

Milieu-aspecten in de bedrijfsbegroting: stikstofverlies bij mesttoediening, beweiding en voerproductie

A. van der Kamp, F. Mandersloot (sectie economie PR),
J.C. van Middelkoop (NMI-detachement)

Het verminderen van stikstofverliezen staat momenteel sterk in de belangstelling. Ook binnen het praktijkonderzoek worden mogelijkheden nagegaan om op melkveebedrijven de stikstofverliezen te beperken. Dit gebeurt door onderzoek op proefbedrijven en door het uitvoeren van studies. In deze studies wordt gebruik gemaakt van rekenregels voor het berekenen van onder andere de stikstofstroom binnen het melkveebedrijf. Met deze rekenregels is voor elk onderdeel van het bedrijf na te gaan hoeveel stikstof in dat onderdeel verloren gaat. Ook kan daarmee aangegeven worden in welke mate de stikstofverliezen verminderen door aanpassingen in het bedrijf.

De opzet van de module voor het berekenen van de mineralenkringloop is beschreven in Praktijkonderzoek 4e jaargang nr.3. De uitgangspunten voor de onderdelen 'Voeding' en 'Huisvesting en Mestopslag' zijn toegelicht in Praktijkonderzoek 4e jaargang nr.6 en Praktijkonderzoek 5e jaargang nr.1. In dit artikel staan de 'Mesttoediening' en 'Beweiding en Voerproductie' centraal. Alleen de uitgangspunten voor stikstof worden toegelicht.

Mesttoediening

Bij het uitrijden van drijfmest gaat een gedeelte van de in mest aanwezige minerale stikstof verloren door vervluchtiging van ammoniak. Hoeveel stikstof verloren gaat is afhankelijk van de manier waarop de mest wordt toegediend. Bij bovengronds uitrijden gaat gemiddeld 50 tot 60% van de minerale stikstof die in de mest aanwezig is, verloren door vervluchtiging van ammoniak. Bij bovengronds uitrijden in de zomer kan deze ver-

vluchtiging, afhankelijk van de weersomstandigheden, oplopen tot 100% van de minerale stikstof in mest. Injecteren van mest in de grond op een diepte van 15 tot 20 cm vermindert de ammoniakemissie met ongeveer 95%. Het injecteren van mest in de zode heeft eenzelfde effect. Bij zodebemesting wordt de mest in ondiepe geultjes op het land gebracht. Hierdoor gaat er meer stikstof als ammoniak verloren dan bij injecteren van de mest in de grond. De vermindering van de vervluchtiging vergeleken met bovengronds toedienen van mest is ongeveer 85%. Bij gebruik van de sleepvoetenmachine wordt de mest tussen het gras gebracht. De reductie van de ammoniakvervluchtiging is dan 50 tot 70% vergeleken met bovengronds toedienen van mest. In tabel 1 zijn de uitgangspunten voor het berekenen van de vervluchtiging van ammoniak bij de genoemde methoden van toedienen weergegeven.

Tabel 1 Verliezen door vervluchtiging ammoniak bij toedienen mest en vermindering verlies bij emissie-arme toedieningsmethoden

| Toedieningsmethode | Verlies (% van minerale stikstof in mest) | Reductie stikstofverlies (in % van verlies bij bovengronds toedienen) |
|--------------------|---|--|
| Bovengronds | 60 | |
| Mestinjectie | 2,5 | ±95 |
| Zode-injectie | 2,5 | ±95 |
| Zodebemesting | 7,5 | ±87,5 |
| Sleepvoetenmachine | 25 | ±60 |

In de module is het toedienen van drijfmest op grasland verdeeld over drie perioden. Begin en eind van elke periode en de hoeveelheid mest die in die periode wordt toegediend kunnen gevarieerd worden. Op maisland kan mest alleen toegediend worden in het voorjaar.

De maximale hoeveelheid mest die per hectare wordt toegediend kan gebaseerd worden op de landbouwkundige behoefte van het gewas (volgens het bemestingsadvies) óf op de onttrekking van mineralen aan de bodem door het gewas (evenwichtsbemesting) óf op een op te geven maximum hoeveelheid (bijvoorbeeld het wettelijk maximum). Een mogelijk overschot aan mest wordt afgezet buiten het bedrijf.

Beweiding en Voerproductie

Bij 'Beweiding en Voerproductie' zijn naast de vervluchtiging van ammoniak ook andere verliezen van belang. Op gras- en maisland gaat stikstof namelijk ook door nitraatuitspoeling en denitrificatie verloren. Daarnaast spelen in de bodem een aantal andere processen een rol, zoals immobilisatie en mineralisatie. In de ontwikkelde module zijn alleen rekenregels opgenomen voor het berekenen van de ammoniakemissie tijdens beweiding, de nitraatuitspoeling en de denitrificatie. Het formuleren van rekenregels voor de

overige processen was niet mogelijk omdat onvoldoende onderzoeksgegevens beschikbaar waren.

