



57

57

J 1993  
10 17

## Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van toediening van rundergier  
met de mesttank, de sleepvoetenmachine  
en de zodebemester in het voorjaar op  
kleigrasland

E.M. Mulder  
J.M.G. Hol

|   |  |    |
|---|--|----|
|   | Inhoudsopgave  | 1  |
| 1 | Inleiding  | 2  |
| 2 | Materiaal en methode                                   | 3  |
|   | 2.1 Inleiding  | 3  |
|   | 2.2 Opzet  | 3  |
|   | 2.3 Uitvoering   | 4  |
| 3 | Resultaten   | 6  |
|   | 3.1 Algemeen   | 6  |
|   | 3.2 Bodem- en gewasgesteldheid                         | 6  |
|   | 3.3 Weersomstandigheden                                | 6  |
|   | 3.4 Mestsamenstelling                                  | 7  |
|   | 3.5 Ammoniakemissie                                    | 8  |
| 4 | Discussie  | 10 |
| 5 | Conclusies   | 11 |
|   | Literatuur   | 12 |
|   | Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode      | 13 |
|   | Bijlage II Schema proefvelden 23 t/m 26 maart 1993     | 16 |
|   | Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment | 17 |
|   | Bijlage IV Emissiesnelheid per monsterperiode          | 21 |

# 1 Inleiding

In opdracht van de begeleidingscommissie voor het intensiveringsonderzoek heeft de veldmeetploeg, die door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is ingesteld, onderzoek verricht naar de ammoniakemissie na toediening van rundergier in het voorjaar. De gier werd toegediend met een mesttank, een sleepvoetenmachine en een zodebemester.

Dit experiment werd uitgevoerd omdat weinig onderzoek is gedaan naar de emissie van rundergier en het effect van het gebruik van gier in combinatie met emissie-arme mesttoedieningstechnieken niet bekend is.

In een eerder onderzoek was de ammoniakemissie gemeten van bovengronds, breedwerpig toegediende gier in vergelijking met dunne rundermest. Dit experiment had plaatsgevonden onder warme, droge omstandigheden. De emissie als percentage van de toegediende ammoniumstikstof bedroeg 56% voor gier en van de dunne rundermest vervluchtigde alle ammoniumstikstof (Hol, 1992). Andere emissiegegevens over het toedienen van rundergier zijn niet bekend.

Dit rapport doet verslag van één experiment en geldt daarom slechts voor de omstandigheden waaronder is gemeten.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Inleiding

De ammoniakemissie werd bepaald met behulp van de micrometeorologische massabalansmethode. In het kort komt deze methode neer op het meten van het verschil tussen aan- en afvoer van ammoniak over een bemest veld. De proefvelden zijn bij benadering cirkelvormig en hebben een oppervlakte van ca. 0,15 hectare. Voor deze meetmethode zijn concentratie- en windsnelheidsmetingen op een aantal hoogten nodig. In Bijlage I wordt een toelichting op deze methode gegeven.

Door gelijktijdig op een aantal velden de ammoniakemissie te meten, kon de emissie van verschillende toedieningstechnieken van rundergier worden vergeleken met de emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende gier en dunne rundermest. De ammoniakemissie wordt uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof. Ten opzichte van de bovengronds breedwerpig toegediende gier is voor de verschillende toedieningstechnieken een reductiepercentage berekend.

### 2.2 Opzet

In week 12 (23 t/m 26 maart) van 1993 werd de ammoniakemissie gemeten van in totaal zes proefvelden. Het experiment vond plaats op kleigrasland van het IMAG-DLO-proefbedrijf 'de Vijf Roeden' in Duiven. Dit is een melkveehouderijbedrijf, waar de mest onder de stallen wordt opgeslagen. De gebruikte dunne rundermest was van dit bedrijf afkomstig. De gebruikte gier was afkomstig van een K.I.-station uit de buurt van 'de Vijf Roeden'.

In Tabel 1 staan de behandelingen die werden onderzocht. In deze tabel worden tevens werkbreedtes en geplande mestgiften gegeven.

Tabel 1. Opzet van het experiment met gier in week 12 1993.

| Veld | Toedieningstechniek | Mestsoort        | Kenmerken                     | Mestgift [m <sup>3</sup> /ha] |
|------|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1-2  | Mesttank            | Gier             | werkbreedte 8-9 m             | 20                            |
| 3    | Zodebemester        | Gier             | werkbreedte 5 m               | 20                            |
| 4    | Sleepvoetenmachine  | Gier             | werkbreedte 6 m               | 20                            |
| 5-6  | Mesttank            | Dunne rundermest | werkbreedte 8-9 m; referentie | 20                            |

Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden zijn voor de proefvelden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten werden ongeveer gelijktijdig gestart, zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen konden worden uitgesloten. Uit voorgaand onderzoek met de massabalansmethode bleek dat de emissiesnelheid direct na het verspreiden van de mest hoog is (Pain en Klarenbeek, 1988). Om het verloop van de emissie te meten moeten de monsternamperiodes direct na de mesttoediening kort zijn. Hierna neemt de emissiesnelheid snel af en kan op langere monsterperiodes worden overgegaan. In het algemeen treedt 80-90% van de totale emissie in de eerste 48 uur op (Döhler, 1991). Na 96 uur na het uitrijden is de emissie van onbehandelde mest nihil (Bus-sink et al., 1990). Vanwege de vorst gedurende de nachten moesten elke avond de monsternamflesjes worden gewisseld en werd de meting 12 uur eerder dan normaal (=96 uur) stopgezet. Op de eerste dag werd de mest 's ochtends toegediend, waarna de volgende monsternamperiodes werden aangehouden:

