anonymus, 2002).**

	Snede				Totaal
	1	2	3	4	
Nm	56	12	4	4	76
Norg	4	8	6	6	24

Afleiding NWC zodenbemesting

Op basis van een aantal zodebemestingsproeven is in het bovengenoemde rapport een gemiddelde NWC van 50% van de Ntotaal vastgesteld (gemiddelde van alle proeven bedroeg 48%). Op het moment van het schrijven van het rapport waren de meeste van deze proeven niet gerapporteerd maar is uitgegaan van ongepubliceerde data. Van 5 proeven, die ieder 2 of 3 jaar duurden, is de basisrapportage later afgerond (Schreuder *et al.*, 1995). In totaal zijn er 14 individuele proefresultaten bekend. De NWC's van deze proeven varieerden van 9 tot 88%. Voor deze grote variatie wordt in het rapport een aantal mogelijke oorzaken genoemd zoals variatie in ammoniakemissie en verschillen in meetbaarheid veroorzaakt door verschillen in N-respons van het gewas (o.a. verschillen in N-leverend vermogen en groeiomstandigheden). Bij een zwakke respons is de bepaling van de NWC gevoeliger voor variatie in gemeten opbrengsten omdat de responscurves vlakker lopen (zie figuur 1). Tenslotte kan ook de variatie in Nm:Norg-verhouding een rol hebben gespeeld. Gemiddeld bedroeg deze 48:52 en varieerde tussen 34:66 en 58:42. Er is echter niet nagegaan in hoeverre de variatie terug te voeren is naar de genoemde factoren.

Uit de resultaten van de 5 proeven is eveneens de verdeling van de werking over de sneden afgeleid. Er is uitgegaan van een (afgeronde) verdeling over 4 sneden na toediening van 30% - 10% - 5% - 5% van Ntotaal. Voor de verdeling over Norg en Nm zijn een aantal aannames gedaan. Ten eerste is gesteld dat alle Nm, die niet emitteert als NH₃, te vergelijken is met kunstmest en volledig tot werking komt. Er is uitgegaan van een emissie van 5% van Nm dus een werking van 95% (zie ook tabel 1).

De werking van Norg is gebaseerd op literatuur, waaronder Lammers (1984), waarop ook de werking op bouwland gebaseerd is, en van Faassen & van Dijk (1987). De bronnen staan vermeld in tabel 5. Op basis van Lammers zou de werking van de Norg uit rundermest 43,5% bedragen, voor varkens- en kippenmest 60%, maar de andere geraadpleegde bronnen geven een lagere werking. Noij & Westhoek (1992) hebben dit afgerond naar 30% werking van Norg voor runder- en varkensmest en 70% voor kippenmest.

Tabel 5. **Werkzame deel van de organische stikstof (% van Norg) in dierlijke mest volgens diverse referenties (overgenomen uit Noij & Westhoek, 1992).**

Referentie	Mestsoort			Periode
	Rundvee	Varkens	Kippen	
Lammers, 1984	43,5	60	60	7 maanden
Van Faassen & Van Dijk, 1987	15-40	30-40	70-100	0,5 jaar
Amsberger <i>et al.</i> , 1982	27	17	22	40 weken
Chae & Tabatabai, 1986	13		67	0,5 jaar
Bitzer & Sims, 1988			60	?
Chescheir <i>et al.</i> , 1986		0 - 64		

Voor de verdeling van de werking over Nm en Norg zijn de werking van de Norg en de resultaten uit de veldproeven vergeleken. Als de werking van Nm en Norg opgeteld wordt, uitgaande van een verhouding Nm:Norg van 50:50 in dunne rundveemest, dan zou de werking over Ntot op $30\% \cdot 50\% + 95\% \cdot 50\% = 62,5\%$ moeten worden gesteld. Dit strookt echter niet met de 50% die in de proeven gehaald werd. Daarom is de werking voor beide vormen (Nm en Norg) naar beneden gecorrigeerd met $50/62,5 = 0,8$. De werking van Nm wordt dan $95\% \cdot 0,8 = 76\%$ en de werking van Norg wordt dan $30\% \cdot 0,8 = 24\%$ voor het hele jaar. Hiermee wordt de veronderstelling dat niet-geëmitteerde Nm werkt als kunstmest door Noij & Westhoek losgelaten.

Voor de Norg is verondersteld dat de omzetting regelmatig over het jaar verloopt. Over vier sneden betekent dat 6 – 6 – 6 – 6%. Bij zodebemesting voor de eerste snede wordt echter uitgegaan van een tragere start en is de verdeling verondersteld 4 – 8 – 6 – 6% te zijn.

Uitgaande van de verdeling van Nmin: Norg van 50: 50, een verdeling van de werking Ntotaal over de sneden van 30 – 10 – 5 – 5% en een aandeel van Norg aan de Ntotaal werking van 2 – 4 – 3 – 3%, blijft voor Nm een bijdrage over van 28 – 6 – 2 – 2% aan de Ntotaal werking. De werking van Nm wordt dan 56 – 12 – 4 – 4% van aanwezige Nm en van Norg 4 – 8 – 6 – 6% van aanwezige Norg.

Afleiding NWC overige toedieningsmethoden

Voor de N-werking bij toedieningsmethoden waar (nog) geen resultaten van de N-werking in veldproeven maar wel NH₃-emissie metingen beschikbaar waren (zoals de sleepvoetenmachine), is uitgegaan van een omgekeerde redenering. De werking van Norg en niet-geëmitteerde Nm is verondersteld gelijk te zijn aan die bij zodebemesting maar met een evenredige verdeling over het seizoen van de werking van Norg, ook voor de eerste snede. Noij & Westhoek (1992) zijn bij gebruik van een sleepvoetenmachine uitgegaan van een emissie van 17,5% van NH₃-N bij < 12 m³ per ha en een emissie van 27,5% bij > 12 m³ per ha. In onderhavige studie is de wc bij sleepvoetbemesting opnieuw uitgerekend uitgaande van een gemiddelde emissie van 20%.

Afleiding NWC andere mestsoorten

De NWC voor Norg en Nm van dunne varkensmest zijn door Noij & Westhoek (1992) gelijk verondersteld aan die van dunne rundveemest (Noij & Westhoek, 1992). Voor dunne kippenmest is, zoals eerder aangegeven, uitgegaan van een hogere werking waarop dezelfde correctie van 0,8 (zie hierboven) is toegepast.

Verschil wc bouwland en grasland

De NWC van Ntot in organische mest op grasland is gebaseerd op resultaten van veldproeven met dunne rundveemest, de verdeling van de werking over sneden en Nm - Norg zijn gebaseerd op berekeningen. De NWC voor bouwland is gebaseerd op modelberekeningen waarin een hogere werking voor Norg verondersteld wordt dan op grasland. Voor gras- en bouwland zijn dus verschillende aannames gedaan voor de afbraak van organische N in de mest.

3.2.2 Nawerking

Bij de werking van de Norg van organische mest wordt meestal alleen de eerstejaarswerking (Ne) meegeteld. De Nr komt geleidelijker vrij en wordt in veel gevallen niet meegerekend. In de Adviesbasis voor

de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk, 2003) wordt echter aangegeven dat bij herhaaldelijk gebruik van organische mest de NWC kan worden verhoogd door een deel van de Nr mee te tellen. In de Adviesbasis bemesting grasland en voedergrassen (Anonymus, 2002) wordt dit indirect ook gedaan bij maïs door onderscheid aan te brengen in situaties waarbij in het verleden veel of weinig organische mest wordt gebruikt.

In deze paragraaf wordt eerst ingegaan op de omvang van de werking van de Nr en vervolgens in hoeverre inrekening van de Nr past in de systematiek van het nieuwe mestbeleid en de grondslag van de N-adviezen.

Kwantificering nawerking

Modelmatig

De nawerking (Nr) kan modelmatig worden gekwantificeerd door ervan uit te gaan dat in een evenwichtssituatie, waarop de onderbouwing van het nieuwe mestbeleid is gebaseerd, de Nr op jaarbasis volledig vrijkomt. Hiervoor is het nodig de verdeling over Ne en Nr van een bepaalde mestsoort te kennen. Sluijsmans en Kolenbrander (1976) baseerden deze op een chemische analyse, nadat ze gevonden hadden dat er een goede relatie bestond tussen de hoeveelheid organische stof die van een aantal organische verbindingen overbleef na één jaar mineralisatie en de fractie organische stikstof die overbleef na hydrolyse van mest in H_2SO_4 . Van een aantal mestsoorten werd de op deze manier vastgestelde verdeling over Ne en Nr gegeven (tabel 6). Deze verdeling wordt grotendeels nog steeds gehanteerd (Beijer & Westhoek, 1996) m.u.v. dunne varkensmest.

Tabel 6. **Procentuele verdeling over Ne en Nr bij een aantal dierlijke mestsoorten (Naar: Sluijsmans & Kolenbrander (1976)). De getallen tussen haakjes bij dunne varkensmest worden gehanteerd in Beijer & Westhoek (1996).**

Mestsoort	Ne	Nr
Rundveestalmest	50	50
Dunne rundveemest	50	50
Dunne varkensmest	44 (67)	56 (33)
Dunne kippenmest	67	33
Dunne kalvermest	45	55
Kalvergier	50	50

Lammers (1983) hanteerde een meer modelmatige benadering. Hij ging uit van een verdeling van het organische deel van mest in drie fracties (A1, A2 en A3) (tabel 7). De fractie A1 is het makkelijkst afbreekbaar, fractie A3 het moeilijkst. De afbraak verloopt via een eerste orde reactie, met verschillende snelheidsconstanten voor A1 – A3: α_1 , α_2 en α_3 . De verdeling over fracties en de bijbehorende snelheidsconstanten zijn verschillend voor verschillende mestsoorten. Er is alleen onderscheid gemaakt tussen rundermest enerzijds en varkens/kippenmest anderzijds. Hoe bovengenoemde kengetallen zijn afgeleid wordt door Lammers (1984) niet aangegeven, maar waarschijnlijk zijn ze gebaseerd op experimentele gegevens van Kolenbrander (Groenendijk, persoonlijke mededeling).

Tabel 7. **Fracties van organische stof in mest en bijbehorende afbraakconstanten (Lammers, 1984).**

Fractie	Dunne rundveemest		Dunne Varkens/kippenmest	
	Aandeel (rel)	α (maand ⁻¹)	Aandeel (rel)	α (maand ⁻¹)
A1	0.62	0.0950	0.80	0.1300
A2	0.33	0.0080	0.17	0.0080
A3	0.05	0.0013	0.03	0.0013

Naast de zojuist genoemde eigenschappen van de organische mest is de mineralisatie mede afhankelijk van de temperatuur. Deze wordt beschreven door een exponentiële Arrhenius vergelijking die is gefit over een curve van de temperatuursafhankelijkheid van nitrificerende bacteriën. Er werd gerekend met een maandgemiddelde voor de bodemtemperatuur.

Op basis van bovenstaande is, afhankelijk van mestsoort en tijdstip van toedienen, maandelijks de fractie organische N berekend die in het eerste jaar na toediening mineraliseert. Op deze manier kan vervolgens

een verhouding Ne:Nr worden afgeleid. Deze bedroeg voor rundermest en varkens/kippenmest resp. 50:50 en 67:33. Voor runder- en kippenmest komt deze overeen met die van tabel 5, voor varkensmest is er sprake van een aanzienlijke afwijking.

Uitgaande van de zojuist genoemde verhoudingen Ne:Nr kan worden uitgerekend welke fractie van de Ne maandelijks in het eerste jaar na toediening mineraliseert. Lammers stelt dat in een evenwichtssituatie voor Nr dezelfde percentages kunnen worden aangehouden. De mineralisatie van de Nr kan dan worden berekend. Door hierover heen de correctiefactoren te leggen voor verliezen buiten het groeiseizoen (Lammers, 1984) kan de werking van de Nr worden uitgerekend. In tabel 8 is aangegeven voor een aantal veel gebruikte mestsoorten in hoeverre de NWC wordt verhoogd wanneer ook de Nr wordt meegenomen. Dit varieert van circa 10 tot 20%. Vooral bij mestsoorten met een hoog aandeel Norg (vaste kippenmesten) en mestsoorten met een hoog aandeel Nr in de Norg (rundermest) is de stijging het hoogst.

Tabel 8. **WC organische mest met en zonder inrekening Nr in een bouwlandsituatie (toediening 1 april en actieve N-opname tot 1 augustus) volgens Lammers (1984).**

Mestsoort	WC,Nm+Ne	WC,Nm+Ne+Nr
Dunne rundveemest	62	77
Dunne varkensmest	74	83
Dunne kippenmest	73	83
Leghennenmest	49	68
Slachtkuikenmest	52	70
Kippenstrooiselmest	63	75

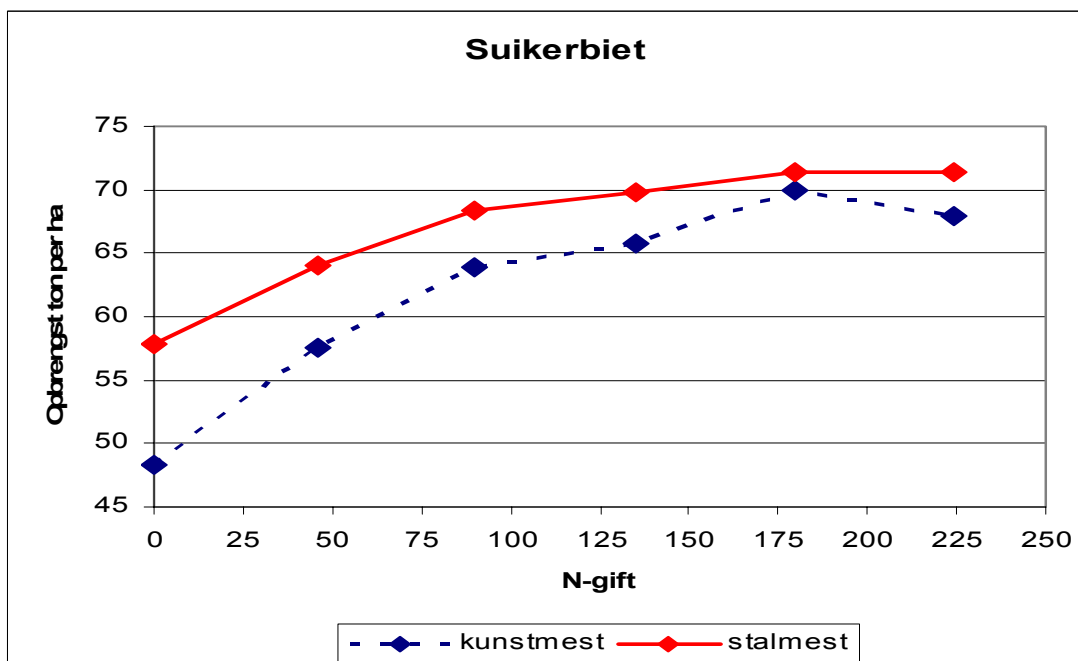
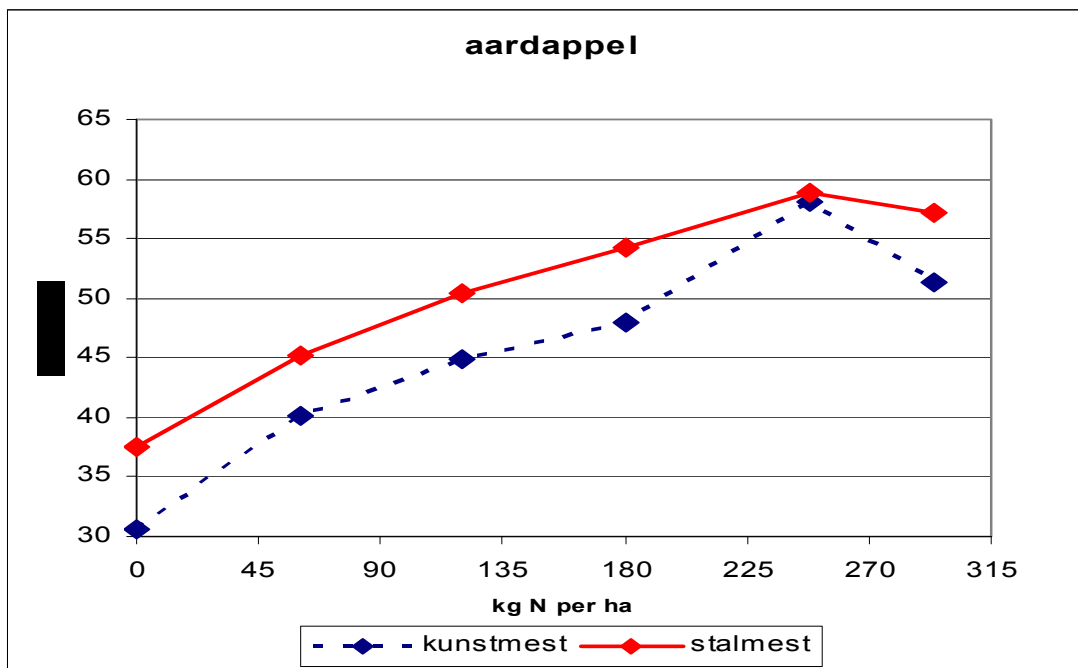
Resultaten empirisch onderzoek bouwland

Voor het bepalen van het evenwicht in veldproeven zijn gegevens van langjarige proeven nodig en die zijn schaars. Op de Marke heeft van 1997 tot 2002 een langjarige proef met maïs gelegen die jaarlijks werd bemest met dunne rundveemest (Schröder *et al.*, 2001; Schröder *et al.*, niet gepubliceerd). Van 1997 t/m 1999 zijn jaarlijks op dezelfde plaats drie bemestingsniveaus aangebracht, nl. 0, 30 en 60 ton dunne rundveemest per ha. In 2000 zijn de veldjes in drieën gesplitst die respectievelijk 0, 30 en 60 ton mest per ha kregen. In Tabel 9 staan de opbrengsten van de percelen die in 2000 geen mest kregen en daarvoor 0, 30 of 60 ton per jaar. Duidelijk is te zien dat de mestgiften in de periode 1997-1999 een nawerking geven in de daaropvolgende jaren.