Ammoniakemissie tijdens beweiding

Tijdens beweiding gaat een deel van de met mest en urine uitgescheiden stikstof door vervluchtiging van ammoniak verloren. Het NMI heeft de ammoniakemissie tijdens beweiding gemeten op een aantal proefvelden op kleigrond bij verschillende bemestingsniveaus. De verliezen zijn uitgedrukt in een vervluchtigingspercentage. Dit percentage geeft aan welk deel van de stikstof die tijdens de weideperiode in mest en urine wordt uitgescheiden, als ammoniak verloren gaat. Resultaten van het onderzoek van het NMI wijzen erop dat dit vervluchtigingspercentage afhankelijk is van het stikstofbemestingsniveau. Voor de kleigrond werd bij een bemesting van 550 kg stikstof per hectare een vervluchtigingspercentage van 8% berekend en bij 250 kg stikstof per hectare een percentage van 3%. Of deze waarden bij andere grondsoorten op eenzelfde niveau liggen is nog onduidelijk, omdat onderzoeksresultaten ontbreken. In afwachting van resultaten van verder onderzoek wordt in de ontwikkelde module voorlopig met een vast vervluchtigingspercentage van 8% gerekend.



Het NMI heeft de ammoniakemissie tijdens beweiding gemeten.

Stikstofverlies door nitraatuitspoeling en denitrificatie

Minerale stikstof die aan het eind van het groeiseizoen in de bodem aanwezig is, kan als nitraat uitspoelen of door denitrificatie als stikstofgas (N_2) en lachgas (N_2O) verloren gaan. Het totale verlies door uitspoeling en denitrificatie is afhankelijk van een groot aantal factoren. Natuurlijk speelt de bemesting met stikstof een rol, maar ook grondsoort, graslandgebruik en veebezetting zijn van belang. Welk deel van het totale verlies voor rekening van de nitraatuitspoeling komt en welk deel voor rekening van denitrificatie wordt in belangrijke mate bepaald door de grondwaterstand. Naarmate de grondwaterstand hoger is zal er meer stikstof door denitrificatie verloren gaan en minder uitspoelen. Bij een diepe ontwatering is alleen uitspoeling van nitraat van belang.

In de ontwikkelde module wordt allereerst het stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie berekend. Daarvoor wordt in eerste instantie een diepe ontwatering verondersteld. Het totale verlies betreft dan alleen uitspoeling van nitraat. Daarna wordt, afhankelijk van de werkelijke grondwaterstand, berekend in welke mate denitrificatie optreedt. Door deze denitrificatie vermindert de uitspoeling van nitraat maar verandert het totale stikstofverlies niet.

Het totale stikstofverlies door uitspoeling bij een diepe ontwatering is in de module opgebouwd uit:

- een basisuitspoeling.
- een uitspoeling door het gebruik van kunst- en drijfmest en door beweiding met vee.

De basisuitspoeling treedt op in een onbemeste situatie en wordt veroorzaakt door de stikstof uit de zure regen en mineralisatie van organisch gebonden stikstof. Onder grasland op zandgrond bedraagt deze basisuitspoeling 15 kg stikstof per hectare per jaar, op kleigrond is dit slechts 5 kg stikstof. Bij maisland op zandgrond en kleigrond

bedraagt de basisuitspoeling 45 respectievelijk 25 kg stikstof per hectare per jaar. Op veengrond is de basisuitspoeling bij alle gebruiksvormen 0 kg.

Ook van de stikstof die in de vorm van organische mest, kunstmest en urine wordt aangevoerd gaat een deel verloren door uitspoeling en denitrificatie. Het bemestingsniveau bepaalt in sterke mate de grootte van het stikstofverlies. Bij een hoger stikstofniveau gaat meer stikstof verloren. Met urinelozingen worden plaatselijke grote hoeveelheden stikstof toegediend, waardoor in een urineplek een zeer hoog bemestingsniveau ontstaat en dus ook veel nitraat kan uitspoelen. Het is daarom belangrijk met het aantal en de verdeling van de urineplekken over het grasland rekening te houden. In het kader "Aantal en verdeling urineplekken" wordt nader op de gevolgde procedure ingegaan. Van de met urinelozingen op het land uitgescheiden stikstof gaat een deel verloren via emissie van ammoniak, overeenkomstig de hiervoor vermelde uitgangspunten. Uit onderzoek is gebleken dat daarnaast balanstekorten optreden van ca. 25% van de stikstof in urineplekken. Verondersteld wordt dat dit een soort denitrificatie betreft. Voor elk van de onderscheiden oppervlakten met een bepaald aantal urinelozingen wordt in de module het uiteindelijke stikstofbemestingsniveau bepaald. Per oppervlakte wordt vervolgens het totale stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie berekend. Daartoe wordt gebruik gemaakt van de uitgangspunten in tabel 2.