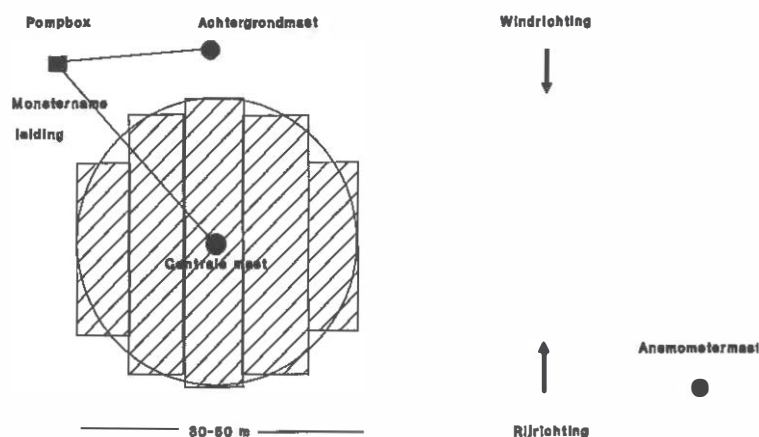
Eerste dag: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-24 uur;  
Tweede dag: 24-36 uur; 36-48 uur;

Derde dag: 48-60 uur; 60-72 uur;  
Vierde dag: 72-84 uur.

## 2.3 Uitvoering

In Figuur 1 is een schema van de proefopstelling gegeven. In deze figuur staan ook de posities van de pompbox, de achtergrond- en de centrale mast. Nadat de helft van een proefveld was uitgereden, werd de centrale mast geplaatst en de meting gestart. Met deze mast werd de ammoniakconcentratie bepaald in de lucht die over een afstand met de lengte van de straal van het veld ging. Met de achtergrondmast, die bovenwinds van de centrale mast stond, werd de achtergrondconcentratie gemeten. In de masten waren op verschillende hoogten gaswasflessen met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp werd lucht door de wasflessen gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur achterbleef. In het laboratorium van het IMAG-DLO werd na de meetperiode met een ionchromatograaf (Waters, proteïn-pak kolom sp 5pw) de hoeveelheid ammonium in het salpeterzuur bepaald.

Uit deze hoeveelheid en de flow door de wasfles, die voor en na een monsternamperiode werd gemeten, werd de ammoniakconcentratie in de lucht berekend. Uit de



windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentratie werd vervolgens de hoeveelheid ammoniak berekend die uit de mest was vervluchtigd.

Figuur 1. Schema van een proefveld voor de micrometeorologische massabalansmethode.

Vóór het uitrijden werden vier monsters van respectievelijk de dunne rundermest en de gier genomen. De mestmonsters werden geanalyseerd op het gehalte aan ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

Voor een goede beschrijving van de meetomstandigheden werd de vochtigheid van de bodem en de grashoogte bepaald. Het bodemvochtgehalte werd op basis van droog gewicht bepaald. Van de bovenste 5 cm van de bodem werden per proefveld ca. 30 monsters gestoken, die minstens 24 uur bij 105°C werden gedroogd. De grashoogte werd ongeveer 10 keer per meetveld bepaald met een eenvoudige grashoogtemeter. Gedurende de hele meetperiode werden de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd (hoogte t.o.v. maaiveld):

- windsnelheid op 0,2; 0,3; 0,9; 1,4; 2,4 en 3,7 m;
- windrichting op 3,9 m;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur op 0 cm, 5 cm en 1,5 m;
- bodemtemperatuur op -5 cm;
- luchtvochtigheid op 1,5 m;
- globale straling op 1,5 m.

## 3 Resultaten

### 3.1 Algemeen

Op de eerste dag van het experiment (23 maart 1993) werden de zes proefvelden tussen 8:40 en 10:15 uur bemest. In Bijlage III is schematisch de ligging van de proefvelden gegeven. In verband met een goede verdeling van de bovengronds, breedwerpig toegediende mest en gier waren de velden zo aangelegd dat tegen de voorspelde zuidwestelijke wind kon worden ingereden. Vlak voor het uitrijden draaide de wind echter naar het westen, waardoor de mest en de gier door de harde wind niet goed konden worden verspreid. De gier was moeilijk van het (natte) gras te onderscheiden. Na afloop van het experiment werd geconstateerd dat door toediening van de gier het gras was verbrand, maar dat effect niet was opgetreden niet op bij de dunne rundermest.

De gebruikte sleepvoetenmachine was achter de banden, in tegenstelling tot in eerdere experimenten, uitgerust met kouters. Hierdoor werd de gier in de rijsporen iets in de grond gebracht.

### 3.2 Bodem- en gewasgesteldheid

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als komklei geklassificeerd. De grond was vochtiger dan tijdens het experiment in de voorafgaande week (11). Het bodemvochtgehalte van de bovenste 5 cm van het perceel waar de referentie I op lag was 33% en van de percelen met de andere proefvelden 38-45%.

De hoogte van het gras was op het perceel met de referentie I gemiddeld 5 cm (10 waarnemingen; 3,5-7,0 cm) en 7 cm (50 waarnemingen; 5,0-10,5 cm) op de percelen waar de andere velden op lagen. Op de dag van het uitrijden lag er dauw op het gras.

### 3.3 Weersomstandigheden

Op de dag voor het uitrijden was het bewolkt en fris. Tegen de avond viel er 5-6 mm neerslag. Op de dag van uitrijden was er 's ochtends weinig bewolking, stond er een zwakke wind uit zuidwestelijke richting en was het koud. Toen met het uitrijden werd gestart was de wind naar het westen gedraaid en toegenomen tot 8-9 m/s. Het was half tot zwaar bewolkt. De maximumtemperatuur op 1,5 m hoogte was de eerste dag 10°C en aan de grond enkele graden hoger. De relatieve luchtvochtigheid bedroeg 55-60%. In de eerste nacht nam de windsnelheid af tot 1-2 m/s en daalde de temperatuur naar -1°C. De luchtvochtigheid nam toe tot 95%.