Tabel 9. **Het effect van het stopzetten van de bemesting op maïs, die in voorgaande jaren met 0, 30 of 60 ton dunne rundveemest per ha was bemest (Bron Schröder *et al.*, 2001; Schröder *et al.*, ongepubliceerd).**

Mestgift in 1997-1999 (ton per ha)	Opbrengst (ton ds per ha)		
	2000	2001	2002
0	7.16	7.45	9.7
30	9.49	9.61	11.81
60	11.33	9.55	12.85

Tussen 1944 en 1992 heeft op de H.J. Lovinkhoeve in de Noordoostpolder een proef gelegen waarin kunstmestbemesting is vergeleken met rundveestalmest (IB 0010, ongepubliceerde gegevens). In deze proef werd het effect van rundveestalmest (om het jaar 20 ton per ha in het najaar) vergeleken met dat van kunstmest (NPK). Kunstmest werd gegeven in een trappenproef (ook in de veldjes die stalmest kregen). De opbrengsten en de stikstofgiften per trap over de jaren 1963-1992 (aardappel) en 1961-1989 (suikerbiet) zijn gemiddeld en de resultaten zijn weergegeven in figuur 3. De hoeveelheid stikstof die met stalmest werd gegeven was gemiddeld 110 kg per ha. De opbrengsten van de kunstmestproeven bij een gift van 45 kg waren gelijk aan die van stalmest zonder extra N-gift, dat gold voor zowel aardappel als suikerbiet. De NWC voor aardappel en suikerbiet was dus gelijk en bedroeg circa 40%. Aangenomen mag worden dat dit de NWC in de evenwichtssituatie is. Benadrukt moet worden dat het hier ging om najaarstoediening. Verwacht mag worden dat bij voorjaarstoediening de NWC in evenwichtssituatie hoger is omdat het mineralisatiepatroon dan beter overeenstemt met het N-opnamepatroon van gewassen.



Figuur 3. Het effect van langjarige toediening van rundveestalmest op de gemiddelde opbrengst van aardappelen (1963-1992) en suikerbieten (1961-1989) in relatie tot de kunstmestgift.

Snelheid instellen evenwicht

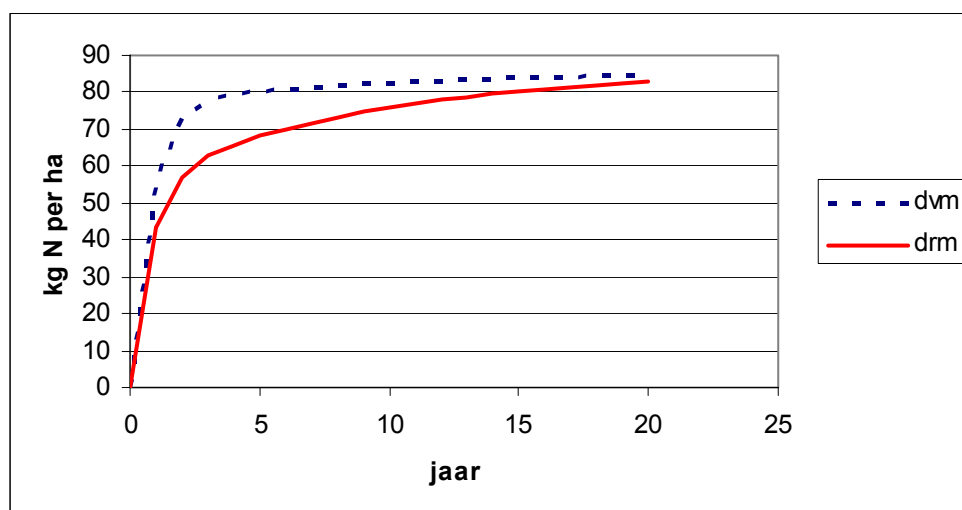
Bij een eventuele inrekening van de Nr in de NWC doet de vraag zich voor hoe snel een evenwicht zich instelt. Immers, pas vanaf dat moment kan de Nr volledig worden meegerekend. De snelheid van instellen van de evenwichtssituatie hangt af van de afbraaksnelheid van de organische stof. Dit is geïllustreerd in figuur 4, waarin de cumulatieve N-mineralisatie van organische N van dunne varkens- en rundveemest is weergegeven. Deze is berekend met het spreadsheetmodel XCLNCE (Zwart, 2002). Dit model geeft een vergelijkbare afbraak als het rekenmodel dat Lammers heeft gebruikt. Voor meer informatie over XCLNCE zie bijlage 4.

In figuur 4 is bij beide mestsoorten uitgegaan van een jaarlijkse gift van 90 kg Norg per ha (resp. 30 en 41 ton dunne varkens- en rundveemest per ha). In het eerste jaar komt 56 en 43 kg N (62 en 49%) vrij door mineralisatie, en uiteindelijk wordt bij beide mestsoorten een evenwichtsniveau van circa 85 kg N per ha (ruim 90%). Bij dunne rundveemest duurt het wel langer voordat het evenwicht wordt bereikt dan bij dunne varkensmest. De mineralisatie bij evenwicht is circa 30 en 40 kg N per ha hoger dan in het eerste jaar bij resp. dunne varkens- en rundveemest.

In de open teelt sectoren komt het vaak voor dat organische mest niet jaarlijks wordt toegediend.

Berekeningen met XCLNCE met dunne varkensmest laten zien dat bij een gift van 90 kg Norg per ha (30 ton per ha) om het jaar de extra bijdrage in het tweede jaar circa 15 kg N bedraagt. Wanneer dezelfde gift om de drie jaar wordt toegediend, is de extra bijdrage in het derde jaar nog circa 5 kg N per ha. Ook dan wordt het evenwicht betrekkelijk snel bereikt.

Benadrukt moet worden dat het in deze berekeningen gaat om totale hoeveelheid gemineraliseerde N op jaarbasis. Deze komt niet overeen met de werkzame N omdat een deel vrijkomt in een periode waarin er geen sprake is van actieve N-opname.



Figuur 4. **Cumulatieve N-mineralisatie (kg per ha) bij een jaarlijkse gift van 90 kg Norg per ha met dunne varkens- en rundveemest (resp. dvm en drm) (berekeningen uitgevoerd met XCLNCE).**

Verrekening van Nr in bemestingsadviezen en gebruiksnormen

Bij de onderbouwing van het nieuwe mestbeleid is uitgegaan van een evenwichtssituatie waarbij er jaarlijks of op bouwplanniveau evenveel organische N wordt toegevoegd als er door mineralisatie vrijkomt. In dat geval komt de Nr volledig vrij en is een deel werkzaam vanuit gewasproductie bezien.

Het bemestingsadvies gaat echter niet eenduidig om met de verrekening van de Nr. Bij *grasland* is het N-advies gebaseerd op de stikstoflevering van de bodem (NLV). Bij eventuele accumulatie van Nr bij herhaald gebruik van organische mest zal de NLV stijgen en het advies lager zijn. Op deze manier is de Nr min of meer verdisconteerd in de het N-advies en maakt de Adviesbasis terecht geen onderscheid tussen de korte en lange termijn werking van organische mest. De gebruiksnorm is echter gebaseerd op het N-advies bij een *gemiddelde* NLV per bodemsituatie die door de WOG is onderscheiden. Verandering van NLV door Nr leidt niet tot een andere gebruiksnorm. Afhankelijk van de hoogte van de gekozen gemiddelde NLV-klasse zal Nr in meer of mindere mate via advies zijn verdisconteerd in gebruiksnorm.

Het N-advies voor *maïs* maakt onderscheid tussen een situatie waarin 'veel' en 'weinig' organische mest wordt ingezet. In de eerste situatie is het advies 25 kg N per ha (180 in plaats van 205 kg N per ha minus N_{min}) lager als gevolg van nawerking van organische mest (Noij & Schröder, 1992). Dit verschil is niet empirisch bepaald maar modelmatig berekend met behulp van Lammers (1984). Hierbij is in de situatie met 'weinig' en 'veel' mest uitgegaan van een jaarlijkse mestgift van resp. 10 m³ dunne varkensmest en 45 m³

dunne rundveemest per ha. De laatste situatie werd representatief geacht voor de percelen waarop de proeven, waarop het advies is gebaseerd, hebben gelegen. De empirisch bepaalde 180 minus N_{min} is dus opgehoogd met een berekende nawerking van 25 kg N per ha om het advies voor de situatie met weinig mest af te leiden.

De Nr zit op deze manier al in het advies verwerkt. Extra inrekenen in de NWC zou, analoog aan gras, leiden tot een dubbeltelling. Wel moet worden opgemerkt dat het huidige onderscheid ('veel' en 'weinig') grof is en dat er meer rekening gehouden zou kunnen worden met perceels- en bedrijfsspecifieke omstandigheden. De gebruiksnorm voor snijmaïs is gebaseerd op de situatie met 'veel' mest waardoor de Nr erin is verrekend.

Bij *AT-gewassen* wordt in de advisering geen duidelijke rekening gehouden met eventuele kortingen bij langdurig mestgebruik. Wel wordt in een voetnoot van de adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen melding gemaakt van een vergrote werkzaamheid van organische mest bij langdurig gebruik. Echter, als AT-adviezen ontleend zijn aan proefvelden waarop, voorafgaand aan de proefneming, organische mest gebruikt is, dan is bij het vaststellen van de optimale N gift al impliciet rekening gehouden met (enige) werkzaamheid van Nr giften in het verleden. In dat geval zou letterlijke opvolging van de eerdergenoemde voetnoot tot enige dubbeltelling leiden en, onterecht, tot een verlaagde N-gift adviseren. In deze situatie zit Nr deels verdisconteerd in de gebruiksnorm. Bij adviezen die ontleend zijn aan proefvelden waarop in het voorafgaande verleden geen of nauwelijks organische mest gebruik is, zou veronachtzaming van de voetnoot even wel leiden tot advisering van een onnodig hoge N-gift.

Bij het vaststellen van de gebruiksnormen is vertrokken vanuit de eerstejaars werkzaamheid van organische meststoffen. In scenario's waarin 'volgens advies' bemest is, is daarom uitgegaan van de werkzame N op basis van deze eerstejaars werking. Zoals hierboven aangegeven is de Nr via de bemestingsadviezen wel deels verdisconteerd in de gebruiksnorm. Bij het berekenen van de milieubelasting is echter wel rekening gehouden met de lange termijn bijdrage van Nr aan zowel de gewasopbrengst als de milieubelasting onder de noemer 'evenwichtssituatie'.

Het valt te overwegen bij vaststelling van toekomstige adviezen nadrukkelijker stil te staan bij de mate waarin de te berekenen optimale N gift al dan niet is beïnvloed is geworden door Nr bijdragen. Op die manier ontstaat meer uniformiteit tussen sectoren en gewassen en behoeft het advies als zodanig niet langer te verschillen in afhankelijkheid van een (toevallig) bemestingsverleden. De verfijning vindt dan niet op het niveau van het gewas plaats maar op het niveau van de te hanteren NWC van de mest. Overigens zou ook te overwegen zijn om de bijdrage van de depositie op vergelijkbare wijze uit de adviesgiften te verwijderen. Immers, adviezen zijn tot stand gekomen in de context van een zekere depositie ten tijde van de proef: wijzigt de depositie dan zou ook het advies eigenlijk telkens opnieuw moeten wijzigen.

3.3 Verhouding $N_m/N_e/N_r$

In onderhavige studie wordt voor onbewerkte organische mest uitgegaan van de mestsamenstelling (verhouding $N_m:N_{org}$) zoals vermeld in de beide Adviesbases (Anonymus, 2002, Van Dijk, 2003). Wel wordt hier nog stilgestaan bij een tweetal specifieke aspecten, nl. de verhouding tussen N-fracties in bewerkte mest en de waardering van urinezuur in kippenmesten.

3.3.1 Bewerkte mest

Mestbewerking heeft een effect op de NWC indien de verhouding $N_m-N_e-N_r$ wijzigt. N_m kan worden vastgesteld door analyse, maar de verschuiving in N_e-N_r niet (tenzij de hydrolyse-methode van Sluijsmans en Kolenbrander (1976) hiervoor gebruikt kan worden). Bij *mestscheiding* zal vooral de verhouding N_m en N_{org} wijzigen, terwijl binnen de N_{org} geen veranderingen zullen optreden. Bij *mestvergist* zal dit naar verwachting wel het geval zijn omdat er omzetting plaatsvindt van gemakkelijk afbreekbare organische stof in methaangas en CO_2 . Een deel van de organisch gebonden N komt op deze manier vrij als ammoniakale N (NH_4^+ of ammonium-stikstof). Het aandeel van de meer resistente fracties en daarmee het aandeel N_r in de N_{org} zal daardoor waarschijnlijk stijgen. Tijdens het vergistingsproces verdwijnt er geen N, doordat deze gesloten plaatsvindt. De potentiële vervluchtiging neemt wel toe door de verschuiving naar N_m .

Het is zeer lastig om uit algemene metingen van de meststoffenstelling (Nm:Norg) van mestpartijen van verschillende oorsprong conclusies te trekken. De variatie in N-gehalten is dusdanig groot, dat een partij mest 'gevolgd' moet worden om te kunnen zien wat er met de N gebeurt (meting Nm:Norg vóór en na vergisting van één partij). Dit is o.a. gedaan op de De Marke en Nij Bosma Zathe (tabel 10). Het organische stofgehalte daalt doordat een deel ervan wordt afgebroken. Het gehalte aan Nm stijgt gelijktijdig licht. Er zijn geen gegevens bekend over de verhouding Ne:Nr. In proeven is overigens geen verschil gevonden in de opbrengst van gras tussen vergiste en niet-vergiste mest (Schröder *et al.*, ongepubliceerd). Vergelijkbare veranderingen zijn ook in andere experimenten gevonden (Gijsman & Hamwijk, 1986).

Tabel 10. **Effect van vergisting op samenstelling dunne rundveemest op De Marke en Nij Bosma Zathe (ongepubliceerde gegevens).**

Locatie	Jaar	Mestsoort	Samenstelling (kg/ton)				Nm/Ntotaal
			drogestof	Org. stof	N-totaal	Nm	
De Marke	2002	Niet-vergist	72	56	3.5	2	0.57
		Vergist	64	49	3.6	2.1	0.58
	2003	Niet-vergist	86	68	3.4	1.5	0.44
		Vergist	62	48	3.4	1.7	0.50
Nij Bosma Zathe	2003/vjaar	Niet-vergist	82	63	3.1	1.3	0.42
		Vergist	62	43	3.0	1.2	0.43
	2003/zomer	Niet-vergist	82	62	3.3	1.2	0.36
		Vergist	54	36	3.2	1.3	0.41

Zoals al aangegeven zal waarschijnlijk ook de verhouding Ne:Nr veranderen. Voor vergiste dunne varkensmest geeft Lammers bijvoorbeeld een verhouding Nm:Ne:Nr van 62:13:25 tegenover 50:33:17 voor niet-vergiste mest. Het aandeel Nm en Nr neemt toe en het aandeel Ne neemt af. Niet duidelijk is waarop deze gegevens zijn gebaseerd. In vergelijking met onbewerkte varkensmest, zijn de verschillen in totale NWC overigens niet groot, resp. 70 en 68% voor resp. onvergiste en vergiste mest. Met behulp van XCLNCE zijn berekeningen uitgevoerd waarbij een tweetal vergiste mestsoorten zijn onderscheiden. In tabel 11 staan de effecten op de N-mineralisatie weergegeven. Als wordt aangenomen dat de helft van fractie A1 verdwijnt tijdens de vergisting en wordt omgezet in A2, terwijl A3 niet verandert (Vergist-1), verschuift de verhouding Ne:Nr naar die welke Lammers aangeeft voor vergiste varkensmest. De mineralisatie in het eerste jaar daalt daardoor met circa 50% en de uiteindelijke mineralisatie daalt met circa 5%. Indien A1 voor de helft en A2 volledig wordt omgezet in A3 tijdens de vergisting (Vergist-2) daalt de mineralisatie in het eerste jaar met ruim 50% en uiteindelijk met circa 35%. Dan zijn de gevolgen in de evenwichtssituatie dus groter. Maar, opnieuw, het is onduidelijk waarop Lammers zijn veronderstellingen baseert.

Tabel 11. **Effect van vergisting op de cumulatieve N-mineralisatie (kg/ha) na het eerste jaar van mesttoediening bij dunne varkensmest. (zie tekst voor verklaring).**

Jaar	Niet vergist	Vergist-1	Vergist 2
1	65	32	29
20	85	80	54

Op basis van bovenstaande is besloten in deze studie geen onderscheid te maken tussen niet-vergiste en vergiste mest.

3.3.2 Urinezuur in kippenmest

De organische fractie van kippenmest bestaat voor 10-70% uit urinezuur (Velthof *et al.*, 1999). Sluijsmans en Kolenbrander (1976) geven al aan dat gemakkelijk afbreekbare organische stikstofverbindingen als ureum en urinezuur gelijk kunnen worden gesteld aan Nm. Dit wordt door Velthof *et al.* (1999) bevestigd. Ook internationaal wordt urinezuurstikstof in kippenmest gelijkgesteld aan de minerale N (Anonymus, 1994). Ook uit veldproeven blijkt de stikstofwerking van kippenmest zeer hoog kan zijn (Van der Veen, 1985), maar ook lagere NWC's worden gemeld (Wadman, 1991). Ook internationaal is er op de internetsites van diverse

adviseurs vrij uitvoerig informatie beschikbaar over de N-werking van kippenmest. Hieronder wordt een aantal voorbeelden gegeven. In Amerikaanse Adviessystemen is de eerstejaarsbeschikbaarheid in akkerbouwsystemen tussen de 40 en 70%, afhankelijk van de wijze van inwerken (Extension Service University of Minnesota); vaak wordt een percentage van 60% aangehouden (Extension Services Universities of Georgia, Kentucky & North Carolina). Adviessystemen in Nieuw Zeeland hanteren een beschikbaarheid tussen de 45 en 60% afhankelijk van de duur van opslag (www.lifestyleblock.co.nz).

Zoals hierboven al aangegeven is het aandeel urinezuur in de Norg zeer variabel. Factoren die hierop van invloed zijn o.a. de voersamenstelling (Tamminga *et al.*, 2000) en waarschijnlijk vooral het stalsysteem. Snel gedroogde mest bevat waarschijnlijk meer urinezuur dan mest die lang vochtig blijft. Bij dunne kippenmest kan er vanuit gegaan worden dat alle urinezuur is omgezet in ammoniakale N. Bij vaste kippenmest, zeker bij toepassing van droogbanden (geforceerde snelle droging) zit alle urinezuur nog in de Norg. Dat zal meestal ook het geval zijn bij de droge mesten met een hoog drogestofgehalte (dit gaat echter niet altijd op). Droge mest die lang blijft liggen op de kopakker kan echter een groot deel van de urinezuur weer verliezen. Het is dus lastig uit te gaan van een vast aandeel urinezuur in de Norg van kippenmest. Nader onderzoek hiernaar is aan te bevelen.