Wanneer op maisland meer dan 300 kg N en op grasland meer dan 700 kg N per ha wordt toegediend wordt de grenswaarde gehanteerd. Uiteindelijk wordt een gemiddeld stikstofverlies per hectare berekend door de uitspoeling van de onderscheiden oppervlakten met een bepaald aantal urinelozingen te middelen, rekening houdend met de grootte van elk oppervlak. Een

Tabel 2 Percentage toegediende minerale stikstof met kunstmest, drijfmest en urine (kg N per hectare) dat door uitspoeling en denitrificatie verloren gaat

| Gebruik | Toegediende minerale stikstof | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
| Grasland op zand | 0 | 2 | 8 | 14 | 24 | 28 | 29 |
| Grasland op klei | 0 | 1 | 2 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| Grasland op veen | 0 | 1 | 1,5 | | | | |
| Maisland op zand | 25 | 25 | 25 | | | | |
| Maisland op klei | 7 | 9 | 10 | | | | |

Tabel 3 Relatie tussen grondwatertrap (Gt) en denitrificatie en nitraatuitspoeling op het vlak 1 meter min maaiveld; in % van de uitspoeling bij Gt VII*

| Gt | Nitraatuitspoeling | Denitrificatie |
|------|--------------------|----------------|
| II | 5 | 95 |
| III | 8 | 92 |
| IV | 40 | 60 |
| V | 50 | 50 |
| VI | 60 | 40 |
| VII | 80 | 20 |
| VII* | 100 | 0 |

Bron: Boumans (1989)

voorbeeld van deze berekening staat in het kader "Berekening stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie".

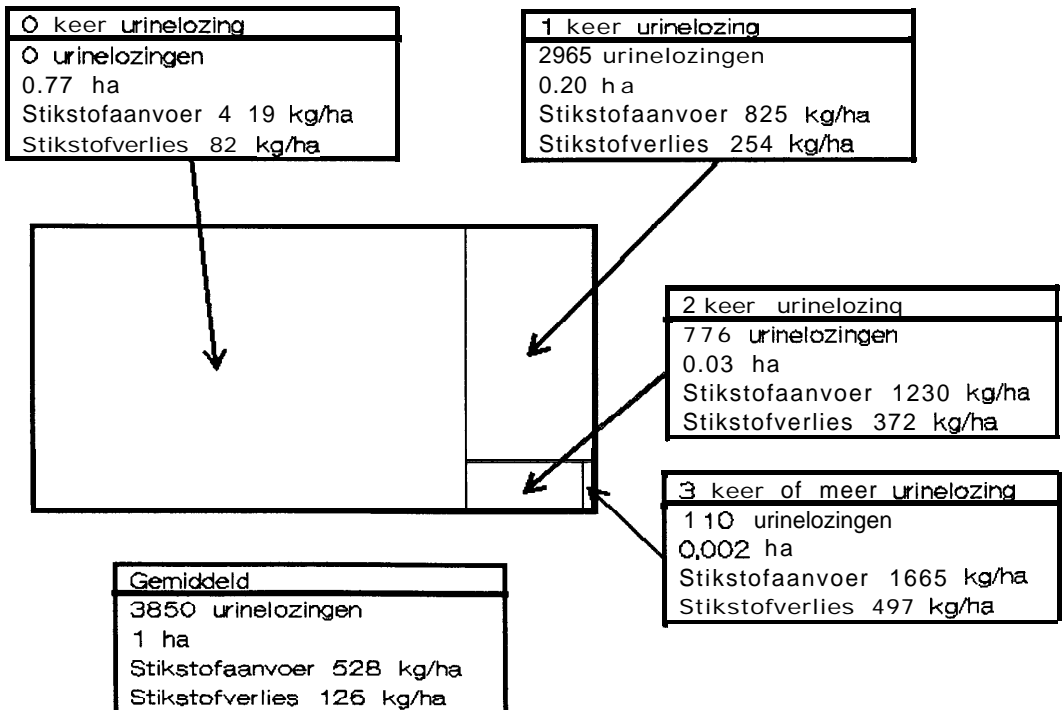
Verdeling van stikstofverlies over nitraat-uitspoeling en denitrificatie