De verdere meetperiode bleef de maximumtemperatuur op 1,5 m hoogte ca. 10°C. De windsnelheid was de tweede, derde en vierde dag lager dan op de eerste dag, namelijk 4-7 m/s. De windrichting bleef de eerste dagen west, maar draaide op de derde dag naar het noorden. De relatieve luchtvochtigheid was 50-60% op de eerste dagen en 40-50% op de laatste dag. Elke nacht vóór het op 1,5 m hoogte enkele graden, behalve de derde nacht. De windsnelheid was 's nachts 1-3 m/s. Het was overwegend bewolkt.

In bijlage III staan de Figuren 5 t/m 11, die het verloop van de windsnelheid, de lucht- en bodemtemperaturen, de relatieve luchtvochtigheid, de windrichting, de globale straling en de regenhoeveelheid aangeven.

### 3.4 Mestsamenstelling

In Tabel 3 staan de gemiddelden van de analyseresultaten van de vier monsters van de dunne rundermest en de gier vermeld. Ter vergelijking staan in deze tabel de mestsamenvestelling van dunne rundermest uit het onderzoek van Hoeksma (1988) en de gegevens van het Consulentenschap voor Algemene Dienst (C.A.D.; Dierlijke mest, 1987). De waarden uit het onderzoek van Hoeksma zijn gemiddelden van 436 mestmonsters.

Van de in dit experiment gebruikte dunne rundermest waren het totaalstikstof- en het kaliumgehalte lager dan volgens het onderzoek van Hoeksma. Deze waarden vielen echter wel binnen de spreiding. De pH was eveneens lager dan de gemiddelde pH volgens Hoeksma, maar viel wel buiten de spreiding. De andere gehalten waren vergelijkbaar met de door Hoeksma gevonden gemiddelde mestsamenvestelling van dunne rundermest.

Tabel 3. Gemiddelde samenstelling van de in dit experiment gebruikte dunne rundermest in vergelijking met de gemiddelde waarden met bijbehorende spreiding uit Hoeksma (1988).

| Grootheid          | [eenheid]  | Dunne rundermest | Hoeksma (spreiding) | Gier | C.A.D. |
|--------------------|------------|------------------|---------------------|------|--------|
| ammoniumstik-      | [g/kg]     | 2,1              | 2,4 (0,2 - 4,4)     | 5,0  | -      |
| totaalstikstof     | [g/kg]     | 3,9              | 4,9 (2,4 - 7,8)     | 5,5  | 4,0    |
| fosfor             | [g/kg]     | 0,7              | 0,9 (0,3 - 3,4)     | 0,2  | 0,9    |
| kalium             | [g/kg]     | 3,1              | 5,1 (1,0 - 7,6)     | 13,5 | 6,6    |
| pH                 | [-]        | 6,9              | 8,2 (7,0 - 8,8)     | 9,0  | -      |
| droge stof         | [g/kg]     | 82,7             | 96,0 (34 - 200)     | 45,7 | 26     |
| ruwe as            | [% van ds] | 20,8             | 28,0 (11 - 136)     | 57,1 | -      |
| vluchtige vetzuren | [g/kg]     | 11,2             | - <sup>a</sup>      | 6,5  | -      |

<sup>a</sup> geen waarneming.

De samenstelling van de gebruikte gier week af van de samenstelling volgens het C.A.D.. Het totaalstikstof-, fosfor-, kalium- en drogestofgehalte waren hoger.

In vergelijking met de dunne rundermest was de gier rijker aan stikstof en kalium en was de pH hoger. Het drogestofgehalte van gier was lager dan dat van dunne rundermest. De verhouding tussen ammonium- en totaalstikstof in de gebruikte gier (91% van de stikstof als ammonium) lag duidelijk hoger dan bij de gebruikte dunne rundermest (54% van de stikstof als ammonium).

### 3.5 Ammoniakemissie

In bijlage IV staat het emissieverloop van elk proefveld per monsterperiode vermeld. In Tabel 4 staan de mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per proefveld. De mestgiften waren op alle velden ongeveer de geplande hoeveelheid van 20 m<sup>3</sup>/ha. Door het hogere stikstofgehalte in gier waren de stikstofgiften veel hoger dan bij dunne rundermest.

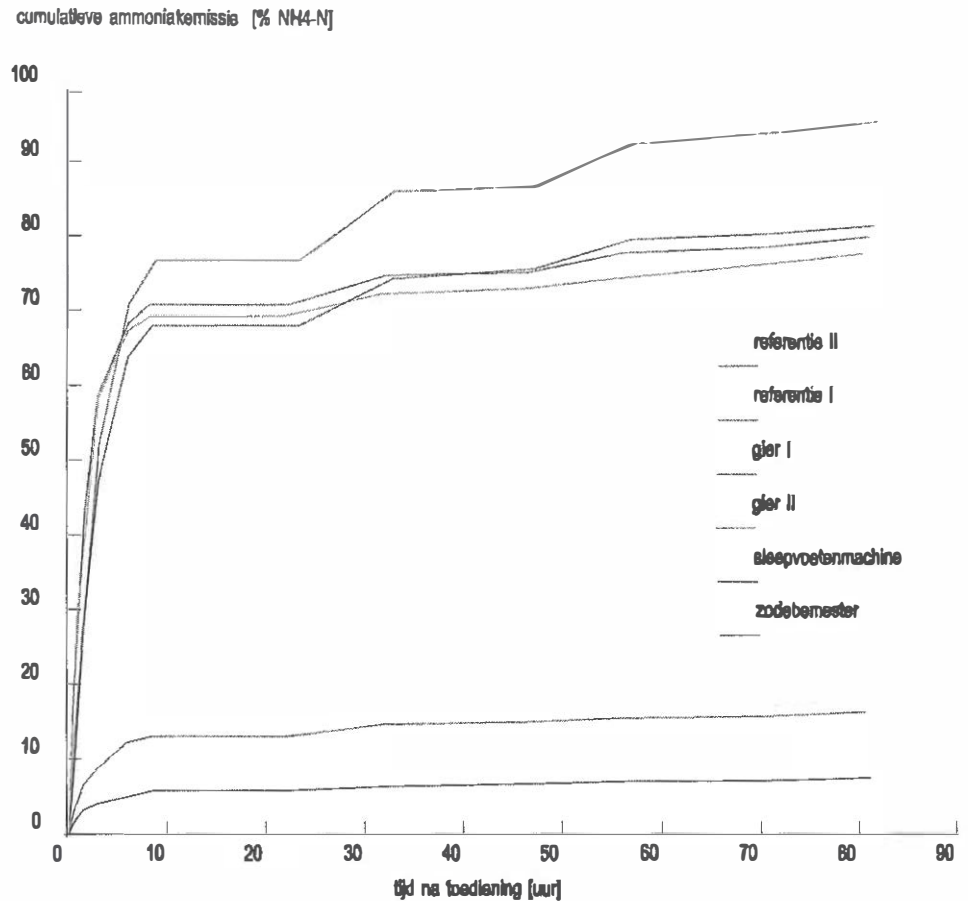
Tabel 4. Giften en ammoniakemissie van bovengronds breedwerpig verspreide onbehandelde en met de sleepvoetenmachine toegediende dunne rundermest.