3.4 Overige organische mestsoorten

De belangrijkste vertegenwoordigers in deze groep zijn composten, zwarte grond, zuiveringsslib en schuimaarde.

Compost/zwarte grond

De N in de compost is vrijwel geheel aanwezig in organische vorm. Omdat de organische stof in compost als moeilijk afbreekbaar kan worden gekarakteriseerd is de N-werking laag. In de Adviesbasis wordt uitgegaan van een werking van 10-15% van de N totaal in het eerste jaar na toediening. Deze is gebaseerd op onderzoek van Van Lune *et al.*, 1993.

Voor de N-werking van zwarte grond is nooit onderzoek uitgevoerd. Het beste kan uitgegaan worden van de werking van compost.

Zuiveringsslib

De in de Adviesbasis vermelde N-werking voor zuiveringsslib is gebaseerd op veldonderzoek van De Haan *et al.* (1985). Hierin varieerde de N-werking van 10-70%. T.b.v. de advisering is uitgegaan van een werking van 20-30% en 30-40% voor resp. vloeibaar en steekvast slib. Hoe deze vertaalslag van proefresultaten naar advies is gemaakt is niet precies te achterhalen. Benadrukt moet worden dat de in het onderzoek gebruikte slib afkomstig was van rioolwaterzuiveringsinstallaties. Dit slib mag op dit moment niet meer in de landbouw worden gebruikt. Er is op dit moment geen goed beeld welk soort slib nog wel in de landbouw wordt toegepast waardoor het ook lastig is een uitspraak te doen over de NWC.

Schuimaarde

Schuimaarde is bijproduct van de suikerindustrie en wordt gebruikt als kalkmeststof. De hierin aanwezige N, die vrijwel volledig in organische vorm aanwezig is, breekt gemakkelijk af. Op dit moment loopt er onderzoek naar de N-werking van schuimaarde (Wilting, persoonlijke mededeling). In afwachting van de uitkomsten wordt nu meestal uitgegaan van een werking van 30 en 70% bij resp. najaars- en voorjaarstoediening. Deze percentages zijn gebaseerd op de rekenregels van Lammers (1984) waarbij aangenomen is dat alle Norg een afbraak vertoont die overeenkomt met die van de Ne-fractie in dierlijke mest.

De groep van overige organische meststoffen is zeer divers qua samenstelling en herkomst. Empirische gegevens over de N-werking zijn meestal schaars. Daarom wordt aanbevolen na te gaan in hoeverre door een modelmatige aanpak de N-werking van deze meststoffen in te schatten is. Dit geldt in principe ook voor minder frequent gebruikte dierlijke mestsoorten.

4 Bandbreedte werkingscoëfficiënt opslagmest

4.1 Uitgangspunten

Om de bandbreedte van de NWC in kaart te brengen is voor verschillende mestsoorten, toedieningstijdstippen en toedieningsmethoden de NWC berekend bij zowel gras- als bouwland. Er is onderscheid gemaakt tussen dunne mest, vaste dierlijke mest, gier en overige organische mestsoorten (o.a. compost, zwarte aarde, zuiveringsslib en schuimaarde).

Hieronder worden de meeste relevante uitgangspunten kort samengevat. Voor de achtergronden van keuzes wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

Grasland

- Bij dunne mest en gier is de NWC berekend bij zoden- en sleepvoetbemesting, bij vaste mest is uitgegaan van breedwerpig uitrijden.
- Voor de werking van de Nm en Norg bij zodenbemesting is uitgegaan van de waarden zoals vermeld in de Adviesbasis. Bij sleepvoetbemesting is geen onderscheid gemaakt tussen giften lager en hoger dan 12 m³ per ha. De werking van Nm en Norg voor deze toedieningstechniek is opnieuw uitgerekend gebaseerd op een ammoniakemissie van 20% van de Nm. Voor de werking van vaste mest is uitgegaan van de NWC voor Ntotaal zoals vermeld in de Adviesbasis.
- Er is uitgegaan van een werking over het gehele groeiseizoen. Deze werking wordt alleen bereikt als na toediening nog minimaal 4 sneden worden gerealiseerd.
- Er is uitgegaan van de verhouding Nm:Norg in de verschillende mestsoorten zoals die in de Adviesbasis is vermeld (zie bijlage 5).
- Bij de Norg-werking van schapen-, geiten-, nertsen- en konijnenmest is uitgegaan van een afbraak als van rundveemest, bij eendenmest van de afbraak van kippenmest.
- Er is geen rekening gehouden met nawerking van mest.

Bouwland

- Bij dunne mest en gier is de NWC berekend bij injectie en oppervlakkig inwerken (onbeteeld land) en toediening op beteeld land (graan). Hierbij is uitgegaan van een ammoniakemissie van resp. 5, 20 en 30% van de Nm. Vaste mest wordt oppervlakkig ingewerkt. De hierbij gehanteerde ammoniakemissie bedraagt 20% van de Nm.
- De werking van de resterende Nm (na aftrek ammoniakemissie) en de Norg is berekend met de rekenregels van Lammers (1984).
- Er is uitgegaan van de verhouding Nm:Norg in de verschillende mestsoorten zoals die in de Adviesbasis is vermeld (zie bijlage 5).
- Bij de Norg-werking van schapen-, geiten-, nertsen- en konijnenmest is uitgegaan van een afbraak als van rundveemest, bij eendenmest van de afbraak van kippenmest.
- Bij plantaardige mest is uitgegaan van een werking van 10-15% van de Ntotaal.
- Er is uitgegaan van toediening op 1 september (najaarstoediening) of 1 april (voorjaarstoediening) en een N-opname tot 1 augustus (aardappelen, maïs).
- Er is geen rekening gehouden met nawerking van mest.

In tabel 12 zijn de resultaten weergegeven.

4.2 Grasland

Dunne mest

De meest gebruikte mestsoorten in de praktijk zijn dunne rundvee- en varkensmest. Voor dunne rundveemest geldt op grasland een NWC van 44 tot 50% en voor dunne varkensmest 47 tot 55% van Ntotaal.

Vaste mest

Het gebruik van vaste mest is over het algemeen beperkt. Van de bedrijven die vaste mest toepassen is het merendeel biologisch. De mestsoort die daar toegediend wordt is vaste rundermest en een enkele keer vaste varkensmest. De werking op grasland van beide mestsoorten is 15-20% van Ntotaal. In de gangbare landbouw wordt sporadisch vaste kippenmest toegediend op grasland. De NWC van deze mestsoort op grasland is 20-35% van Ntotaal.

Gier

Op bedrijven die vaste mest gebruiken (merendeel biologische), is meestal ook gier beschikbaar. Rundvee- en varkensgier hebben een werkingscoëfficiënt van 62-73% van Ntotaal.

Overige organische mestsoorten

Het gebruik van compost, zuiveringsslib en zwarte aarde komt op grasland vrijwel niet voor.

4.3 Bouwland

Dunne mest

De meest gebruikte mestsoorten in de praktijk zijn dunne rundveemest (maïsland) en dunne varkensmest (akkerbouw). Bij voorjaarstoediening varieert de NWC afhankelijk van toedieningsmethode van 50-62 en 60-75% bij resp. dunne rundvee- en varkensmest. Dunne kippenmest heeft een vergelijkbare werking als dunne varkensmest. Bij najaarstoediening (alleen toegestaan op kleigrond) bedraagt de NWC 19-23%. Dit komt doordat een groot deel van de Nm verloren gaat in de winter (Gorissen *et al.*, 1999).

Vaste mest

De meest gebruikte vaste dierlijke mestsoort is kippenmest (leghennen-, slachtkuikens- en kippenstrooiselmest). De bandbreedte in NWC voor deze groep mestsoorten bedraagt 48-61 en 24-32% bij resp. voorjaars- en najaarstoediening. Vaste rundveemest wordt vooral gebruikt op biologische bedrijven maar ook op bloembollenbedrijven. De werking is circa 10% lager dan van vaste kippenmest. De overige vaste dierlijke mestsoorten worden slechts op zeer beperkte schaal gebruikt.

Gier

Gier wordt in de praktijk niet veel gebruikt. Door het hoge aandeel Nm is de NWC bij voorjaarstoediening hoog (77-92%) en laag bij najaarstoediening (13-14%).

Overige organische mestsoorten

Compost en zwarte aarde worden op beperkte schaal gebruikt op akker- en tuinbouwbedrijven en worden vooral ingezet ten behoeve van organische stofvoorziening. De NWC van champost/compost, bedraagt resp. 10-15% van de Ntotaal.

Tabel 12. **NWC (% van Ntotaal) organische mest op gras- en bouwland in relatie tot mestsoort, toedieningsstijp en toedieningsmethode (wc gebaseerd op eerstejaarswerking).**

Mestsoort	Grasland						bouwland			
	Voorjaar									
	Zodebemester	Sleepvoet	Bovengronds Verspreiden	injectie	oppervlakkig inwerken	beteeld land	injectie	oppervlakkig inwerken	Najaar	
Dunne mest										
Rundvee	50	44	N	62	55	50	20	19		
Vleesvarkens	54	47	N	74	65	60	23	22		
Zeugen	55	48	N	75	66	60	22	21		
Kippen	67	61	N	73	65	59	23	22		
Vleeskalveren	66	56	N	81	69	61	16	14		
Vaste mest										
Rundvee	N	n	15-20	n	39	N	n	23		
Leghennen	N	n	20-35	n	48	N	n	32		
Slachtkuikens	N	n	20-35	n	51	n	n	30		
Kippenstrooisel	N	n	20-35	n	61	n	n	24		
Vleeskalkoenen	N	n	20-35	n	54	n	n	28		
Varkens	N	n	15-20	n	52	n	n	30		
Schapen	N	n	15-20	n	41	n	n	23		
Geiten	N	n	15-20	n	45	n	n	22		
Nertsen	N	n	15-20	n	58	n	n	18		
Eenden	N	n	20-35	n	52	n	n	30		
Konijnen	N	n	15-20	n	41	n	n	22		
Gier										
Rundvee	73	62	N	92	77	68	15	13		
Vleesvarkens	73	62	N	92	78	68	15	14		
Zeugen	73	62	N	92	78	69	15	14		
Plantaardige mest										
Champost	N	n	N	n	10-15	n	n	10-15		
GFT-compost	N	n	N	n	10-15	n	n	10-15		
Zuiveringslib/steekvast	N	n	N	n	20-30	n	n	20-30		
Zuiveringslib/vloeibaar	N	n	N	n	30-40	n	n	30-40		
Schuinaarde	N	n	n	n	70	n	n	30		

5 Werking weidemest

5.1 Definitie werkingscoëfficiënt (NWC) weidemest

In de Nederlandse bemestingspraktijk wordt de NWC gebruikt om de bemestende waarde van organische meststoffen vast te stellen (zie hoofdstuk 2). Hierdoor kan het gebruik van kunstmest verminderd worden. De behoefte om ook van weidemest de NWC vast te stellen, komt voort uit de vraag of weidemest ook een dergelijke bemestende waarde heeft, waardoor minder kunstmest nodig is. Bovendien ligt het voor de hand om bij het bemestingsplan ook voor weidemest een NWC te gebruiken, net zoals dat gedaan wordt voor opslagmest.

Bij de toediening van opslagmest op het land wordt er een positief effect op de drogestofopbrengst verwacht. Bij de depositie van weidemest via urine en faeces is de situatie gecompliceerder, omdat de N uitscheiding door dieren in de weide onderdeel is van een manier van oogsten dat ook andere effecten met zich meebrengt. In Bijlage III worden twee situaties beschreven waarbij beweiding in totaal een negatief effect heeft op zowel de bruto als netto drogestofopbrengst door verschillen in snedezwaarte en oogstverliezen bij maaien of weiden. In die gevallen zou de werking van weidemest negatief zijn en schiet de bepaling van de NWC van weidemest zijn doel voorbij, omdat er dan op beweid grasland meer kunstmest gebruikt zou gaan worden in plaats van minder. Dat is de reden waarom deze situaties in dit rapport niet verder zijn uitgewerkt.

Bij de bepaling van de NWC van weidemest in dit rapport geldt nu de beperking dat alleen gekeken wordt naar het effect van weidemest op de bruto opbrengst, door een vergelijking te maken tussen grasland met en zonder weidemest bij overigens gelijke groei- en oogstomstandigheden. De NWC van weidemest wordt nu gedefinieerd door het quotiënt van de hoeveelheid N die bespaard kan worden (teller) en de totale N input via weidemest (noemer). De besparing van de N-gift treedt op als de weidemest een positieve bijdrage levert aan de opbrengst, waardoor met een lagere N-gift dezelfde opbrengst gerealiseerd zou worden in vergelijking met de situatie zonder die extra N aanvoer via de weidemest. Deze definitie is in overeenstemming met het gebruik van NWC's van organische mest in een bemestingsplan. Indien een organische meststof gebruikt is, zal met behulp van de NWC bepaald worden hoeveel kunstmest er nog toegediend moet worden om de streefopbrengst te kunnen realiseren. Dit principe is ook van toepassing bij de bemesting van grasland in combinatie met weidemest.

De werking van weidemest is niet alleen op basis van de drogestofopbrengst bepaald, maar ook op basis van de stikstofopbrengst.

5.2 Aanpak bepaling werkingscoëfficiënt

In deze studie zijn de NWC's van weidemest berekend op grond van de opbrengsten (stikstof en droge stof) van individuele urineplekken en mestflatten in relatie tot de opbrengsten van gemaaid grasland zonder weidemest. Hiervoor zijn proeven geanalyseerd die informatie geven over de respons op urine- en mestdepositie, waarbij de resultaten van deze proeven in enkele eenvoudige rekenregels zijn samengevat. Door het effect op de stikstof- en drogestofopbrengst van alle plekken die gedurende het seizoen ontstaan, in beschouwing te nemen, wordt een bedrijfsgemiddelde schatting van de NWC's van weidemest op jaarbasis gegeven. In deze schatting zijn zowel positieve (urineplekken) als negatieve (mestflatten) effecten meegenomen.

De gehanteerde aanpak wijkt af van die van opslagmest. De bepaling van de NWC van weidemest vindt namelijk plaats bij een gegeven N-bemestingsniveau. Bij opslagmest wordt de werking van een bepaalde gift vastgesteld zonder dat daarvoor al een N-bemesting is uitgevoerd (zie paragraaf 2.2.1). Het verschil in aanpak tussen beide hangt samen met de heterogene verdeling van weidemestdepositie in het veld.

Hierdoor worden individuele urineplekken en mestflatten na ontstaan nog eens bemest met een hoeveelheid die niet is afgestemd op de behoefte van die plekken, maar op die van het overige ('schone') deel van het grasland.

In Bijlage I is de rekenprocedure beschreven die gebruikt is om de NWC's van weidemest te bepalen op basis van de stikstof- en drogestofopbrengst. Met deze procedure zijn een aantal verschillende combinaties doorgerekend om de variatie in de NWC's als gevolg van verschillende bedrijfssituaties in Nederland aan te geven. Ten aanzien van de grasopbrengstcurve, het bemestingsniveau, de dierdichtheid en de beweidingduur zijn verschillende invoerwaarden gekozen, waarmee een groot aantal NWC's zijn uitgerekend (zie Bijlage II). De verschillende grasopbrengstcurven zijn ontstaan door variatie aan te brengen in grondsoort (zand en veen) en zodekwaliteit, dat in deze studie door de termen proefveld en praktijk is weergegeven. In het algemeen geldt dat bij een gegeven N-bemesting de opbrengsten op een proefveld hoger zijn dan in de praktijksituatie.

De analyse uit deze studie is niet uitputtend doch geeft een eerste indicatie over de hoogte van de NWC's die aan weidemest mag worden toegekend in de Nederlandse melkveehouderij.

5.3 Werkingscoëfficiënt op basis van de drogestofopbrengst

De resultaten van de berekeningen met betrekking tot de werking van weidemest op basis van de drogestofopbrengst zijn weergegeven in tabel 13.1 en figuur 5.1. In de rekenprocedure komen dierdichtheid en beweidingduur altijd gecombineerd als product voor (zie Bijlage I). Hierdoor heeft een relatieve verandering in de één hetzelfde effect als dezelfde relatieve verandering in de ander. Daarom is in de presentatie van de resultaten hieronder de term beweidingintensiteit gebruikt, waarmee het product van dierdichtheid en beweidingduur wordt aangegeven.

5.3.1 Bandbreedte

De berekende NWC op basis van de drogestofopbrengst op zandgrond loopt uiteen van -56,1% tot 12,5% en op veengrond van -136,1% tot 7,5% (zie tabel 13.1). De extreem lage waarde voor veengrond (-136,1%) hangt samen met het relatief hoge bemestingsniveau op veengrond (350 kg werkzame N per ha per jaar dat in de berekeningen gebruikt is (zie ook opmerking 4 onderaan tabel 13.1).

Tabel 13.1. **Berekende NWC's van weidemest op basis van drogestofopbrengst bij een aantal verschillende grondsoort/zodekwaliteit combinaties, bemestingsniveaus en beweidingsintensiteiten (zie Bijlage II voor de beschrijving van de verschillende invoersets).**

Situatie ³	Bemesting (werkzame N)	Aantal waarden	NWC ¹ gemiddeld	NWC bij de laagste intensiteit ²	NWC bij de hoogste intensiteit ²
	(kg N per ha per jaar)	-	(%)	(%)	(%)
Zand/praktijk	150	9	7,7	7,2	8,4
	250	9	0,3	-0,1	0,4
	350	9	-28,3	-19,6	-56,1
Zand/proefveld	150	9	11,7	11,2	12,5
	250	9	5,7	5,3	6,4
	350	9	-2,9	-1,9	-3,6
Veen/praktijk	150	9	2,7	2,5	2,9
	250	9	-12,1	-9,4	-16,1
	350	4 ⁴	-77,3	-64,3	nb ⁴
Veen/proefveld	150	9	6,7	6,3	7,5
	250	9	-4,3	-3,7	-5,3
	350	1 ⁴	-136,1	-136,1	nb ⁴

1. Bij ieder bemestingsniveau is de gemiddelde waarde voor de NWC gebaseerd op een aantal verschillende beweidingsintensiteiten (maximaal 9, zie derde kolom).
2. De laagste intensiteit in de berekeningen is gelijk aan 8 GVE-uren per ha per dag, de hoogste is gelijk aan 80 GVE-uren per ha per dag. De NWC van de laagste en hoogste intensiteit geven de extremen per situatie weer; alle andere waarden (maximaal 7) liggen dus tussen deze beide waarden in.
3. Verschillen tussen 'Zand' en 'Veen', 'praktijk' en 'proefveld' worden veroorzaakt door het gebruik van verschillende opbrengstcurven, waarmee de drogestofopbrengst als functie van de N-gift beschreven wordt (zie Bijlage II).
4. Bij de combinatie Veen-350 kon de werkingscoëfficiënt niet altijd bepaald worden, omdat
 - (a) de weidemest in deze situatie in totaal een negatief effect heeft op de drogestofopbrengst en omdat
 - (b) de opbrengst van het 'schone' graslanddeel die nodig is om dit effect te compenseren hoger uitvalt dan de maximaal haalbare opbrengst. Hierdoor neemt ook het aantal beweidingsintensiteiten waarop het gemiddelde gebaseerd is, af (zie derde kolom). Volgens het bemestingsadvies voor grasland ligt een gift van 350 kg werkzame N per ha per jaar op veengrond ruim boven de economisch optimale gift, waardoor deze situatie in de praktijk waarschijnlijk niet veel voorkomt.