Zoals hiervoor al is aangegeven is de grondwaterstand in belangrijke mate bepalend voor de verdeling van het stikstofverlies over de uitspoeling van nitraat en de denitrificatie. Bij een hoge grondwaterstand treedt denitrificatie op

waardoor de uitspoeling lager wordt. Enkele onderzoekers hebben de relatie onderzocht tussen de nitraatuitspoeling en de grondwaterstand, waarbij deze laatste door grondwatertrappen (Gt) weergegeven is. Tijdens de proeven zijn voor de praktijk gebruikelijke hoeveelheden mest toegediend. De uitspoeling op gronden met een diepe ontwatering (Gt-VII*) is op 100% gesteld. In de rekenregels zijn de in tabel 3 weergegeven percentages voor het inrekenen van de uitspoeling en denitrificatie bij andere grondwaterstanden toegepast.

Tot slot

De hiervoor beschreven uitgangspunten geven de huidige stand van zaken weer, afgeleid uit de meest recente onderzoekgegevens. Nieuw onderzoek zal een verdere verfijning van de module mogelijk maken. Daarnaast vindt momenteel een nadere afstemming plaats met rekenregels die door andere onderzoeksinstituten en het IKC gebruikt worden.



Aantal en verdeling urineplekken

Bij de berekening van het aantal urineplekken en de verdeling van de plekken is uitgegaan van gemiddeld 12 urinelozingen per melkkoer per dag. Het aantal urinelozingen dat in de wei plaats vindt, is afhankelijk gesteld van het toe te passen beweidingssysteem. Bij een systeem met dag en nacht weiden is bijvoorbeeld verondersteld dat de dieren 20 uur per etmaal geweid worden en 4 uur in de stal zijn voor het melken. Een evenredig deel (20/24) van het totaal aantal lozingen vindt dan in de wei plaats. Eén lozing in de wei beslaat een oppervlakte van gemiddeld 0,68 m². Voor pinken en kalveren is een kleinere oppervlakte per urinelozing aangehouden. Indien het jongvee wordt geweid vinden uiteraard alle urinelozingen in de wei plaats.

Het totaal aantal urinelozingen per hectare grasland gedurende een seizoen is nu afhankelijk van de veebezetting, het gekozen beweidingssysteem en de lengte van het groeiseizoen. Niet alle urinelozingen in de wei zullen netjes naast elkaar terecht komen. Op één plek kan daardoor sprake zijn van meerdere lozingen gedurende het groeiseizoen. In de rekenregels is hiermee rekening gehouden. Dit heeft tot gevolg dat een hectare grasland te verdelen is in een stuk waar gedurende het gehele seizoen geen urinelozing plaats vindt, een stuk waar één keer urine terecht komt, een stuk waar twee keer urine terecht komt etc. Voor elk van deze stukken wordt in de module de aanvoer van minerale stikstof en het daarmee samenhangende stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie berekend.

Berekening stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie

Om de berekening van het stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie nog wat duidelijker te maken volgt hier een voorbeeld van de berekening voor één situatie. Het betreft een hectare grasland voor melkkoeien. De veebezetting is 2,2 melkkoeien per hectare. Het beweidingssysteem is 04 (onbeperkt weiden, dag en nacht). De lengte van het weideseizoen is 175 dagen. Het betreft een zandgrond met een grondwatertrap IV.

Beweiden volgens het 04-systeem betekent dat de koeien 20 uur per etmaal in de wei lopen. Het aantal urinelozingen in de wei bedraagt dan 10 per koe per dag ((20/24) x 12). Het totaal aantal urinelozingen bedraagt dan 2,2 x 175 x 10 = 3850 per weideseizoen. Zoals in het eerste kader is aangegeven is er een oppervlakte waar geen lozingen terecht komen, een oppervlak waar één keer urine geloosd wordt, een oppervlakte waar twee keer urine geloosd wordt etc. In het schema is deze verdeling weergegeven. Tevens zijn de stikstofaanvoer (minerale stikstof uit urinelozingen, organische mest en kunstmest) en het stikstofverlies (door uitspoeling en denitrificatie) vermeld per onderscheiden oppervlak.

Vanuit de afzonderlijke hoeveelheden is het gemiddelde verlies per hectare berekend. In formule: $0,77 \times 82 + 0,20 \times 254 + 0,03 \times 372 + 0,002 \times 497 = 126$ kg stikstof per hectare. Van dit totale verlies gaat 40% (zie tabel 3) verloren door de uitspoeling van nitraat en 60% door denitrificatie.