| Mesttoediening          | Giften               |                    |         | Ammoniakemissie    |      |       | Reductie    |
|-------------------------|----------------------|--------------------|---------|--------------------|------|-------|-------------|
|                         | mest                 | NH <sub>4</sub> -N | N-tot   | NH <sub>4</sub> -N |      | N-tot | t.o.v. gier |
|                         | [m <sup>3</sup> /ha] | [kg/ha]            | [kg/ha] | [kg/ha]            | [%]  | [%]   | [%]         |
| Gier I                  | 18,2                 | 90,1               | 99,3    | 71,8               | 79,7 | 72,3  | -           |
| Gier II                 | 19,1                 | 94,7               | 104,4   | 73,3               | 77,4 | 70,2  | -           |
| Gier zodebemester       | 20,3                 | 100,4              | 110,8   | 7,5                | 7,4  | 6,7   | 90          |
| Gier sleepvoetenmachine | 19,0                 | 94,1               | 103,8   | 15,2               | 16,2 | 14,7  | 79          |
| Referentie I            | 19,4                 | 39,8               | 76,1    | 32,3               | 81,2 | 42,5  | -           |
| Referentie II           | 19,0                 | 39,1               | 74,8    | 37,2               | 95,2 | 49,8  | -           |

De absolute emissies (kg/ha) waren bij bovengronds, breedwerpig toegediende gier (gier I en II in Tabel 3) hoger dan bij dunne rundermest (referentie I en II in Tabel 3). De relatieve emissies (% van de toegediende NH-N) waren vrijwel gelijk. Het verschil tussen de resultaten van de duplo's waren bij gier klein, namelijk 3% van de gemiddelde emissie. De duplo's waarnemingen bij dunne rundermest lagen verder uit elkaar, namelijk 16% van de gemiddelde emissie.

Door toediening van gier met de sleepvoetenmachine en zodebemester verminderte de emissie aanzienlijk. Door gebruik van de sleepvoetenmachine emitteerde 16% en door gebruik van de zodebemester ruim 7% van de toegediende ammoniumstikstof. De emissie werd gereduceerd met respectievelijk 79% en 90% ten opzichte van bovengronds, breedwerpig toegediende gier.





Figuur 2. Cumulatieve ammoniakemissie als functie van de tijd na het toedienen van dunne rundermest en gier met de masttank en gier met de sleepvoetenmachine en zodebemester.

In Figuur 2 is het verloop van de cumulatieve emissie in de tijd uitgezet. Hierin is te zien dat de emissieniveau's van dunne rundermest en gier dicht bij elkaar lagen en dat toediening met een sleepvoetenmachine en zodebemester de emissie sterk verminderde. De emissiesnelheid (kg/(ha.dag)) van gier was de eerste uren na het toedienen het grootst: binnen 6 uur was 85-87% van de totale emissie na 96 uur opgetreden. De emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende dunne rundermest en gier toegediend met de sleepvoetenmachine verliep geleidelijker: na 6 uur was 74-78% van de totale emissie opgetreden. Van de emissie van de met de zodebemester toegediende gier was na 6 uur 66% opgetreden. Uit deze figuur en uit Bijlage IV blijkt dat op alle velden de emissie na 96 uur na het toedienen nog doorging.

## 4 Discussie

Factoren die van invloed zijn op de ammoniakemissie zijn o.a. de mestgift, de mestsamenstelling, de bodemcondities en de weersomstandigheden. Wat betreft de weersomstandigheden bevorderen een hogere temperatuur en windsnelheid de ammoniakemissie (Frenay et al., 1983). Vroeg in het voorjaar zijn de temperaturen over het algemeen laag. Hierdoor zou worden verwacht dat de emissie van de referentie eveneens laag is. Dit bleek echter niet uit het in dit rapport beschreven experiment.

Uit de resultaten van eerdere emissiemetingen van de veldmeetploeg aan bovengronds, breedwerpig toegediende dunne rundermest op grasland (mestgiften 15-25 m<sup>3</sup>/ha) bleek dat de emissie varieerde van 62-100% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof (gemiddeld 73%; 13 waarnemingen). De emissie van de referentie bedroeg in het in dit rapport beschreven experiment 81% en 95% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof (mestgift 20 m<sup>3</sup>/ha) en was in vergelijking met eerdere resultaten hoog. Omdat het grootste deel van de emissie (gemiddeld 80%) plaats vond in de eerste 6 uur na het toedienen zijn de temperatuurs- en windsnelheidsgegevens (op respectievelijk 1,5 m en 2,4 m hoogte) over deze eerste 6 uur gemiddeld. In het in dit rapport beschreven experiment waren de gemiddelde temperatuur en windsnelheid respectievelijk 7°C en 5 m/s. Bij de eerdere experimenten was de gemiddelde temperatuur 12-18°C en de gemiddelde windsnelheid 2-7 m/s. De temperatuur was in vergelijking met de eerdere experimenten laag en de windsnelheid hoog. Ondanks de lage temperatuur was de emissie in dit experiment niet laag, wat waarschijnlijk werd veroorzaakt door de vrij hoge windsnelheden. Dit werd ook al gevonden bij de twee experimenten (week 10 en 11), die voorafgaande aan het in dit rapport beschreven experiment hadden plaatsgevonden (Mulder en Hol, 1993a; Mulder en Hol, 1993b).