5.3.2 N-bemestingsniveau

Voor alle opbrengstcurven die gebruikt zijn in de berekeningen blijkt dat bij een hogere N-bemesting een lagere NWC op basis van de drogestofopbrengst wordt uitgerekend. Dit wordt veroorzaakt doordat het positieve effect van urineplekken afneemt naarmate er meer bemest wordt, terwijl het negatieve effect van mestflatten gehandhaafd blijft. In het extreme geval dat de bemesting zo hoog is dat de maximale opbrengst op onbeweid grasland wordt gerealiseerd, zal een urineplek in de berekeningen geen extra opbrengst leveren, omdat ook de urineplek niet meer opbrengst kan geven dan de maximale opbrengst. De gemiddelde opbrengst van de mestflatten daarentegen is altijd 25% lager dan de opbrengst van het overige gras indien de invoer uit Bijlage I gebruikt wordt in de berekeningen.

Door de verschillende respons van urineplekken en mestflatten op bemesting kan de NWC van weidemest dus ook negatief zijn, waarmee aangegeven wordt dat de drogestofopbrengst van het beweidde grasland lager is dan van het niet-beweidde grasland. Door op het beweidde grasland meer te bemesten kunnen de opbrengsten van beweid en onbeweid grasland weer gelijk aan elkaar worden en in dat geval wordt een negatieve waarde voor de NWC uitgerekend. Er moet immers meer N gegeven worden aan beweid grasland in plaats van minder. Deze situatie treedt op bij de hogere bemestingsniveaus en dan worden in een aantal gevallen hoge absolute waarden berekend (Zand/praktijk, Veen/praktijk, resp. Veen/proefveld bij 350 kg werkzame N per ha per jaar, zie tabel 13.1). Nadere analyse van de uitkomsten geeft aan dat de drogestofopbrengst van het beweidde grasland in al die gevallen maximaal 1,5% lager ligt ten opzichte van de opbrengst van het onbeweidde grasland. De hoge getalswaarden voor de NWC's worden hier veroorzaakt doordat bij die bemestingsniveaus de marginale drogestofopbrengst (uitgedrukt in kg extra drogestof-opbrengst per kg extra N-gift) zeer klein is en er dus veel N nodig is om te corrigeren voor het (geringe)

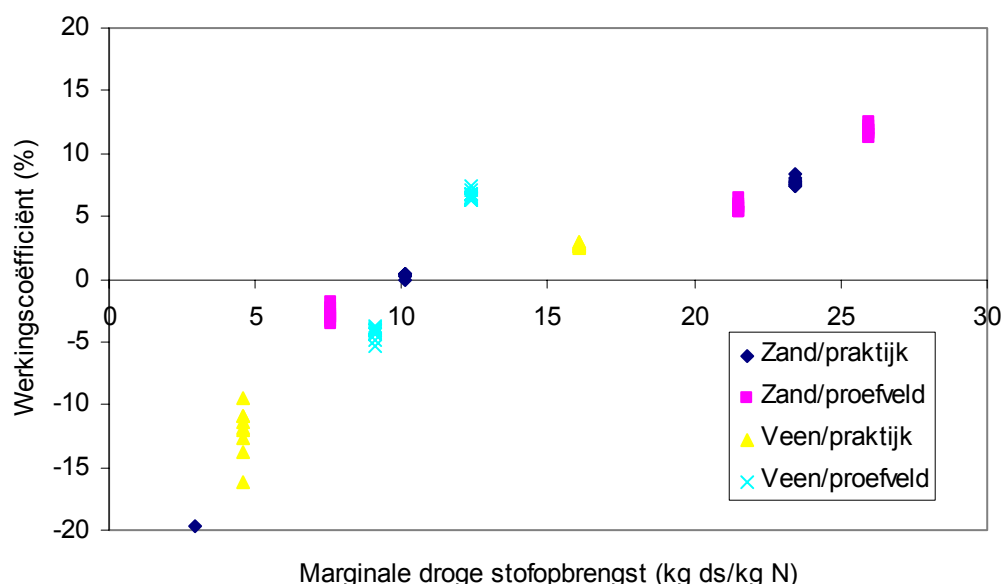
opbrengstverschil.

5.3.3 Beweidingsintensiteit

Voor de NWC's van tabel 13.1 met een waarde groter dan -5% is de variatie als gevolg van de verschillen in beweidingsintensiteit gering in vergelijking met bijvoorbeeld de verschillen in bemestingsniveaus. Dit wordt veroorzaakt door de definitie van de NWC waarvoor in deze studie gekozen is, in combinatie met de aanname dat een hogere beweidingsdruk niet tot lagere opbrengsteffecten van urineplekken leidt (bijvoorbeeld door meer overlap van urineplekken). In de huidige berekening veroorzaakt een hogere beweidingsdruk meer urineplekken en mestflatten die daardoor een extra verhogend effect op de opbrengst kunnen geven, maar tegelijkertijd neemt ook de N-input door weidemest toe. De NWC wordt berekend als een quotiënt en daardoor blijft de waarde hiervan relatief constant bij uiteenlopende niveaus van beweidingsdruk (in deze studie: van 8 tot 80 GVE-uren per ha per dag).

5.3.4 Marginale drogestofopbrengst

De resultaten uit tabel 13.1 laten zien dat bij dezelfde N-gift uiteenlopende NWC's op basis van de drogestofopbrengst worden berekend. Bijvoorbeeld: voor een N-gift van 250 kg N per ha per jaar lopen de gemiddelde waarden uiteen van -12,1% (Veen/praktijk) tot 5,7% (Zand/proefveld). Ook blijkt dat de NWC's van de verschillende grondsoort/zodekwaliteit combinaties gerangschikt kunnen worden in een oplopende volgorde die voor elk bemestingsniveau hetzelfde is, volgens: Veen/praktijk - Veen/proefveld - Zand/praktijk - Zand/proefveld. Deze uitkomsten van de rekenprocedure hangen samen met de relatie tussen drogestofopbrengst en N-gift, die voor elk van de vier grondsoort/zodekwaliteit combinaties verschillend is. Een deel van de variatie in de berekende NWC's kan nu verklaard worden door de berekende NWC's niet aan de N-gift, maar aan de marginale drogestofopbrengsten te correleren (zie figuur 5.1). Hiermee wordt de marginale drogestofopbrengst van de oorspronkelijke bemesting en drogestofopbrengst van het niet-beweide grasland bedoeld.



Figuur 5.1. De NWC van weidemest op basis van de drogestofopbrengst uitgezet als functie van de marginale drogestofopbrengst. Voor elk van de vier grondsoort/zodekwaliteit combinaties (zie legenda) zijn drie bemestingsniveaus doorgerekend (zie tabel 13.1) en elke groep punten in de figuur bestaat vervolgens uit 9 afzonderlijke waarden, corresponderend met 9 uiteenlopende beweidingsintensiteiten. Waarden kleiner dan -20% zijn niet in de figuur weergegeven.

In figuur 5.1 kan worden afgelezen dat de NWC van weidemest ten aanzien van de drogestofopbrengst gelijk is aan 0% bij een marginale drogestofopbrengst van circa 10 kg ds per kg N. Deze marginale drogestofopbrengst ligt dicht in de buurt van de drempel die gehanteerd wordt voor een economisch optimale N-gift in de bemestingsadviezen van grasland (= 7,5 kg ds per kg N). Hierdoor kan de conclusie getrokken worden dat de werking van weidemest met betrekking tot de drogestofopbrengst nihil is, indien bemest wordt volgens deze bemestingsadviezen. Bij lagere bemestingsniveaus (bijvoorbeeld bedoeld ter beperking van de nitraatuitspoeling) zal de NWC volgens de berekeningen hoger zijn uiteenlopend van 3 tot 12% bij een N-gift van 150 kg werkzame N per ha per jaar. Hierbij zullen verschillende grondsoort/zodekwaliteit combinaties bij dezelfde N-gift een verschillende NWC van weidemest opleveren. Bij hogere bemestingsniveaus zal de NWC negatief worden, omdat van het beweide grasland dan minder droge stof geoogst kan worden in vergelijking met het onbeweide grasland ondanks de extra toevoer van N via weidemest.

5.4 Werkingscoëfficiënt op basis van de stikstofopbrengst

De resultaten van de berekeningen met betrekking tot de werking van weidemest ten aanzien van de stikstofopbrengst zijn weergegeven in tabel 13.2 en figuur 5.2. De term beweidingintensiteit in tabel 13.2 geeft het product van dierdichtheid en beweidingduur weer, omdat in de berekening van de NWC dezelfde relatieve verandering in beide invoergegevens hetzelfde effect oplevert (zie ook 5.3).

5.4.1 Bandbreedte

De berekende NWC op basis van de stikstofopbrengst op zandgrond loopt uiteen van 8,7% tot 20,8% en op veengrond van -8,1% tot 17,4% (zie tabel 13.2). De negatieve waarde voor veengrond (proefveld bij 350 kg werkzame N per ha per jaar) hangt samen met het relatief hoge bemestingsniveau, waardoor het positieve effect van urineplekken op de stikstofopbrengst kleiner is dan het negatieve effect van mestplekken. In totaal wordt dan een lagere stikstofopbrengst voor beweide grasland berekend en is de NWC negatief. De berekende waarden voor de NWC op basis van de stikstofopbrengst zijn gemiddeld circa 11% hoger dan de waarden voor de NWC op basis van de drogestofopbrengst (alleen gebaseerd op situaties met positieve waarden uit tabel 13.1)

Tabel 13.2. **Berekende NWC's van weidemest op basis van de stikstofopbrengst bij een aantal verschillende grondsoort/zodekwaliteit combinaties, bemestingsniveaus en beweidingsintensiteiten (zie Bijlage II voor de beschrijving van de verschillende invoersets).**

Situatie ³	Bemesting (werkzame N)	Aantal waarden	NWC ¹ gemiddeld	NWC bij de laagste intensiteit ²	NWC bij de hoogste intensiteit ²
	kg N per ha per jaar		(%)	(%)	(%)
Zand/praktijk	150	9	17,2	17,0	17,5
	250	9	13,8	13,2	14,7
	350	9	9,2	8,7	10,2
Zand/proefveld	150	9	20,8	20,6	20,8
	250	9	18,4	17,7	19,5
	350	9	14,8	14,1	16,0
Veen/praktijk	150	9	16,2	15,5	17,4
	250	9	12,5	11,7	13,7
	350	9	5,5	5,0	6,3
Veen/proefveld	150	9	14,4	13,5	15,8
	250	9	5,5	5,1	6,3
	350	9	-6,4	-8,1	-5,2

1. Bij ieder bemestingsniveau is de gemiddelde waarde voor de werkingscoëfficiënt (wc) gebaseerd op een aantal verschillende beweidingsintensiteiten (= 9, zie derde kolom).
2. De laagste intensiteit in de berekeningen is gelijk aan 8 GVE-uren per ha per dag, de hoogste is gelijk aan 80 GVE-uren per ha per dag. De NWC van de laagste en hoogste intensiteit geven de extremen per situatie weer ; alle andere waarden (maximaal 7) liggen dus tussen deze beide waarden in.
3. Verschillen tussen 'Zand' en 'Veen', 'praktijk' en 'proefveld' worden veroorzaakt door het gebruik van verschillende opbrengstcurven, waarmee de stikstofopbrengst als functie van de N-gift beschreven wordt (zie Bijlage II).

5.4.2 N-bemestingsniveau

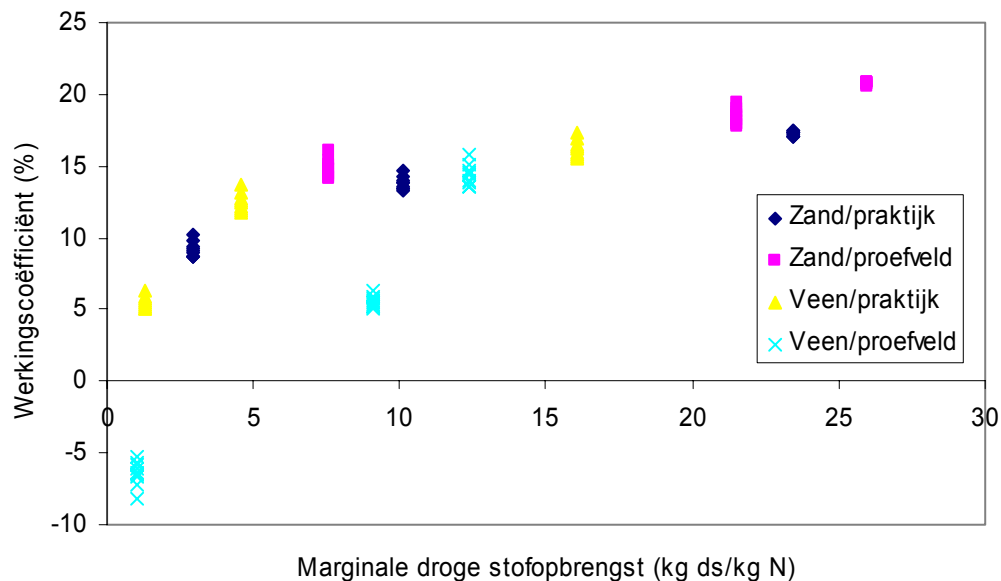
Voor alle opbrengstcurven die gebruikt zijn in de berekeningen blijkt dat bij een hogere N-bemesting een lagere NWC op basis van de stikstofopbrengst wordt uitgerekend, zoals ook al gevonden was ten aanzien van de drogestofopbrengst (zie 5.3.2). Slechts in één situatie worden negatieve NWC's uitgerekend (Veen/proefveld met 350 kg werkzame N per ha per jaar) in tegenstelling tot de berekening van de NWC's op basis van de drogestofopbrengst, waarbij in zes situaties negatieve waarden werden berekend.

5.4.3 Beweidingsintensiteit

Ook bij de NWC's op basis van de stikstofopbrengst blijkt dat de variatie als gevolg van de verschillen in beweidingsintensiteit relatief gering zijn in vergelijking met bijvoorbeeld de verschillen in bemestingsniveaus (voor verklaring zie 5.3.3). Echter, het beeld is minder duidelijk dan bij de NWC's op basis van de drogestofopbrengst, omdat de waarden voor de NWC's van tabel 13.2 bij uiteenlopende bemestingsniveaus en grondsoort/ zodekwaliteit combinaties dichter bij elkaar liggen dan bij de berekende NWC's van tabel 13.1.

5.4.4 Marginale drogestofopbrengst

De resultaten uit tabel 13.2 laten zien dat bij dezelfde N-gift uiteenlopende NWC's worden berekend. Bijvoorbeeld: voor een N-gift van 250 kg werkzame N per ha per jaar lopen de gemiddelde waarden uiteen van 5,5% (Veen/proefveld) tot 18,4% (Zand/proefveld). Net als bij de droge stof (zie figuur 5.1) kan een deel van de variatie in de berekende NWC's verklaard worden door de NWC's niet aan de N-gift, maar aan de marginale drogestofopbrengsten te correleren (zie figuur 5.2). Hiermee wordt de marginale drogestofopbrengst van de oorspronkelijke bemesting en drogestofopbrengst van het niet-beweide grasland bedoeld.



Figuur 5.2. **De NWC van weidemest op basis van de stikstofopbrengst uitgezet als functie van de marginale drogestofopbrengst. Voor elk van de vier grondsoort/zodekwaliteit combinaties (zie legenda) zijn drie bemestingniveaus doorgerekend (zie tabel 13.2) en elke groep punten in de figuur bestaat vervolgens uit 9 afzonderlijke waarden, corresponderend met 9 uiteenlopende beweidingintensiteiten.**

In figuur 5.2 kan worden afgelezen dat de NWC op basis van de stikstofopbrengst gelijk is aan circa 14% bij een marginale drogestofopbrengst van 7,5 – 10 kg ds per kg N voor drie van de vier grondsoort/zodekwaliteit combinaties. In tegenstelling tot de werking van weidemest op basis van de drogestofopbrengst, die bijna nihil was (zie 5.3.4), kan dus voor de bruto stikstofopbrengst op grond van deze resultaten geconcludeerd worden dat de NWC van weidemest bij economisch optimale N-giften ongeveer 14% bedraagt.

Bij lagere bemestingsniveaus zal de NWC volgens de berekeningen hoger zijn uiteenlopend van 14 tot 21% bij een N-gift van 150 kg werkzame N per ha per jaar en bij hogere bemestingsniveaus (350 kg werkzame N per ha per jaar) zijn de waarden gelijk aan -6 tot 15%.

Veen/proefveld levert resultaten op die afwijken van de overige drie grondsoort/zodekwaliteit combinaties (een NWC van slechts 5,5% bij een marginale drogestofopbrengst van 9,1 kg ds per kg N. Deze afwijkende respons is ook bij de NWC op basis van de drogestofopbrengst geconstateerd (zie figuur 5.2).

6 Discussie

6.1 Mestsamenstelling

Bij de berekening van de NWC is uitgegaan van een standaard mestsamenstelling. De NWC is afhankelijk van de Nm/Norg-verhouding. Vooral bij dunne varkensmest treden in de praktijk sterke schommelingen op in de Nm/Norg-verhouding. Dit komt omdat varkensmest in lang niet alle situaties kan worden gemixt. Door de wisselende samenstelling neemt ook de variatie in NWC toe. Ook bij dunne rundveemest wordt de samenstelling en de verhouding Nm:Norg beïnvloed door eiwitgehalte en samenstelling van het rantsoen van de dieren (Kebreab *et al.*, 2001; Paul *et al.*, 1998; Schröder *et al.*, 2004). In de praktijk komen grote verschillen in rantsoen voor, bijvoorbeeld in het aandeel snijmaïs.