De emissie als percentage van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof was in dit experiment bij gier weliswaar even hoog als de emissie van dunne rundermest, maar absoluut gezien (kg/ha) emitterde van bovengronds, breedwerpig toegediende gier ongeveer twee keer zoveel ammoniak als van dunne rundermest. In een eerder uitgevoerd experiment met gier en dunne rundermest (Hol, 1991) was het tegenovergestelde gebleken: van de gier emitterde (zowel absoluut als relatief gezien) minder ammoniak dan van dunne rundermest. Mogelijk speelde de samenstelling van de gier hierin een belangrijke rol. In het experiment in 1991 was de gier afkomstig uit een grupstal en waren de pH en het ammoniumstikstof- en drogestofgehalte lager dan van de stieregier in het in dit rapport beschreven experiment.

Door het gebruik van de sleepvoetenmachine en de zodebemester verminderde de ammoniakemissie van gier aanzienlijk. De emissiereducties bedroegen respectievelijk 79% en 91% ten opzichte van bovengronds, breedwerpig toegediende gier. In vergelijking met de resultaten van metingen met de sleepvoetenmachine en zodebemester in combinatie met dunne rundermest waren de emissiereducties hoog. De reductiepercentages bij dunne rundermest varieerden van 45-68% bij de sleepvoetenmachine (mestgiften 14-17 m<sup>3</sup>/ha; n=4) tot 67-98% bij de zodebemester (mestgiften 14-21 m<sup>3</sup>/ha; n=7). Over de gebruikte sleepvoetenmachine moet worden opgemerkt dat deze achter de banden was uitgerust met kouters, waardoor de gier in de rijsporen enigszins in de grond werd gelegd. Waarschijnlijk dat hierdoor de emissiereductie hoger was.

## 5 Conclusies

De ammoniakemissie van bovengronds, breedwerpig toegediende, onbehandelde mest (duplo) was 81% en 95% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissie was, gezien het tijdstip van toedienen (vroeg voorjaar) en de temperatuur, vrij hoog. De temperaturen op 1,5 m hoogte waren weliswaar laag (maximumtemperatuur 8-10°C), maar de windsnelheid was met name op de eerste dag vrij hoog geweest (6-8 m/s).

De emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende gier (duplo) was 77% en 80% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Het verschil tussen de duplo's was kleiner dan bij de dunne rundermest. Aangezien de gebruikte gier veel meer ammoniumstikstof bevatte, was de absolute emissie (in kg/ha) hoger dan de absolute emissie van dunne rundermest.

Door gebruik van de sleepvoetenmachine en zodebemester daalde de emissie van gier naar respectievelijk 16% en 7% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Dit betekende een reductie van respectievelijk 79% en 91%. In vergelijking met de emissiereducties bij toediening van dunne rundermest waren deze aan de hoge kant. De sleepvoetenmachine die in dit experiment werd gebruikt was uitgerust met kouters in de sporen, zodat de mest daar enigszins in de grond werd gelegd.

## Literatuur

Bussink, D.W., J.V. Klarenbeek, J.F.M. Huijsmans en M. Bruins, 1990. Ammoniakemissie bij verschillende toedieningsmethoden van dunne mest aan grasland, rapport A 89.086, NMI, 's Gravenhage.

Dierlijke mest, 1987. Vlugschrift voor de landbouw, nr. 406.

Döhler, H., 1991. Laboratory and field experiments for estimating ammonia losses from pig and cattle slurry following application, in: Nielsen, V.C., J.H. Voorburg en P. L'Hermite (eds.), *Odour and ammonia emissions from livestock farming*. Elsevier Science Publishers Ltd, Londen.

Freney, J.R., J.R. Simpson en O.T. Denmead, 1983. Volatilization of ammonia, in: Freney, J.R. en J.R. Simpson (eds.), *Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems*, p 1-31. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Den Haag.

Hoeksma, P., 1988. De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet, IMAG, Wageningen.

Hol, J.M.G., 1991. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; vaste rundermest en gier, DLO-Meetploegverslag 34506-4200. IMAG-DLO, Wageningen.

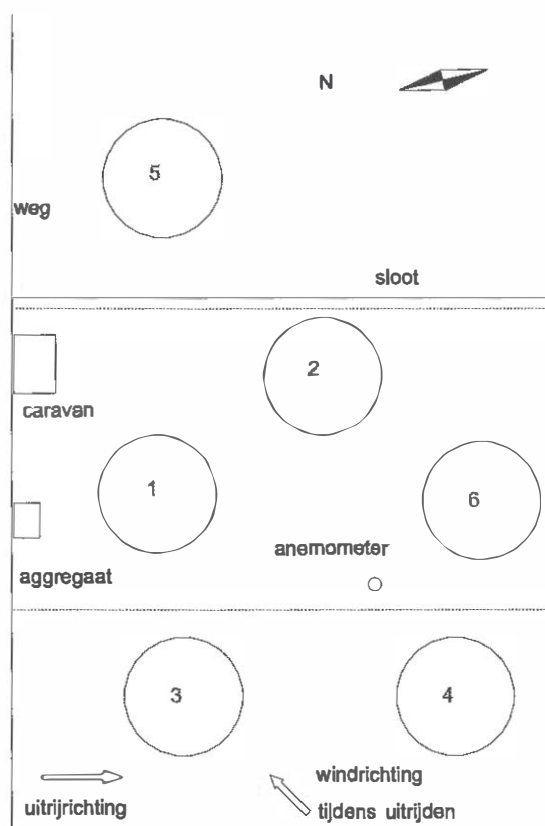
Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1993a. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: het effect van toediening van verdunde rundermest in het vroege voorjaar, DLO-meetploegverslag 34506-5900. DLO, Wageningen.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1993a. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: het effect van rijsporen op de emissie bij toediening van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine in het vroege voorjaar, DLO-meetploegverslag 34506-6000. DLO, Wageningen.

Pain, B.F. en J.V. Klarenbeek, 1988, Anglo-Dutch experiments on odour and odour emissions from landspreading livestock wastes, IMAG-research report 88-2, Wageningen.

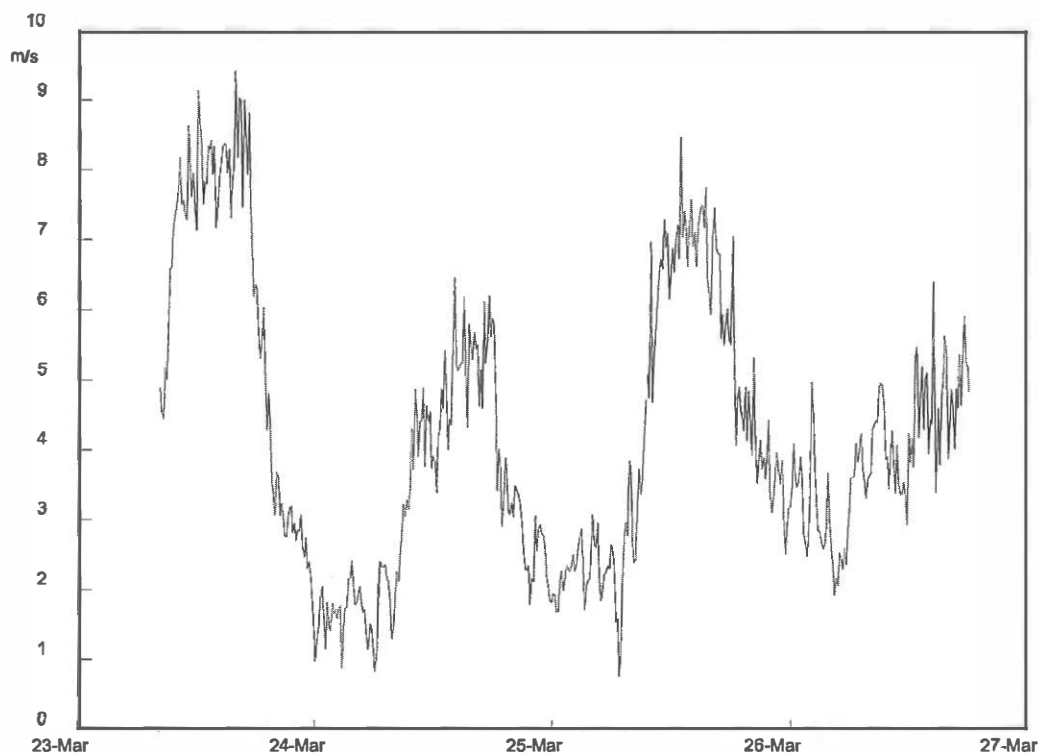
## Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode

## Bijlage II Schema proefvelden 23 t/m 26 maart 1993

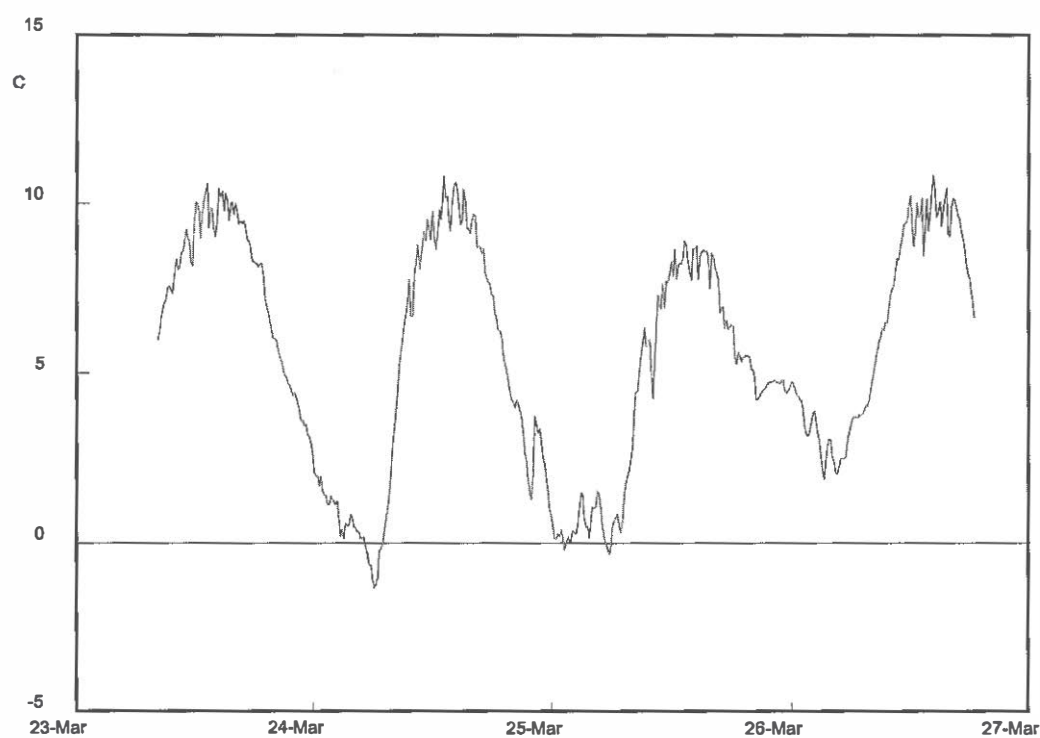


Figuur 4. Schematisch overzicht van bovengronds, breedwerpig toegediende gier (1,2) en dunne rundmest (5,6); gier toegediend met de zodebemester (3) en sleepvoetenmachine (4).