Tabel 14 laat zien dat bij een variatie van de Nm:Norg-verhouding van 30:70 tot 70:30 de NWC toeneemt van 50 tot 76% en 60 tot 80% bij gebruik van resp. dunne rundvee- en varkensmest op bouwland.

Ook bij kippenmest treden sterke schommelingen op als gevolg van stalsysteem, voersamenstelling, voeradditieven, mestsoort en mestopslag (Sims & Wolf, 1994). Het gehalte aan drogestof is een sterk bepalende factor voor een groot aantal nutriënten. Hoe hoger het drogestofgehalte, hoe hoger het N-totaalgehalte (Nicholson *et al.*, 1996).

Mestscheiding leidt tot producten met een sterk uiteenlopende Nm:Norg-verhouding, een dunne fractie met een hoog aandeel Nm en een vaste fractie met een hoog aandeel Norg. De samenstelling van de dunne en vast fractie hangt af van de mate waarin de scheiding is geslaagd. Tabel 14 laat zien welke invloed dit heeft op de N-werking van de dunne (Nm:Norg variërend van 70:30 tot 90:10) en de dikke fractie (Nm:Norg variërend van 10:90 tot 30:70).

Tabel 14. **NWC dunne rundvee- en varkensmest op bouwland in relatie tot verhouding Nm:Norg.**

Mestsoort	Nm:Norg-verhouding								
	10:90	20:80	30:70	40:60	50:50	60:40	70:30	80:20	90:10
Dunne rundveemest	37	43	50	56	63	69	76	82	89
Dunne varkensmest	50	55	60	65	70	75	80	85	90

6.2 Ammoniakemissie

Bij voorjaarstoediening wordt de werking van de Nm vooral bepaald door de ammoniakemissie. In deze studie zijn bij gras- en bouwland diverse emissiearme toedieningstechnieken onderscheiden die verschillen in ammoniakemissie. Hierbij moet worden benadrukt dat op zowel bouw- als grasland de daadwerkelijke emissie sterk afhangt van de bodem- en weersomstandigheden tijdens en de eerste dagen na mesttoediening. Vooral bij grasland is de variatie in emissie aanzienlijk. Dit verklaart mede de grote variatie in gemeten NWC in veldproeven.

De in dit rapport gebruikte emissiepercentages voor grasland zijn het resultaat van de analyse van de metingen uitgevoerd eind jaren '80 t/m 1993 bij de introductie van emissiearme mesttoediening. Deze metingen zijn toen vooral uitgevoerd om te komen tot een stimulans van emissiearme mesttoediening (Mulder en Huijsmans, 1994). In de jaren daarna zijn in verschillende onderzoeken nog metingen uitgevoerd met de huidige machines voor emissiearme mesttoediening. Deze metingen zijn echter nooit gebundeld en als geheel geanalyseerd en daarom ook niet verdisconteerd in tabel 1 (niet mogelijk binnen tijdsbestek van WOW-project). Het verdient aanbeveling de emissiegegevens voor grasland te actualiseren aan de hand van metingen die gedurende de afgelopen jaren hebben plaatsgevonden, waarbij dan rekening wordt gehouden met de toepassing in de huidige praktijk (o.a. weersomstandigheden, toepassing/afstelling van technieken). Verwacht wordt dat de emissies na een dergelijke actualisatie hoger zullen uitkomen, omdat in de huidige

praktijk anders gewerkt wordt dan bij de introductie van de emissiearme mesttoediening. Na een actualisatie zouden nieuwe cijfers gelijk hun toepassing kunnen vinden bij het gebruiksnormen- en het ammoniakbeleid.

Voor bouwland zijn wel alle in het verleden uitgevoerde metingen geanalyseerd en meegenomen bij vermelde emissiepercentages in tabel 1.

6.3 Verschil NWC Norg gras- en bouwland

De NWC van dunne rundvee- en varkensmest is voor grasland lager dan voor bouwland, terwijl juist het tegenovergestelde was verwacht. Dit heeft te maken met een verschil in grondslag voor de afleiding voor de NWC van organische mest. Daar waar bij grasland de NWC empirisch is afgeleid uit veldproeven, kent de afleiding van de NWC bij bouwland een meer modelmatig karakter. De empirisch afgeleide waarde is lager dan wanneer de modelmatige aanpak voor bouwland ook zou worden toegepast voor grasland (tabel 15).

Tabel 15. **NWC dunne rundvee- en varkensmest op gras- en bouwland volgens Adviesbasis en volgens modelmatige aanpak van Lammers (1984).**

	Grasland ¹	Bouwland ²	
	Adviesbasis	Modelmatig ³	Adviesbasis/modelmatig
Dunne rundveemest	50	69	63
Dunne varkensmest	54	80	75

1. Zodenbemesting

2. Injectie; toediening op 1 april, N-opname tot 1 augustus

3. Zodenbemesting (5% ammoniakemissie), toediening op 1 maart, N-opname tot 1 oktober

De gemiddelde empirisch vastgestelde NWC kent echter een grote spreiding in het beperkte aantal van 5 proeven (14 metingen). Bovendien zijn de gehanteerde gemiddelden alleen globaal te herleiden uit het basisrapport en is onderzoek alleen met dunne rundermest uitgevoerd. Een groter aantal proeven lost het probleem van de grote spreiding niet op. Ter illustratie: recent is door Praktijkonderzoek de gemiddelde NWC bepaald van 11 veldproeven (waaronder de 5 eerder genoemde proeven) met in totaal 23 waarnemingen (Bruinenberg & Van Middelkoop, 2004). Van een aantal proeven was echter alleen de NWC van de eerste en tweede snede na toediening bepaald. De NWC, opgeteld voor de 1^e en 2^e snede, varieerde van 10 tot 100%. De gemiddelde NWC op jaarbasis, opgeteld uit de gemiddelde NWC's per snede (waarbij ontbrekende waarden niet meetelden), bedroeg 58% van Ntotaal. Deze waarde nadert de NWC voor bouwland (tabel 16). Anderzijds wijken ook empirisch bepaalde NWC's op bouwland af van de modelmatig bepaalde NWC's. Bij recentelijk onderzoek bij aardappelen (3 veldproeven) werd voor dunne varkensmest bij voorjaarstoediening een gemiddelde NWC gevonden van circa 45% (op basis van reactie knolopbrengst) (Dekker, 2004). Wilting & Wadman (1992) vonden bij voorjaarstoediening van dunne varkens- en kippenmest voor suikerbieten een NWC van circa 65% (op basis van reactie op α -amino-N in biet, totaal 12 proeven). In beide gevallen is de empirisch gevonden NWC lager dan de modelmatige (zie tabel 15). In beide proefseries was de spreiding groot, namelijk 15-65% bij aardappelen en 20-100% bij suikerbieten.

Bij een beperkt aantal waarnemingen kunnen enkele proefresultaten grote invloed uitoefenen op het gemiddelde. Mogelijk is een deel van de variatie te herleiden naar proefomstandigheden (N-leverend vermogen, respons op N-bemesting, ammoniakemissie) en/of mestsamenstelling. Binnen de korte tijd die voor deze studie beschikbaar is, is het echter niet mogelijk dit te kwantificeren. Los daarvan zal een empirisch afgeleide NWC altijd behept zijn met een grote variatie. Daarom wordt richting Cie's Bemesting aanbevolen om na te gaan in hoeverre ook voor grasland een modelmatige aanpak te hanteren is.

Overigens is ook een modelmatige aanpak met variatie omgeven. Variatie in invoerwaarden (bijvoorbeeld mineralisatie Norg) geeft ook variatie in uitkomsten. Daarnaast worden bij een modelmatige aanpak neveneffecten zoals rijspoorschade, extra denitrificatie, enz., vaak buiten beschouwing gelaten.

Bij de huidige adviezen en de modelmatige berekening van de NWC zoals weergegeven in tabel 15, is uitgegaan van een vroege toediening (vóór eerste snede). In de praktijk wordt er ook bij latere snedes mest toegediend. In dat geval zal door het kortere groeiseizoen (lagere werking Norg) de modelmatig afgeleide NWC lager zijn. De gemiddelde NWC voor alle op grasland toegediende mest zal dan ook lager zijn dan bij

toediening vóór de eerste snede.

Tabel 16. **NWC dunne rundvee en varkensmest op gras- en bouwland volgens huidige adviezen en bij hogere empirische NWC bij grasland.**

Mest- Soort	Grasland				Bouwland	
	Empirische NWC 50%		Empirische NWC 58%		Injectie	Oppervlakkig inwerken
	Zodenbemesting	Sleepvoet	Zodenbemesting	Sleepvoet		
Dunne rundveemest	50	44	58	51	62	55
Dunne varkensmest	54	47	63	55	74	65

Naast de zojuist genoemde verschillen in grondslag, constateert de WOW dat er bij grasland een uitgegaan wordt van een lagere werking van de Norg dan bij bouwland. Dit is niet logisch gezien het langere groeiseizoen van gras in vergelijking met veel bouwlandgewassen. Bovendien wordt er bij bouwland, in tegenstelling tot bij grasland, uitgegaan van een verschil in werking van Norg tussen rundmest en varkensmest. Genoemde verschillen berusten voor een belangrijk deel op verschil in aannames voor afbraakarakteristieken van de Norg. Hierbij kan nog worden opgemerkt dat de N-mineralisatie bij het model waarmee Lammers (1984) de N-mineralisatie berekent rechtstreeks is afgeleid van de C-mineralisatie. De C-mineralisatie hoeft niet altijd parallel te lopen met de N-mineralisatie. Bij materialen met een hoog C/N-quotiënt zal de C-mineralisatie sneller verlopen dan de N-mineralisatie. Bij het gelijkstellen van de snelheden zal de N-mineralisatie mogelijk worden overschat. Dit kan deels worden ondervangen door bij de berekeningen rekening te houden met immobilisatie.

De waargenomen inconsistentie tussen gras- en bouwland is niet logisch en verdient een heroverweging.

Op grasland wordt voor kunstmest uitgegaan van een werking van 100% voor de snede direct na toediening. Bij organische mest wordt bij de Nm uitgegaan van een verdeling over de snedes. Het lijkt echter logischer om, analoog aan kunstmest, ook de werking van de Nm uit mest volledig toe te rekenen aan de snede na toediening. Voor de cumulatieve totale werking van de N uit mest maakt dat echter niet veel uit. Wanneer uitgegaan wordt van de resultaten van de veldproeven, betekent een verschuiving van de werking van de Nm naar de 1^e snede dat de werking van de Norg in de 1^e snede lager wordt en in latere sneden hoger. Overigens moet worden benadrukt dat de Nm-verdeling een berekende is, gebaseerd op de empirisch vastgestelde verdeling van de Ntotaal en een aangenomen verdeling van Norg.

6.4 Nawerking

Bij de kwantificering van de bandbreedte voor de NWC (hoofdstuk 4) is nawerking (Nr) niet meegenomen. De reden hiervoor is dat de nawerking (deels) impliciet in de bemestingsadviezen is verdisconteerd (zie hoofdstuk 3.2.2.) en daarmee min of meer ook in de gewasgebruiksnormen. Zoals aangegeven betreft het in veel gevallen slechts een deel van de Nr die op deze manier wordt meegenomen. Vooral bij regelmatig gebruik van mestsoorten waarbij de Nr-aanvoer relatief hoog is zoals bij plantaardige mest (o.a. compost) zal dit op termijn waarschijnlijk leiden tot een werkzaamheid van Nr die hoger is dan die nu impliciet in de bemestingsadviezen is verdisconteerd. De lage eerstejaars werking van 10-15% kan dan worden verhoogd. Overigens wordt champost op dit moment in de groep geplaatst van plantaardige organische mestsoorten, terwijl deze vooral van dierlijke oorsprong is (o.a. paardemest). Nagegaan zou moeten worden in hoeverre de werking van champost afwijkt van compostsoorten.

6.5 Urinezuur in kippenmest

Zoals reeds aangegeven is een deel van de organische N in kippenmest aanwezig in de vorm van urinezuur. Urinezuur breekt snel af en heeft daardoor een vergelijkbare werking als minerale N. Hierdoor wordt de

werking van kippenmest bij hantering van de rekenregels van Lammers (1984) mogelijk onderschat. Probleem is dat het aandeel urinezuur in de organische N sterk varieert. In tabel 17 is voor een aantal veel gebruikte kippenmestsoorten de N-werking uitgerekend bij een variërend urinezuuraandeel bij toepassing op bouwland in het voorjaar. Er is uitgegaan van een mestsamenstelling (verdeling Nm en Norg) zoals weergegeven in bijlage 5. Voor de werking van het niet-urinezuurdeel van de Norg is uitgegaan van 30 en 45%, de Norg-werking van resp. runder- en varkensmest volgens Lammers (1984). Afhankelijk van de mestsoort en gehanteerde werking van niet-urinezuurdeel van de Norg liep de NWC uiteen van 41 tot 83% bij toename van aandeel urinezuur-N in de Norg van 10 tot 70%.

Tabel 17. **NWC kippenmest in relatie tot aandeel urinezuur in Norg bij een werking van 30 en 45% van het niet-urinezuurdeel van de Norg in de mest (bouwlandsituatie, voorjaarstoediening).**

Aandeel urinezuur in Norg (%)	Werking van niet-urinezuurdeel Norg (%)					
	30			45		
	Leghennen mest	Slachtkuiken Mest	Kippenstrooisel mest	Leghennen mest	Slachtkuiken Mest	Kippenstrooisel mest
0	35	39	53	48	51	61
10	41	45	56	53	56	64
20	48	50	60	58	60	67
30	54	56	64	63	65	70
40	60	62	68	68	69	73
50	66	68	72	73	74	76
60	73	73	76	78	78	79
70	79	79	79	83	83	82

6.6 Najaarstoediening organische mest

Op kleigrond wordt vanwege risico's van structuurschade organische mest vaak in de herfst toegediend. Uit tabel 12 blijkt dat de NWC in dat geval laag is vanwege verliezen van vooral het minerale deel van de N. De NWC kan worden verhoogd door een groenbemester te telen. In tabel 18 is dit geïllustreerd voor dunne varkensmest. Uitgangspunt is een geslaagde groenbemester die 80 kg N per ha opneemt. Het positieve effect van een groenbemester hangt af van de omvang van de mestgift. Bij giften van 20, 30 en 40 m³ per ha stijgt de NWC met resp. 11, 7 en 4% in vergelijking met een kale toediening. Wanneer de aanvoer van Nm uit mest de opnamecapaciteit van de groenbemester overstijgt is de verhoging van de NWC geringer. Echter ook bij een aangepaste gift is de NWC doorgaans lager dan bij voorjaarstoediening (60-70%). Wanneer bij voorjaarstoediening structuurschade optreedt wordt deze werking niet behaald.

Tabel 18. **Effect van het telen van een groenbemester op de NWC van dunne varkensmest in geval van herfsttoediening (modelmatige benadering volgens Lammers (1984)).**

Mestgift (m ³ /ha)	N-aanvoer (kg/ha)		NWC (%)	
	Nm	Norg	Geen groenbemester	Wel groenbemester
20	84	60	23	34
30	126	90	23	30
40	168	120	23	27

Bij gewassen die in de herfst worden gezaaid/geplant is er niet altijd keuze tussen najaars- en voorjaarstoediening. Dit is bijvoorbeeld het geval bij bloembolgewassen (voorjaarbloeiers) waarbij vooral op duinzandgronden standaard vaste mest (stalmest, compost) voorafgaand aan het planten wordt uitgereden.

6.7 Weidemest

In de literatuur zijn geen berekende of gemeten waarden voor de NWC's gevonden, waarmee de totale

werking van weidemest (zowel van urine- als van mestplekken) wordt weergegeven. Vellinga *et al.* (2001) geeft een overzicht van schattingen van de schijnbare stikstofterugwinning ('apparent N recovery') in urineplekken op basis van literatuuronderzoek (gemiddeld over het hele jaar: 11 – 43%). Bij de resultaten uit dit rapport zijn voor de beide zandgrondsituaties waarden uitgerekend, variërend van 9 tot 24%. Deze waarden bevinden zich dus in de onderste helft van de schattingen uit de literatuur. Voor een meer nauwkeurige vergelijking met de literatuurgegevens is het nodig om het bemestingsniveau en de maximale stikstofopbrengst te kennen van de literatuurgegevens, omdat uit de analyse bleek dat deze twee parameters van grote invloed zijn op de berekende stikstofterugwinning in urineplekken.

In zowel figuur 5.1 als 5.2 kan door de puntengroepen van drie van de vier combinaties (Zand/praktijk, Zand/proefveld en Veen/praktijk) een vloeiende kromme lijn getrokken worden. Hiermee wordt zichtbaar gemaakt dat voor deze combinaties de NWC's op basis van de stikstof- en drogestofopbrengst beter correleren met de marginale drogestofopbrengst dan met de N-bemesting. Dit betekent ook dat verschillen in de opbrengstcurven, die gebruikt zijn in deze studie door de keuze voor verschillende grondsoort/zodekwaliteit combinaties, in drie van de vier gevallen geen effect hebben op de relatie tussen beide NWC's en de marginale drogestofopbrengst. Voor het beschrijven van deze relatie volstaat het dus om één van de drie combinaties te kiezen in de berekeningen. De conclusie kan dan zijn dat de relaties in figuur 5.1 en 5.2 ook gelden voor andere opbrengstcurven, c.q. andere grondsoort/zodekwaliteit combinaties, die niet in deze studie zijn meegenomen. Echter, de combinatie Veen/proefveld wijkt af ten opzichte van de andere drie, waarbij de NWC's sterker reageren op een verandering in de marginale drogestofopbrengst. Dit heeft mogelijk te maken met de veel lagere schijnbare stikstofterugwinning in de Veen/proefveld invoerset in vergelijking met andere drie grondsoort/zodekwaliteit combinaties (zie parameter Rholni in bijlage II). Als deze veronderstelling klopt, dan moet bovenstaande conclusie over het effect van opbrengstcurven beperkt worden tot die verzameling van opbrengstcurven waarbij de verschillen in schijnbare stikstofterugwinning gering is.

De variatie in de berekende NWC's als gevolg van variatie in de invoer is nog onvoldoende onderzocht, met name ten aanzien van de parameters die constant gehouden zijn in deze studie en de invoer die betrekking heeft op de opbrengstcurve (zie hierboven). Een gevoeligheidsanalyse is nodig om meer inzicht te verkrijgen in het bereik waarover de NWC's kunnen variëren om daarmee de mate van onzekerheid in de berekende waarden vast te stellen.

De NWC op basis van de stikstofopbrengst is in deze studie hoger dan de NWC op basis van de drogestofopbrengst, omdat de respons van de N-opbrengst doorgaans sterker is dan die van de drogestofopbrengst in een urineplek. Weidemest heeft daardoor een verhogend effect op het stikstofgehalte van het gras. De berekende NWC's op basis van de stikstofopbrengst kan nu ook gebruikt worden ten behoeve van een nauwkeuriger schatting van de N-balans en de N-verliezen in beweid grasland in vergelijking met onbeweid grasland.

In de praktijk zullen de NWC's van weidemest in het algemeen lager zijn dan de berekende waarden uit deze studie. Dit hangt samen met de keuze om de NWC's te baseren op de bruto opbrengst en niet op de netto opbrengst (zie 5.1 en Bijlage III). De oogstmethode (weiden of maaien) heeft invloed op de 'benutbaarheid' van het gras. Door vermijding van het gras door het vee direct nadat urine uitgescheiden is, wordt het gras in een urineplek te oud (persoonlijke mededeling G. Holshof). Daardoor vermindert de opname in een volgende beweidingsronde en wordt het extra gras in urineplekken minder benut ("geoogst"). In de praktijk blijft dit niet-opgenomen deel door bloten vaak op het land achter en zijn de uiteindelijke NWC's lager. De verminderde opname treedt dus op bij herhaalde beweiding en is daardoor afhankelijk van de beweidingsintensiteit. Daarnaast zal een hogere beweidingsintensiteit een toename in overlap van met name urineplekken veroorzaken, waardoor de meeropbrengst van de urinelozingen afneemt. Ook met dit effect is geen rekening gehouden in de huidige rekenprocedure. Beide aspecten zorgen ervoor dat er met betrekking tot de netto opbrengst in de praktijk een negatieve correlatie bestaat tussen beweidingsintensiteit en NWC, dat niet in deze studie naar voren is gekomen.

De gevonden relaties voor de individuele urineplekken en mestflatten op basis van de resultaten van de

proeven en de ontwikkelde rekenprocedure voor de bepaling van de NWC's zouden beter getoetst moeten worden om meer vertrouwen en een bredere (inter)nationale consensus in de uitkomsten te verkrijgen. Dit kan het beste gebeuren door publicatie van dit werk in een internationaal tijdschrift. Hierbij kan dan ook extra literatuuronderzoek uitgevoerd worden om de hier gevonden NWC's te vergelijken met waarden uit de literatuur.

7 Conclusies

7.1 Opslagmest

Uitgaande van de huidige adviezen varieerde de NWC van de veel gebruikte organische mestsoorten dunne rundvee- en varkensmest in geval van voorjaarstoediening, afhankelijk van toedieningstechniek van resp. 44-50% en 47-55% op grasland en resp. 50-62% en 60-75% op bouwland. Bij vaste mest (rundvee en kippen) bedraagt de bandbreedte voor de NWC 15-35% bij grasland en 39-61% voor bouwland. Bij najaarstoediening op bouwland bedraagt de bandbreedte 19-23% voor dunne mest en voor vaste mest 23-32%.

Het gesignaleerde verschil tussen de NWC van dunne mest op gras- en bouwland behoeft de volgende nuancerings. Bij de afleiding van de NWC is er een duidelijk verschil in grondslag tussen gras- en bouwland. De NWC voor grasland is empirisch vastgesteld en die voor bouwland modelmatig. Wanneer ook de meest recente graslandproeven in beschouwing worden genomen (uitbreiding van de oorspronkelijke dataset) wordt een circa 10% hogere NWC gevonden. Wanneer tevens in aanmerking wordt genomen dat de NWC van bouwland mogelijk wat te optimistisch wordt ingeschat (met name de werking van de Norg), lijkt het erop dat de NWC van gras- en bouwland elkaar dicht naderen.

Bij bovenstaande conclusies is uitgegaan van de eerstejaarswerking. De nawerking is niet meegenomen omdat deze mogelijk (deels) verdisconteerd zit in de bemestingsadviezen. Zoals reeds eerder aangegeven (o.a. paragraaf 6.4) zal dit niet in alle situaties het geval zijn.

7.2 Weidemest

De berekende NWC's voor weidemest hangen af van het N-bemestingsniveau. Bij N-giften variërend tussen 250 en 350 kg werkzame N per ha per jaar voor minerale gronden en tussen 150 en 250 kg werkzame N per ha per jaar voor veengronden werden NWC's berekend van circa 0% ten aanzien van de drogestofopbrengst en circa 15% ten aanzien van de stikstofopbrengst. Bij lagere bemestingsniveaus zijn de NWC's iets hoger (tot circa 10 resp. 20% bij 150 kg werkzame N per ha per jaar op minerale gronden), echter deze bemestingsniveaus zijn in de Nederlandse melkveehouderij niet gebruikelijk.

8 Onderzoeksaanbevelingen

8.1 Opslagmest

- Actualisatie van huidige emissiekengetallen voor grasland aan de hand van metingen die gedurende de afgelopen jaren hebben plaatsgevonden, waarbij dan rekening wordt gehouden met de toepassing in de huidige praktijk (o.a. weersomstandigheden, toepassing/afstelling van technieken).
- Uniformering van de uitgangspunten voor de onderbouwing van de NWC van organische mest op gras- en bouwland met nadruk op modelmatige aanpak.
- Analyse van de veldproeven die als basis hebben gediend voor de afleiding van de NWC voor grasland, gericht op het specificeren van de waargenomen variatie in NWC.
- Actualisering afbraak Norg-fractie (verhouding Ne/Nr).
- Het aandeel urinezuur in Norg in kippenmest, eventuele verschuivingen hierin als gevolg van de soort (behandeling) van de mest en de werking van Norg van kippenmest in relatie tot het aandeel urinezuur.
- Veldmetingen naar de ammoniakemissie bij het uitrijden van vaste mestsoorten.
- Inzicht in de verschuiving van de verhouding Nm:Ne:Nr bij het vergisten van mest en vergelijking NWC niet en wel vergiste mest.
- Heroverweging grondslag N-adviezen AT: Nagaan of nawerkingen en depositie, die nu impliciet in AT-adviezen zitten, eruit zijn te halen en plaats specifiek kunnen worden ingerekend.
- Nader onderzoek naar (vooral modelmatige) onderbouwing van vaste organische mestsoorten.

8.2 Weidemest

- Een gevoeligheidsanalyse naar het bereik waarover de NWC's kunnen variëren in relatie tot de parameters die constant zijn gehouden in deze studie.
- Verbetering van de kwantificering van het effect van beweidingsintensiteit op de NWC.
- Toetsing van de berekende waarden van de NWC's met gegevens uit de literatuur.
- Publicatie van de gevonden resultaten in een internationaal tijdschrift.

Literatuur

- Anonymus, 1994. Fertiliser recommendations for agricultural and horticultural crops. MAFF reference book 209, HMSO, London.
- Anonymus, 1997. Handboek Melkveehouderij. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad, 520 pp.
- Anonymus, 2002. Adviesbasis Grasland en Voedergewassen. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, 156 pp.
- Amsberger, A., K. Vilsmeier und R. Gutser, 1982. Stickstoff-fractionen verschiedener Güllen und deren Wirking im Pflanzenversuch. Z. Pflanzenernernaehr. Bodenk. 145: 325-336
- Beijer, L & Westhoek, H. (1996) Meststoffen voor de rundveehouderij IKC rapport, 109 pp.
- Bitzer, C.C. and J.T. Sims, 1988. Estimating the availability of nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies. Journal of Environmental Quality 17: 47-54.
- Bruinenberg, M.H., J.C. van Middelkoop, 2004. Werking van stikstof uit runderdrijfmest. Praktijkrapport Rundvee 43, Animal Sciences Group divisie Praktijkonderzoek, 25 pp.
- Chae, Y.M. and M.A. Tabatabai, 1986. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. Journal of Environmental Quality 15: 193-198.
- Chescheir, G.M. (III), P.W. Westerman and L.M. Safley jr., 1986. Laboratory methods for estimating available nitrogen in manures and sludges. Agricultural Wastes 18: 175-195.
- Deenen, P.J.A.G. en N. Middelkoop, 1992. Effects of cattle dung and urine on nitrogen uptake and yield of perennial ryegrass. Netherlands Journal of Agricultural Science 40: 469 - 482
- Dekker, P.H.M., 2004. Inzet van mest op klei kan anders en beter. Boerderij/Akkerbouw 89-nr.15.
- Dekker, P.H.M. & J. Paauw, 2002. Bepaling van de opbrengstschade in wintertarwe bij aanwending van dierlijke mest in het voorjaar op kleigrond. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, projectrapport 110120, pp 28.
- Faassen, H.G. van & H van Dijk, 1987. Manure as a source of nitrogen and phosphorus in soils. In: H.G. van der Meer, R.J. Unwin, T.A. van Dijk, G.C. Ennik (eds). Animal manure on grassland and fodder crops. Fertilizer or Waste ? Developments in plant and soil sciences 30. p 27-45.
- Gorissen, A., J.J. Schröder, O. Oenema & A.P. Whitmore, 1999. Deskstudy najaarstoediening dierlijke mest op kleigrond (uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van LNV). Rapport 95, AB-DLO, Wageningen, 30 pp.
- Gijsman, A. & Hamwijk, E (1986). Een vergelijkend onderzoek naar de bemestende waarde en gebruiksmogelijkheden van drijfmest en gegiste mest op een rundveehouderij: eindrapport van het "gegiste mestproject" van de rijksuniversiteit Utrecht. Utrecht plant ecology news report 5.
- Guenzi, W.D., W.E. Beard, F.S. Watanable, S.R. Olsen & L.K. Porter, 1978. Nitrification and denitrification in cattle manure amended soil. Journal Env. Qual. 7, 196-202.
- Haan, de S., J. Lubbers & A. de Jong, 1985. Zuiveringsslib in de akkerbouw. PAGV-verslag nr. 38, Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, 111 pp.
- Huijsmans, J.F.M. 2003. Manure application and ammonia volatilization. PhD thesis Wageningen University with summaries in English and Dutch, Wageningen, The Netherlands, ISBN 90-5808-937-1, pp 160.

- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & G.D. Vermeulen, 2003. Effect of application method, manure characteristics, atmosphere and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. *Atmospheric Environment* 37: 3669-3680.
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & B. Verwijs, 2002. Mesttoediening op bouwland in het voorjaar. Metingen ammoniakemissie bij mesttoediening in graan. IMAG Nota P2002-83, Wageningen, pp. 21
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & M.M.W.B. Hendriks, 2001. Effect of application technique, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49: 323-342.
- Huijsmans, J.F.M. & J.M.G. Hol, 2001. Mesttoediening voorjaar bouwland. Notitie rondom discussie mesttoediening voorjaar in graan, IMAG, 20-8-2001, pp. 3.
- Huijsmans, J.F.M. & R.M. De Mol, 1999. A model for ammonia volatilization after surface application and subsequent incorporation of manure on arable land. *Journal of Agricultural Engineering Research* 74: 73-82.
- Lammers, H.W. (1983) Gevolgen van het gebruik van dierlijke mest op bouwland. ICW rapport voor de commissie ter voorbereiding van de normering van het gebruik van dierlijke mest
- Lammers, H.W. , 1984. Een berekende N-werkingscoëfficiënt voor diverse dierlijke organische mestsoorten. *De Buffer* 1984-5:169-197
- Kebreab, E., France, J., Beever, D.E. and Castillo, A.R. (2001) Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60, 275-285.
- Lantinga, E.A., Keuning J.A., Groenwold, J. and P.J.A.G. Deenen, 1987. Distribution of excreted nitrogen by grazing cattle and its effects on sward quality, herbage production and utilization. In: H.G. van der Meer *et al.* (Eds.), *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste? Developments in Plant and Soil Sciences Vol. 30*, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 17 - 25.
- Mulder, E.M. & 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, pp. 71.
- Nicholson, FA, Chambers, BJ & Smith, KA, 1996. Nutrient composition of poultry manures in England and Wales. *Bioresources Technology* 58, 279-284.
- Noij, I.G.A.M. en J.J. Schröder, 1992. Nieuw stikstofbestedingsadvies voor maïs op basis van grondonderzoek. IKC, afdeling Rundvee, Schapen en Paarden, Intern rapport nr 15.
- Noij, I.G.A.M. en H.J. Westhoek, 1992; Werking van dierlijke mest op gras- en maïsland bij emissie-arme aanwending. IKC, afdeling Rundvee, Schapen en Paarden, Intern rapport nr 8.
- Oenema, J., Ten Berge, H.F.M., De Jong, C.J. en B. Fraters, 2002. Stikstofoverschotten in 'Koeien & Kansen' en de relatie met nitraatconcentratie in grond- en oppervlaktewater. Plant Research International, Wageningen. Rapport 49, 83 pp.
- Paul, J.W., Dinn, N.E., Kannangara, T. and Fisher, L.J., 1998. Protein content in dairy cattle diets affects ammonia losses and fertilizer nitrogen value. *Journal of Environmental Quality* 27: 528-534.
- Schreuder, R., A.P. Wouters, P.J.M. Snijders, 1995. Ontwikkeling zodebemester en N-werking dunne rundmest bij gebruik zodebemester en zode-injecteur op grasland. Proefstation voor de Rundveehouderij, rapport nr 162.

Schröder, J.J., 2004. Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. Bioresource Technology (in press).

Schröder, J.J., Jansen, A.G. & Hilhorst, G.J. (2001) Lange-termijn effect van een krappe bemesting bij snijmaïs. Plant Research International rapport 37

Schröder, J.J., A. Bannink & R. Kohn, 2004. Improving the efficiency of nutrient use in cattle operations. In: Pfeffer, E. & A.N. Hristov (Eds.) Nitrogen and phosphorus nutrition of cattle. CABI, Wallingford UK (in press).

Sims, JT & Wolf, DC, 1994. Poultry waste management: agricultural and environmental issues. Advances in Agronomy 52, 2-72

Sluijsmans C.M.J. & Kolenbrander, G.J. (1976) De stikstofwerking van stalmest op lange en korte termijn. Stikstof 83/84: 349-354

Tamminga, S Jongbloed, AW, Eerd, MM van, Aarts, HFM, Mandersloot, F, Hoogervorst, NJP, & Westhoek, H, 2000. De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Rapport ID Lelystad no 00-2040, 71p

Ten Berge, H.F.M, Withagen J.C.M, De Ruijter, F.J., Jansen, M.J.W. en H.G. van der Meer, 2000. Nitrogen responses in grass and selected field crops. Plant Research International, Wageningen. Report 24, 44 pp + bijlagen.

Van der Veen, L. (1985) Invloed van de mestsoort en mesthoeveelheid op de opbrengst en chemische samenstelling van gras, de botanische samenstelling en dichtheid van de zode, alsmede de mineralenhuishouding en enkele biologische factoren in een zandgrond. IB-rapport 3-85.

Van Dijk, W., 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen (In Dutch). PPO-publicatie nr. 307, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, 66 pp.

Van Lune, P., J. Hassink, B. van Luit & K.W. Smilde, 1993. Onderzoek naar de landbouwkundige waarde van VAM GFT-landbouwcompost. N- en P-werking en afbraak organische stof. IB-rapport, DLO-Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren, 81 pp.

Vellinga, Th.V., Van der Putten, A.H.J., en M. Mooij, 2001. Modelling grassland management and nitrate leaching. Netherlands Journal of Agricultural Science 49: 229 - 253

Velthof G.L., O. Oenema, R. Postma and M.L. van Beusichem, 1997. Effects of type and amount of applied nitrogen fertilizer on nitrous oxide fluxes from intensively managed grassland. Nutrient Cycling in Agroecosystems 46: 257-267

Velthof, G.L., P.J. van Erp & J.C.A. Steevens, 1999. Karakterisering en stikstofmineralisatie van organische meststoffen in een nieuw daglicht. Meststoffen 1999, p. 36-43.

Wiling, P. & W. Wadman, 1992. De werking van in het voorjaar aan suikerbieten toegediende varkens- en kippenmest. Interne mededeling nr. 133, Instituut voor Rationele Suikerproductie, Bergen op Zoom, 88 pp.

Wadman, W (1991) Het effect van voorjaarstoediening van kippenmest op de opbrengst van fabrieksaardappelen. IB Nota 241.

Zwart, K, (2002), XCLNCE, een spreadsheet voor het berekenen van stikstof en koolstof in de bodem. Alterra rapport 427

Bijlage I. Voorbeeldberekening werkingscoëfficiënt van weidemest

In deze bijlage wordt een voorbeeldberekening gegeven volgens de rekenprocedure, waarmee de werkingscoëfficiënten van weidemest zijn bepaald.

Basisproductie

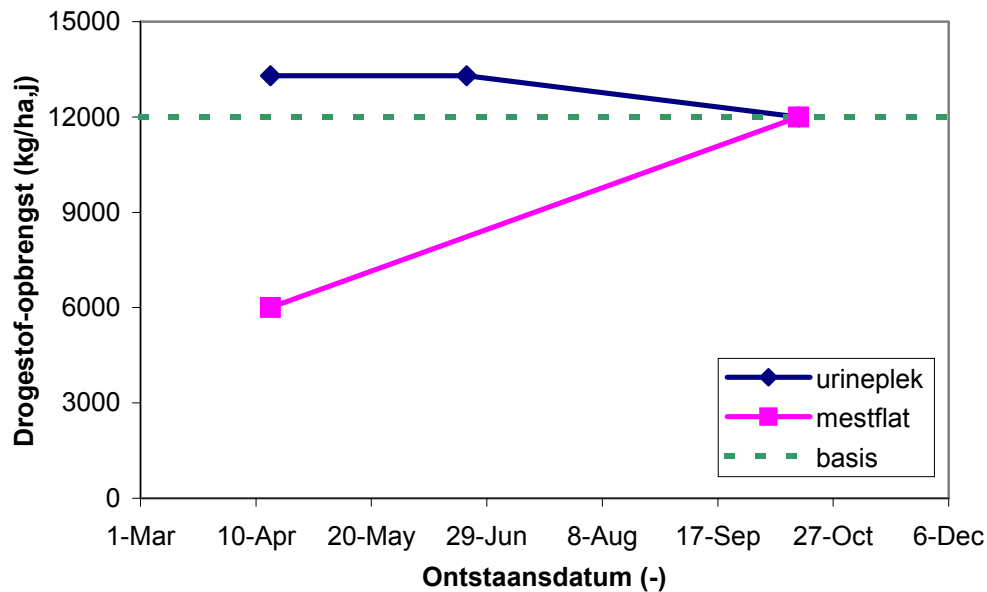
De berekening start met een keuze voor de basisbemesting en de bijbehorende basisopbrengsten van grasland zonder de effecten van urineplekken en mestflatten.