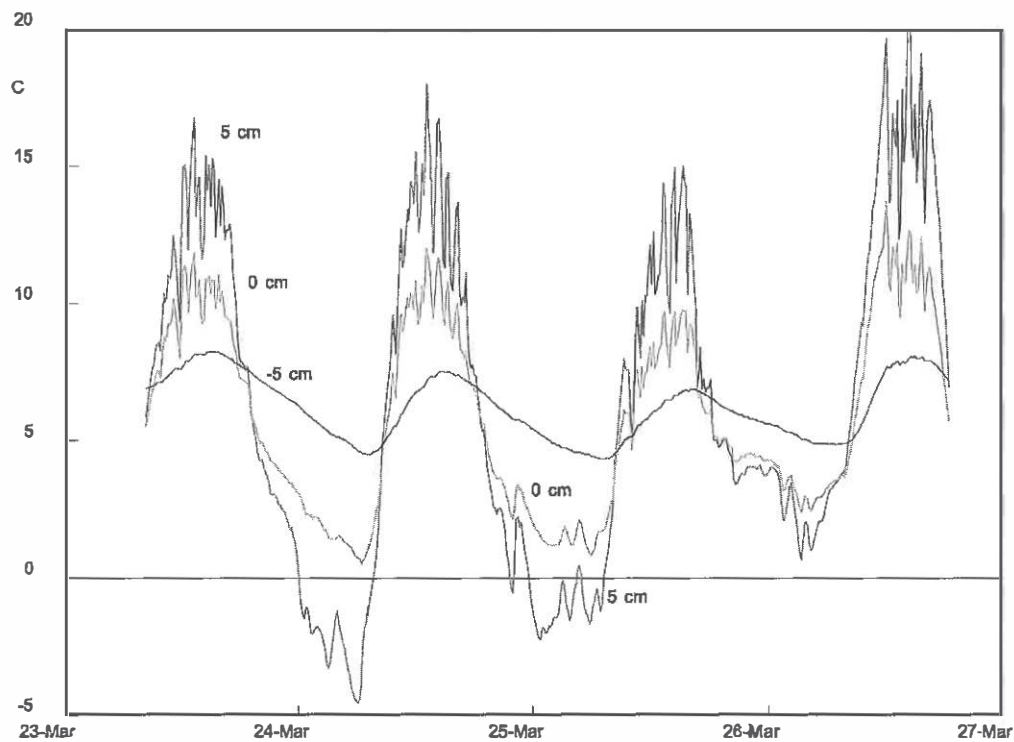
## Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment



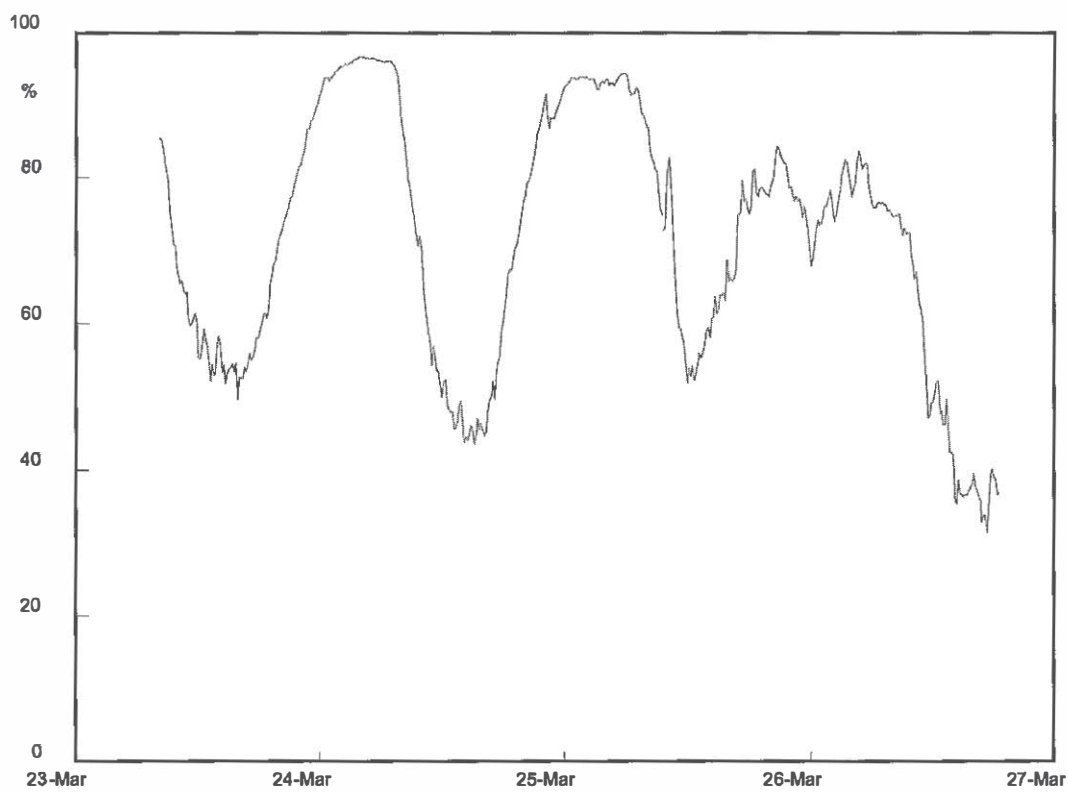
Figuur 5. Windsnelheid op 2,4 m hoogte.



Figuur 6. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte.