1. basisbemesting ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$) :	$F_B = 250$
2.1 basisopbrengst aan droge stof ($\text{kg ds ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$):	$Y1_B = 12000$
2.2 basisopbrengst aan stikstof ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$):	$Y2_B = 357$

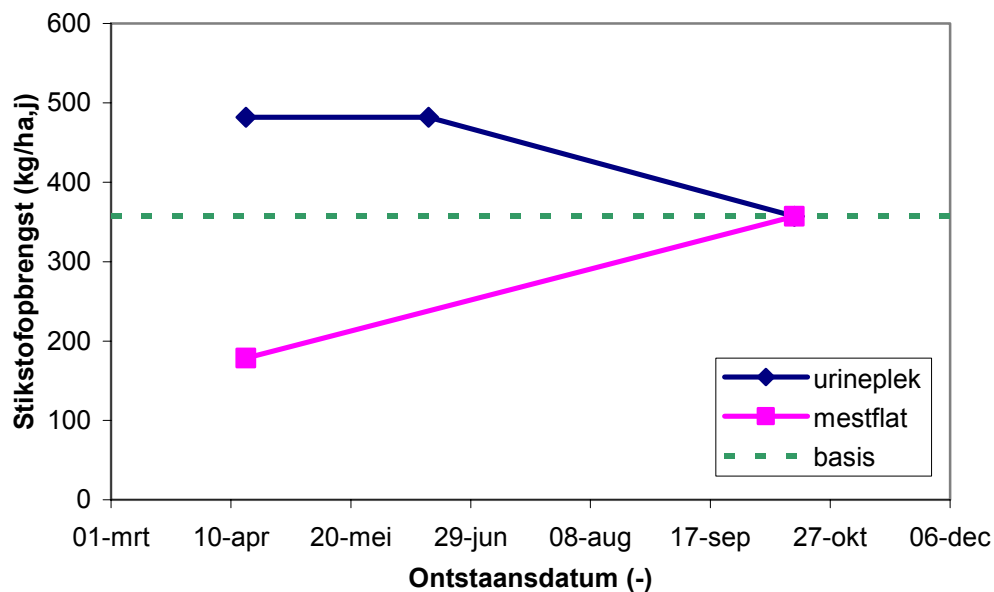
De hoeveelheid bemesting is uitgedrukt in kg werkzame stikstof (N) en met de basisopbrengsten worden *bruto* droge stof (ds) en stikstofopbrengsten bedoeld. Voor een zo goed mogelijke schatting van $Y1_B$ en $Y2_B$ wordt in de berekeningen van de werkingscoëfficiënten gebruik gemaakt van het empirische opbrengstmodel QuadMod (Ten Berge *et al.*, 2000), waarmee voor een aantal uiteenlopende situaties $Y1_B$ en $Y2_B$ kunnen worden bepaald als functie van F_B (zie Bijlage II). In dit voorbeeld wordt met bovenstaande getallen (F_B , $Y1_B$ en $Y2_B$) gerekend.

Opbrengst urineplekken en mestflatten

Urineplekken op grasland leveren vaak meer opbrengst op in vergelijking met 'onbehandeld' grasland, indien niet teveel bemest wordt. Urinebrandplekken met minder opbrengst kunnen ook voorkomen en dan met name bij hogere bemestingsniveaus (Deenen en Middelkoop, 1992). Ze zijn in deze analyse echter niet meegenomen, omdat een duidelijke relatie met het bemestingsniveau ontbreekt (Vellinga *et al.*, 2001). De totale jaaropbrengst van een urineplek hangt met name af van (1) de datum waarop de urineplek is ontstaan en (2) het algehele opbrengstniveau van het grasland. In het algemeen geldt daarbij dat urine toegediend in het voorjaar een sterker effect heeft op de opbrengst dan urine in het najaar. Dit is schematisch weergegeven in figuur 1a & b.



Figuur 1a. De totale drogestofopbrengst in een jaar van een urineplek en een mestflat uitgezet tegen de datum waarop de plekken ontstaan zijn.



Figuur 1b. De totale stikstofopbrengst in een jaar van een urineplek en een mestflat uitgezet tegen de datum waarop de plekken ontstaan zijn.

De vorm van de relaties tussen opbrengst en het ontstaansmoment van een urineplek in figuur 1a & b is in overeenstemming met data uit twee in Nederland gehouden proeven (ongepublic. data Van der Putten, 1993 en Corré, 2002, 2003). In deze proeven bleek dat op urineplekken, aangelegd op verschillende datums in de eerste helft van het groeiseizoen, min of meer dezelfde hoeveelheid stikstof en droge stof werd geoogst, terwijl plekken van latere datums in het seizoen een afnemend opbrengsteffect lieten zien. In figuur 1a & b wordt aangenomen dat het einde van het beweidingseizoen samenvalt met het einde van het oogstseizoen, zodat de opbrengst van een urineplek die ontstaat op de laatste oogstdag van het jaar gelijk zal zijn aan $Y1_B$ resp. $Y2_B$. De gedeponeerde urine wordt dan immers niet meer geoogst in datzelfde jaar.

Bij eerder opstallen in de herfst (bijv. 1 september) zal de berekening aangepast moeten worden, omdat dan na de laatste beweiding nog geoogst kan worden, bijv. door te maaien op 15 oktober. De opbrengst van een laatste urineplek zal hierdoor gemiddeld iets hoger liggen dan Y_{1_b} en Y_{2_b} . Najaars-weidemest kan ook opbrengsteffecten veroorzaken in het daaropvolgende voorjaar. Echter, de analyse die hier wordt gebruikt laat deze effecten buiten beschouwing en berekent alleen de werkingscoëfficiënten op basis van de werking in het jaar van toediening.

De urinelijnen uit figuur 1a & b worden dus gekarakteriseerd door vijf invoergegevens: de jaaropbrengst van een 'vroege' urineplek ten aanzien van droge stof en stikstof ($Y_{1_{u,v}}$ en $Y_{2_{u,v}}$), de basisopbrengsten Y_{1_b} resp. Y_{2_b} en drie datums, namelijk: de eerste en laatste dag van het beweidingsseizoen en het buigpunt vanaf wanneer urineplekken lagere opbrengsten geven.

3. eerste dag van beweiding, vanaf 1 januari (d):	$T_s = 106$ (15 april)
4. laatste dag van beweiding, vanaf 1 januari (d):	$T_e = 288$ (15 oktober)
5.1 dag van buigpunt voor droge stof, vanaf 1 januari (d):	$T_{1_b} = 174$ (23 juni)
5.2 dag van buigpunt voor stikstof, vanaf 1 januari (d):	$T_{2_b} = 167$ (16 juni)

De resultaten van de proeven van Van der Putten en Corré zijn gebruikt om een gemiddelde waarde te bepalen voor de datum waarop een urineplek nog dezelfde opbrengst geeft als urineplekken van voor die datum (zie T_{1_b} resp. T_{2_b}). Volgens deze resultaten bedroeg het verschil in de waarden van T_b gemiddeld één week tussen de buigpunten voor droge stof (T_{1_b}) en die voor stikstof (T_{2_b}). De resultaten van deze proeven zijn ook gebruikt om een relatie te vinden, waarmee $Y_{u,v}$ berekend kan worden als functie van Y_b en de maximale opbrengst bij ongelimiteerde N-voorziening, Y_x . Dit geldt zowel voor droge stof als voor stikstof, die met de indices 1 resp. 2 worden aangegeven. In deze relatie neemt de verhouding $Y_{u,v} / Y_b$ af als functie van de verhouding Y_b / Y_x , waarbij verondersteld wordt dat $Y_{u,v} = Y_x$, indien $Y_b = Y_x$. Bij ongelimiteerde N-voorziening wordt dus geen meeropbrengst berekend als gevolg van urinedepositie. In dit rekenvoorbeeld wordt gerekend met:

6.1 drogestofopbrengst 'vroege' urineplek ($\text{kg ds ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$):	$Y_{1_{u,v}} = 13300$
6.2 stikstofopbrengst 'vroege' urineplek ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$):	$Y_{2_{u,v}} = 482$

In de berekening wordt verder aangenomen dat de urine-N depositie in een urineplek circa $400 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ per urinelozing bedraagt. Volgens Vellinga *et al.* (2001) geldt dit voor N-bemestingsniveaus vanaf ongeveer 200 tot $450 \text{ kg werkzame N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$. De gemiddelde opbrengsten van alle urineplekken die tussen T_s en T_e ontstaan zijn nu gelijk aan:

7. gemiddelde opbrengst urineplek ($\text{kg ds of N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$):	$Y_{u,m} = (T_b - T_s) / (T_e - T_s) Y_{u,v} + (T_e - T_b) / (T_e - T_s) 0,5(Y_{u,v} + Y_b)$
---	--

Vergelijking 7 kan zowel voor droge stof als voor stikstof gebruikt worden, indien voor Y_b , $Y_{u,v}$ en T_b de specifieke waarden worden ingevuld. De totale opbrengstverhoging gedurende het groeiseizoen als gevolg van alle urineplekken wordt mede bepaald door het totale oppervlak dat door urine beïnvloed wordt (zie hieronder).

Mestflatten hebben een ander effect op de opbrengst dan urineplekken. Er zijn bij mestflatten twee zônes te onderscheiden. Door een mestflat wordt het gras aanvankelijk bedekt en daardoor ligt de productie onder een flat voor een bepaalde periode stil. Nadat de mestflat opgelost is, kan de productie weer op gang komen. Hierbij kan een verhoogde N beschikbaarheid voorkomen (o.a. door mineralisatie van organische N uit de mestflat), maar wellicht ook enige schade aan de graszode. Om de mestflat heen is een tweede zône die door dieren vaak gemeden wordt, waardoor het gras in geval van beweiding blijft staan. Bij maaien kan dit gras in het geoogste materiaal worden meegenomen. Echter, beweide grasland wordt in Nederlandse praktijk regelmatig gebloot, waardoor het gras rondom een mestflat verloren kan gaan. In de berekening van de werkingscoëfficiënten van weidemest wordt nu omwille van de eenvoud verondersteld dat de zône rondom een mestflat dezelfde opbrengsten geeft in vergelijking met het grasland dat niet beïnvloed wordt

door weidemest. Echter, voor de bepaling van de gemiddelde opbrengsten onder een mestflat is het nodig om net als voor een urineplek het verloop van de opbrengsten gedurende het groeiseizoen te schatten. In elk van de figuren 1a & b is hiervoor wederom een vereenvoudigde weergave aangenomen.

De opbrengst van een mestflat die op T_s ontstaat, is geschat met behulp van de opbrengst van de eerste weidesnede (y_{1e} met y_{1e} voor droge stof en y_{2e} voor stikstof), omdat in die eerste beweiding de gemiddelde opbrengst van een mestflat gelijk zal zijn aan de helft van y_{1e} . Vervolgens wordt aangenomen dat er na het ontstaan van een mestflat gedurende twee sneden geen opbrengst is en dat hierdoor een hoeveelheid droge stof en stikstof 'gemist' wordt die gelijk is aan 50% van de totale jaaropbrengst minus de opbrengst van de eerste snede (zie f_m). Twee sneden geen opbrengst is een gemiddelde van enerzijds proefresultaten van Deenen en Middelkoop (1992), die een korter-durend effect hebben gemeten (ongev. 1 snede) en anderzijds ervaringen van onderzoekers van de Animal Science Group dat het effect ongeveer 60-90 dagen duurt (persoonlijke mededeling J.C. van Middelkoop, 2004). De fractie f_m is geschat door aan te nemen dat na de eerste snede nog gemiddeld 5 sneden geoogst worden met een onderlinge opbrengstverhouding van 1 : 1 : 1 : 0,5 : 0,5 (zowel voor droge stof als voor stikstof).

8.1 drogestofopbrengst eerste snede beweide grasland (kg ds ha⁻¹): $y_{1e} = 1700$

8.2 stikstofopbrengst eerste snede beweide grasland (kg N ha⁻¹): $y_{2e} = 55$

9. fractie gemist van opbrengst na 1^e snede (-): $f_m = 0,5$

10. opbrengst 'vroeg' mestflat (kg ds of N ha⁻¹ j⁻¹): $Y_{F,v} = 0,5y_{1e} + (Y_B - y_{1e})(1 - f_m)$

De gemiddelde opbrengsten van alle mestflatten die tussen T_s en T_e ontstaan zijn nu gelijk aan:

11. gemiddelde opbrengst mestflat (kg ds of N ha⁻¹ j⁻¹): $Y_{F,m} = 0,5(Y_{F,v} + Y_B)$

Toepassing van bovenstaande invoerwaarde voor f_m in combinatie met het getal 0,5 in vergelijking 10, leidt ertoe dat $Y_{F,v}$ gelijk is aan $0,5Y_B$, waardoor $Y_{F,m}$ uitkomt op $0,75Y_B$. Dit geldt zowel voor droge stof ($Y_{1F,m}$) als voor stikstof ($Y_{2F,m}$).

Oppervlakte urineplekken en mestflatten

De oppervlakte die beïnvloed wordt door een enkele urinelozing ten aanzien van de grasopbrengst wordt gegeven door (Lantinga *et al.* 1987),

12. oppervlak, beïnvloed door een enkele urineplek (m²): $A_U = 0.68$

De oppervlakte die na een dag beweiding door urinelozingen op het grasland ontstaan is, uitgedrukt als fractie van het totale graslandareaal, kan berekend worden met het aantal dieren per ha grasland dat op het bedrijf geweid wordt, het aantal urinelozingen per dier per dag en het aantal uren in de weide per dag. Ten behoeve van de voorbeeldberekening worden de volgende parameters gebruikt:

13. dierdichtheid (GVE ha⁻¹): $D_A = 3$

14. aantal urinelozingen per etmaal ((GVE)⁻¹ d⁻¹): $D_U = 12$

15. aantal uren in de weide (uren d⁻¹): $N_U = 12$

Bij het aantal dieren dat geweid wordt moet een optelsom gemaakt worden van melkkoeien en jongvee, indien beide diergroepen een deel van de tijd buiten grazen. Omwille van de eenvoud wordt hierbij het concept van Groot-Vee-Eenheden (GVE) gebruikt, waarbij dus aangenomen wordt dat een GVE eenheid hetzelfde gedrag vertoont ten aanzien van de N uitscheiding ongeacht of het melkkoeien of jongvee betreft. Aangezien de huidige GVE definitie gebaseerd is op de hoeveelheid P-uitscheiding lijkt deze aanname niet onredelijk. Het aantal lozingen per dag hangt samen met het rantsoen van de dieren. In deze studie is een gemiddelde waarde aangenomen (= D_U), die geldig is voor N-bemestingsniveaus van circa 200 tot 350 kg N ha⁻¹ j⁻¹ (zie Vellinga *et al.*, 2001). De maximale fractie bedekking aan het eind van het groeiseizoen bedraagt nu

16. fractie oppervlak beïnvloed door urine per jaar (-): $C_U = A_U D_U (N_U / 24) D_A (T_e - T_s) / 10^4$

In de berekening van C_U is geen rekening gehouden met overlap van urineplekken, omdat aangenomen is dat het effect hiervan op de berekening van de werkingscoëfficiënten gering is. Daarnaast is bij de berekening aangenomen dat het aantal urinelozingen recht evenredig is met het aantal uren in de weide per etmaal.

Voor mestflatten wordt dezelfde berekeningswijze gehanteerd, met specifieke schattingen voor het oppervlak van een enkele mestflat en het aantal mestflatten per dag (volgens ongepubl. resultaten G. Holshof, 2004),

- | | |
|--|---|
| 17. oppervlak enkele mestflat (m^2): | $A_F = 0.08$ |
| 18. aantal mestflatten per etmaal ((GVE) $^{-1} d^{-1}$): | $D_F = 12$ |
| 19. fractie oppervlak van mestflatten per jaar (-): | $C_F = A_F D_F (N_U / 24) D_A (T_e - T_s) / 10^4$ |

Totale opbrengst grasland met weidemest

De totale opbrengsten kunnen nu berekend worden door de afzonderlijke opbrengsten van gras met alleen basisbemesting en van urineplekken en mestflatten te vermenigvuldigen met het oppervlakteaandeel van iedere categorie.

- | | |
|---|---|
| 20. totale opbrengst grasland (kg ds of N $ha^{-1} j^{-1}$): | $Y_T = C_U Y_{U,m} + C_F Y_{F,m} + (1 - C_U - C_F) Y_B$ |
|---|---|

Het verschil tussen Y_T en Y_B geeft de meeropbrengst aan als gevolg van de weidemest dat zowel voor droge stof (met index 1) als voor stikstof (index 2) wordt uitgerekend. Met bovenstaande parameterwaarden is het verschil gelijk aan 116 kg ds $ha^{-1} j^{-1}$ resp. 16 kg N $ha^{-1} j^{-1}$ en deze getallen komen overeen met 1,0% resp. 4,5% van de basisopbrengst aan droge stof en stikstof. Dit is een geïntegreerde schatting die geldt voor alle urineplekken + mestflatten van een heel jaar en voor het totale graslandareaal van het melkveebedrijf.

Werkingscoëfficiënten weidemest

Om de werkingscoëfficiënten van de weidemest te berekenen, moet de N bemesting bepaald worden, waarvoor geldt: $Y_T = Y_B$. Door een lagere N bemesting te kiezen dalen de opbrengsten van alle drie categorieën Y_B , $Y_{U,m}$ en $Y_{F,m}$. Door middel van iteratie wordt de nieuwe basisproductie Y_N gevonden, waarvoor geldt dat Y_T , nu als functie van Y_N , gelijk is aan de oorspronkelijke basisproductie Y_B . Deze procedure wordt afzonderlijk voor droge stof en voor stikstof uitgevoerd. In bovenstaand voorbeeld is de nieuwe basisproductie Y_{1N} gelijk aan circa 11900 kg ds $ha^{-1} j^{-1}$ en dit betekent een daling ten opzichte van Y_{1B} van 130 kg ds $ha^{-1} j^{-1}$. Voor stikstof bedragen de waarden achtereenvolgens 340 en 17 kg N $ha^{-1} j^{-1}$. Vervolgens wordt door middel van het opbrengstmodel (QuadMod) de N bemesting uitgerekend die correleert met Y_N met behulp van dezelfde invoer voor QuadMod, die ook gebruikt werd bij de bepaling van Y_B als functie van F_B .

- | | |
|--|-------------------------------|
| 21. N bemesting voor Y_N (kg N $ha^{-1} j^{-1}$): | $F_N = \text{Functie } (Y_N)$ |
|--|-------------------------------|

In dit voorbeeld is F_{1N} gelijk aan 244 kg N $ha^{-1} j^{-1}$ en F_{2N} is gelijk aan 231 kg N $ha^{-1} j^{-1}$. Het verschil met F_B (6 resp. 19 kg N $ha^{-1} j^{-1}$) geeft de 'besparing' in N bemesting aan door toedoen van de werking van de weidemest, zodat de bruto droge stof- of stikstofopbrengst van beweid grasland overeenkomt met die van gemaaid grasland.

Voor de berekening van de werkingscoëfficiënt is het ook nodig om de totale N input via urine en mest op het grasland te bepalen. Daarvoor wordt de totale hoeveelheid N uitscheiding gebruikt, die per dier jaarlijks wordt geproduceerd (persoonlijke mededeling H.F.M. Aarts, 2004)

- | | |
|--|-------------|
| 22. totale mestproductie (kg N (GVE) $^{-1} j^{-1}$): | $F_A = 138$ |
|--|-------------|

De hoeveelheid N die via urine en mestflatten jaarlijks op het grasland wordt gedeponeerd, is nu gelijk aan,

23. N input door beweiding ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$):

$$I_G = (F_A D_A) (N_U (T_e - T_s) / 8760)$$

De werkingscoëfficiënten van de weidemest volgens de aangenomen definitie in deze studie zijn gegeven door

24. werkingscoëfficiënt weidemest (%) :

$$Wc = 100 (F_B - F_N) / I_G$$

Wc1 en Wc2 zijn in bovenstaand voorbeeld gelijk aan 5,7% op basis van de drogestofopbrengst en 18,4% op basis van de stikstofopbrengst.

Bijlage II. Variatie in invoersets

Bij de berekeningen is de totale invoerset te verdelen in een set met constanten en een set met variabele invoer. De waarden van de constanten staan vermeld in Bijlage I, de variabele invoerwaarden worden in deze bijlage beschreven (zie tabel 1). Elke combinatie van de gekozen invoeropties uit tabel 1 is gebruikt in de berekeningen, zodat het aantal bepalingen van de werkingscoëfficiënt 108 bedraagt voor de droge stof- en voor de stikstofberekeningen.

Tabel 1. **Overzicht van de waarden van de invoer die gevarieerd is bij de berekeningen van de werkingscoëfficiënten.**

Invoervariabele(n)	Gebruikte waarden in de berekeningen	Eenheid	vergelijking in Bijlage I
Bemestingsniveau	150, 250, 350	kg N ha ⁻¹ j ⁻¹	1
Dierdichtheid	2, 3, 4	GVE ha ⁻¹	13
Beweidingsduur	4, 12, 20	uren d ⁻¹	15
Opbrengstcurve	zie tabel 2	-	2, 21

Bemestingsniveau

De drie niveaus (werkzame N) uit tabel 1 zijn representatief voor een groot deel van de stikstofbemestingsadviezen op grasland (zonder klaver) bij een gecombineerd gebruik van weiden en maaien (Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen; zie www.bemestingsadvies.nl).

Dierdichtheid

De gekozen waarden voor de dierdichtheid in de berekeningen omvat ongeveer de dierdichtheden die gedurende de laatste jaren op de bedrijven van het Koeien&Kansen-project voorkwamen. Het gaat hierbij om het aantal GVE per ha grasland en niet per ha bedrijfsoppervlak, omdat de dierdichtheid gebruikt wordt om de beweidingsdruk op het graslandareaal uit te rekenen.

Beweidingsduur

De gekozen varianten voor beweidingsduur sluiten aan bij beweidingssystemen van onbeperkt weiden (20 uren d⁻¹), beperkt weiden (12 uren d⁻¹), respectievelijk siësta beweiding. Bij deze laatste manier van beweiding is gekozen voor een extreem lage beweidingsduur, namelijk 4 uren d⁻¹, waardoor de dieren ruim 80% van de tijd in het beweidingseizoen op stal staan. Bij onbeperkt weiden zijn de dieren niet 24 uur in de weide, omdat aangenomen is dat ze op stal gemolken en eventueel bijgevoerd worden.

Opbrengstcurve

Er zijn vier verschillende opbrengstcurven gebruikt, die de relaties beschrijven tussen droge stof- en stikstofopbrengst en N-gift. Het empirische model QuadMod is gekozen als 'curve-generator' vanwege het gebruiksgemak (Ten Berge *et al.*, 2000). Dit model is gebaseerd op een regressie-analyse van proefveldgegevens en de invoer bestaat uit een set van 7 invoerparameters. Door verschillende invoerparameters te gebruiken worden uiteenlopende curven geconstrueerd, waardoor de respons van de opbrengsten op de N-gift verschilt. Bij de keuze van de vier invoersets is variatie aangebracht in (a) grondsoort en (b) zodekwaliteit (zie tabel 2). Een ondiep ontwaterde veengrond en een zandgrond zijn gebruikt in de berekeningen. Op basis van geringe verschillen in de QuadMod parameters tussen een zand- en een kleigrond, leek het niet nodig om ook een kleigrond in de berekeningen te betrekken. Bij het aspect zodekwaliteit gaat het om het verschil tussen proefvelden en praktijksituatie, waarbij de bruto opbrengst van de laatste bij dezelfde N-gift lager verondersteld wordt dan die van proefvelden.

Tabel 2. **De invoerparameters voor de vier opbrengstcurven (zie Ten Berge *et al.*, 2000) voor meer informatie over de betekenis van de zeven invoerparameters).**

Parameters	Zand/praktijk	Zand/proefveld	Veen/praktijk	Veen/proefveld
1. Usoil	132	132	222	222
2. YCritRel	0.9	0.88	0.9	0.96
3. Ymax	11016	14020	11988	12600
4. AlMin	0.025	0.023	0.025	0.02
5. AlCrit	0.032	0.030	0.032	0.029
6. AlMax	0.044	0.041	0.044	0.032
7. Rholni	0.85	0.9	0.85	0.53

De praktijkcurven uit tabel 2 zijn representatief voor de bedrijven op zand- en veengrond in het Koeien&Kansen-project (persoonlijke mededeling H. van der Meer, 2004) en worden ook gebruikt bij de validatie van het model FARMMIN met de gegevens van de Koeien&Kansen-bedrijven (FARMMIN berekent ruwvoeropbrengsten met behulp van QuadMod). Deze curven hebben betrekking op percelen die alleen maar beweide worden. Door te maaien zal de drogestofopbrengst bij dezelfde N-gift in het algemeen hoger zijn. In de validatie van FARMMIN wordt daarvoor een factor van 1,15 gebruikt, waarmee de drogestofopbrengsten zoals uitgerekend met de QuadMod-parameters uit tabel 2 (2^e en 4^e kolom), worden vermenigvuldigd in de situatie dat er uitsluitend gemaaid wordt. In de berekeningen van de werkingscoëfficiënten van weidemest is een factor van 1,075 aangenomen als een gemiddelde waarde bij weiden en maaien. Dit houdt bijvoorbeeld in dat de maximale drogestofopbrengst van Zand/praktijk gelijk wordt aan $11842 \text{ kg ds ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ ($= 1,075 \cdot Y_{\text{max}}$) en die van Veen/praktijk wordt dan $12887 \text{ kg ds ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$. De proefveldcurven uit tabel 2 zijn direct afkomstig van proefveldgegevens (zie 'Sand normal ; period II' en 'Peat wet ; period I' op bldz 16 van Ten Berge *et al.*, 2000), behalve de parameter Usoil die gelijk gehouden is aan de waarde voor de praktijksituatie (Usoil = N-leverend vermogen van de grond). Bij de proefveldcurven wordt dus geen factor gebruikt om een hogere opbrengst te berekenen, omdat deze gebaseerd zijn op maaiproeven. Er wordt ook geen factor gebruikt om een lagere opbrengst te berekenen, zodat de drogestofopbrengsten van deze curven beschouwd kunnen worden als 'maximaal' mogelijke opbrengsten als functie van gegeven N.

Bijlage III. Negatieve effecten van beweiding op grasopbrengst

Stel twee percelen: de één wordt intensief beweide, waarbij het grasaanbod op de momenten van inscharen gedurende het jaar uiteenloopt van 1500 - 2000 kg ds ha⁻¹, de ander wordt uitsluitend gemaaid met bruto opbrengsten van 2000 - 3000 kg ds ha⁻¹. Beide percelen ontvangen daarbij dezelfde stikstofbemesting, maar het beweide perceel ontvangt daarbovenop ook nog N via de uitscheiding van de dieren tijdens de beweiding. Het is in deze situatie onwaarschijnlijk dat op het beweide perceel op jaarbasis meer droge stof geoogst wordt dan op het gemaaide perceel, ondanks de extra toevoer van N via de weidemest. Dat zou betekenen dat de werkingscoëfficiënt van de weidemest op basis van de drogestofopbrengst in het beweide perceel negatief is, ofwel je zou het beweide perceel extra stikstofbemesting moeten geven om op het opbrengstniveau van het gemaaide perceel uit te komen. De hogere droge stofproductie op het gemaaide perceel wordt met name veroorzaakt doordat de bruto productie hoger is indien er minder frequent geoogst wordt dan in het beweide perceel het geval is. Vaak ontbladeren leidt namelijk tot een lagere jaarproductie en het verschil kan daarbij oplopen tot circa 10% (zie o.a. Ten Berge *et al.*, 2000). Dit weegt op tegen de extra productie als gevolg van de extra aanvoer van N in weidemest.

In bovenstaande vergelijking van (on)beweide grasland worden dus meerdere aspecten van weidemest meegenomen, niet alleen de directe (meer N beschikbaar), maar ook de indirecte (minder bruto productie). De hier geschetste situatie kan een reële keuze zijn voor een melkveehouder ("in welke mate moet ik mijn beweiding beperken of zal ik de dieren helemaal op stal houden en ze vers gras voeren"). Het gemaaide perceel zal waarschijnlijk ook in het voordeel zijn als de netto opbrengsten van een gemaaid en een beweide perceel met elkaar worden vergeleken bij dezelfde oogstmomenten gedurende het jaar. Dit komt omdat de oogstverliezen bij grazende dieren hoger zijn dan bij maaien en vers gras voeren op stal. Voor beweiding wordt minimaal circa 15% verlies aangenomen, terwijl het oogstverlies bij maaien en vers voeren op circa 6% wordt geschat (Oenema *et al.*, 2002, Anoniem, 1997). Beweiding gaat bovendien gepaard met een hoger energieverbruik door de grazende dieren, zodat het netto effect van de grasopname voor de melkproductie verder verlaagd wordt ten opzichte van het vers voeren op stal. Wederom zal het verschil in opbrengst waarschijnlijk groter zijn dan de extra opbrengst door toedoen van de weidemest. Ook vanuit deze invalshoek wordt dus een negatief effect van beweiding op de grasopbrengst vastgesteld.

In tegenstelling tot de drogestofopbrengsten kan het wel zo zijn dat op het beweide perceel meer N geoogst wordt dan op het gemaaide perceel, omdat de N-gehalten bij lagere snedeopbrengsten in combinatie met beweiding veel hoger zijn dan bij maaisneden zonder beweiding. Daarom is in deze studie naast de werkingscoëfficiënt van weidemest op basis van de drogestofopbrengst ook de werkingscoëfficiënt van weidemest op basis van de stikstofopbrengst bepaald (zie hoofdstuk 5).

Bijlage IV. Berekening N-mineralisatie met het model XCLNCE

Ten behoeve van het illustreren van de eerstejaars- en langjarige werking van N uit organische mest is gebruik gemaakt van het spreadsheetmodel XCLNCE. Dit model is gebaseerd op dezelfde rekensystematiek die ook is gebruikt door Lammers (1983). Hieronder volgt een korte toelichting.

De benadering die Lammers (1983) heeft gevolgd was als volgt:

Het organische deel van mest bestaat in de berekeningen uit drie fracties (A1, A2 en A3). De fractie A1 is het makkelijkst afbreekbaar, fractie A3 het moeilijkst. De verdeling is verschillend voor verschillende mestsoorten. De afbraak verloopt via een eerste orde reactie, met verschillende snelheidconstanten voor A1 – A3: α_1 , α_2 en α_3 . In een bijlage bij Lammers (1983) worden de verdeling A1-A3 voor rundveedrijfmest en Varkensdrijfmest/kippendrijfmest gegeven en de bijbehorende snelheidconstanten. Deze zijn weergegeven in tabel 1. De snelheidconstanten verschillen eveneens per mestsoort. Verder is de mineralisatie afhankelijk van de temperatuur; de relatie wordt beschreven door een Arrhenius vergelijking die is gefit over een curve van de temperatuursafhankelijkheid van nitrificerende bacteriën. Er werd gerekend met een maandgemiddelde voor de bodemtemperatuur.

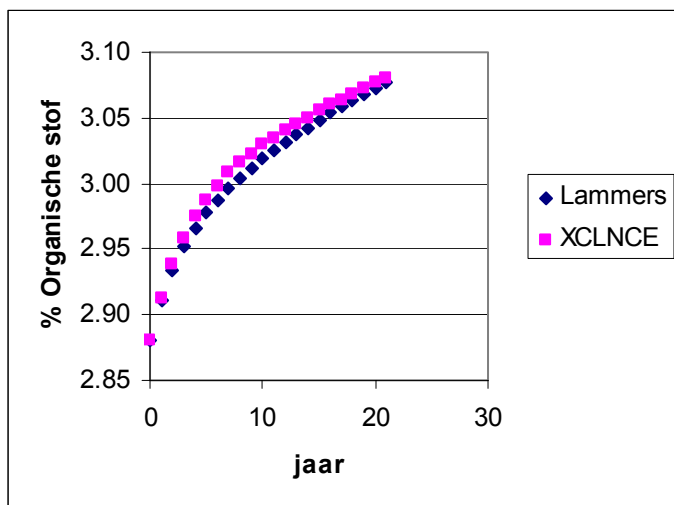
Op basis van deze berekening zijn tabellen opgesteld waaruit de fractie organische N die mineraliseert kan worden afgelezen, afhankelijk mestsoort en tijdstip van toedienen. Verder zijn tabellen opgesteld waarin, per maand, het percentage van de totale organische fractie en van de fractie die in het eerste jaar mineraliseert kan worden afgelezen.

Tabel 1. **Fracties van organische stof in mest en bijbehorende afbraakconstanten (Lammers, 1983) Tussen () staan de gegevens die in XCLNCE worden gebruikt voor vdm, met dezelfde alfa als voor rdm.**

	Rundveedrijfmest		Varkensdrijfmest/kippendrijfmest	
	A	α (maand ⁻¹)	A	α (maand ⁻¹)
1	0.62	0.0950	0.80 (0.86)	0.1300
2	0.33	0.0080	0.17 (0.07)	0.0080
3	0.05	0.0013	0.03 (0.07)	0.0013

De wijze van berekenen van Lammers (1983) wordt ook toegepast in het spreadsheetmodel XCLNCE (Zwart, 2002). Wanneer in XCLNCE dezelfde parameters worden gebruikt als in Lammers verloopt de mineralisatie van de organische fractie in mest exact gelijk als bij Lammers (1983). In XCLNCE zijn echter de volgende aanpassingen aangebracht. Er wordt geen verschillende snelheidconstanties gebruikt voor verschillende mestsoorten maar die voor rundveedrijfmest zijn (arbitrair) gekozen voor alle organische mest. Voor varkensdrijfmest en kippendrijfmest is de fractieverdeling aangepast zodat dezelfde mineralisatie ontstaat als bij Lammers. Verder is in XCLNCE nog een fractie opgenomen die nog sneller mineraliseert dan A1 en rekent XCLNCE op dagbasis, maar dat heeft voor de berekeningen verder geen gevolgen.

De verschillen tussen Lammers (1983) en XCLNCE zijn dan uiterst gering (ca 0.13%, figuur 1).



Figuur 1. **Toename van organische stof in de bodem bij een jaarlijkse gift van 30 ton dunne varkensmest berekend volgens Lammers (1983) en het spreadsheet model XCLNCE (Zwart, 2002). De afbraak van de organische stof van de bodem zelf was op nul gesteld.**

Bijlage V. Gemiddelde samenstelling van dierlijke mest en compost in kg per 1000 kg product (Bron: Adviesbasis).

	droge stof	org. Stof	Ntotaal	Nm	Norg	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	dichtheid (kg/m ³)
Dunne mest										
Rundvee	86	64	4,4	2,2	2,2	1,6	6,2	1,3	0,7	1005
Vleesvarkens	90	60	7,2	4,2	3,0	4,2	7,2	1,8	0,9	1040
Zeugen	55	35	4,2	2,5	1,7	3,0	4,3	1,1	0,6	
Vleeskalveren	20	15	3,0	2,4	0,6	1,5	2,4			
Kippen	145	93	10,2	5,8	4,4	7,8	6,4	2,2	0,9	1020
Gier										
Rundvee	25	10	4,0	3,8	0,2	0,2	8,0	0,2	1,0	1030
Vleesvarkens	20	5	6,5	6,1	0,4	0,9	4,5	0,2	1,0	1010
Zeugen	10	10	2,0	1,9	0,1	0,9	2,5	0,2	0,2	
Vaste mest										
Rundvee	248	150	6,4	1,2	5,2	4,1	8,8	2,1	0,9	900
varkens (stro)	230	160	7,5	1,5	6,0	9,0	3,5	2,5	1,0	
Leghennen ¹	515	374	24,1	2,4	21,7	18,8	12,7	4,9	1,5	605
Kippenstrooiselmest	640	423	19,1	8,6	10,5	24,2	13,3	5,3	4,2	600
Vleeskuikenouderdieren ²	610		19,0			28,5	21,1			625
Vleeskuikens	605	508	30,5	5,5	25,0	17,0	22,5	6,5	3,0	605
Vleeskalkoenen	565	464	24,7	6,4	18,3	19,6	18,4	6,3	7,3	535
Schapen	290	205	8,6	2,0	6,6	4,2	16,0	2,8	2,3	
Geiten	265	182	8,5	2,6	5,9	5,2	10,6	3,5	1,9	
Nertsen	285	185	17,7	10,1	7,6	27,0	3,9	2,2	5,1	
Eenden	265	209	8,3	1,7	6,6	7,4	11,3	1,6	0,8	
Konijnen	450	367	13,6	3,3	10,3	13,8	11,7	5,7	2,2	
Paarden	310	250	5,0			3,0	5,6	1,8		700
compost										
GFT-compost	650	190	8,5	0,8	7,8	3,7	6,4	2,7	-	800
champost	350	220	5,8	0,3	5,5	3,6	8,7	2,4	0,9	550

1. Gehouden op een mestbandbatterij met geforceerde droging

2. Gehouden op gedeeltelijk roostervloer