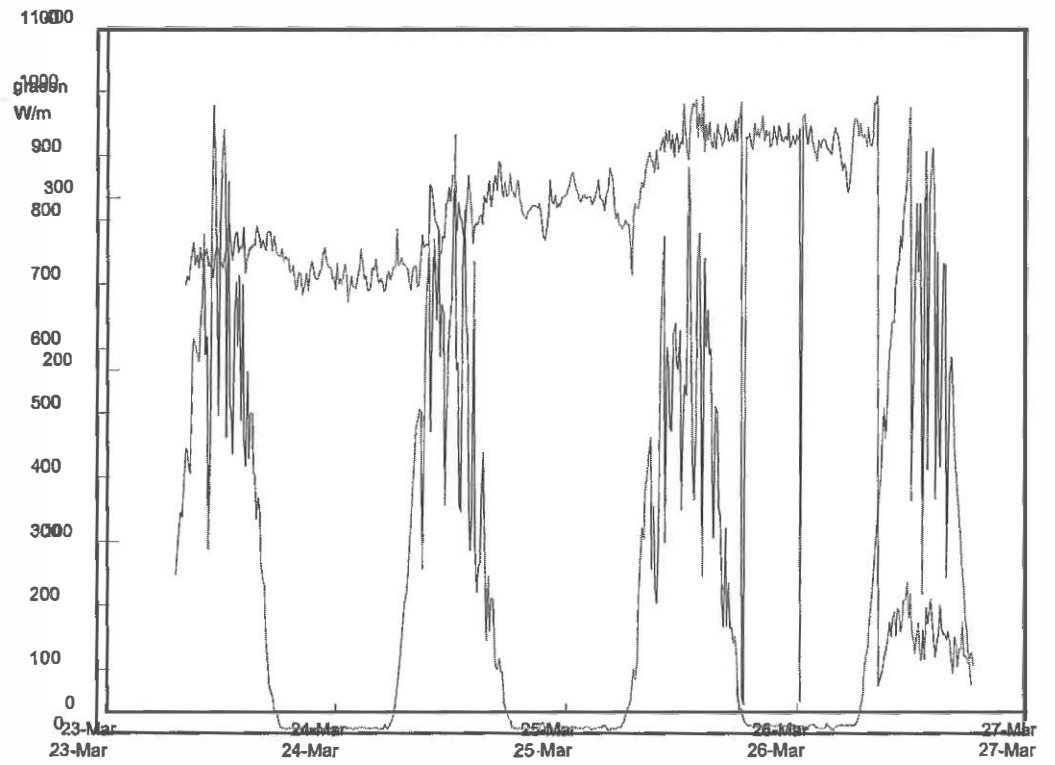


Figuur 7. Luchttemperatuur op 5 cm en 0 cm hoogte; bodemtemperatuur op 5 cm diepte.

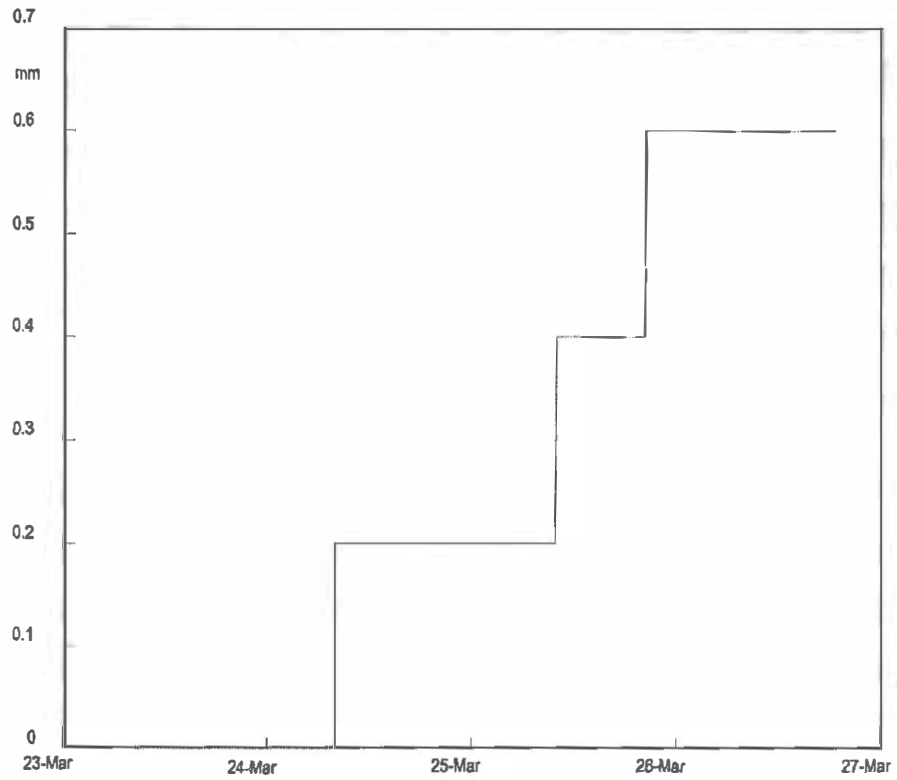


Figuur 8. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.





Figuur 9. Windrichting op 3,9 m hoogte. Figuur 10. Globale straling



Figuur 11. Regenhoeveelheid.

## Bijlage IV Emissiesnelheid per monsterperiode

### Bovengronds breedwerpig, gier (gier I)

| periode na<br>uitrijden | emissiesnelheid<br>[kg/ha/dag] | cumulatief verlies<br>[kg/ha] | [%] t.o.v.         |       |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
|                         |                                |                               | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
|                         | 0 - ½ uur                      | 794,80                        | 16,56              | 18,38 |
| ½ - 1½ uur              | 486,29                         | 38,51                         | 42,76              | 38,76 |
| 1½ - 3 uur              | 245,12                         | 52,81                         | 58,63              | 53,16 |
| 3 - 6 uur               | 69,23                          | 61,32                         | 68,08              | 61,72 |
| 6 - 8 uur               | 25,12                          | 63,67                         | 70,70              | 64,09 |
| 8 - 22 uur              | 0,00                           | 63,67                         | 70,70              | 64,09 |
| 22 - 32 uur             | 8,76                           | 67,23                         | 74,65              | 67,67 |
| 32 - 47 uur             | 0,52                           | 67,54                         | 75,00              | 67,99 |
| 47 - 56 uur             | 5,94                           | 69,88                         | 77,59              | 70,34 |
| 56 - 71 uur             | 1,20                           | 70,61                         | 78,40              | 71,08 |
| 71 - 81 uur             | 2,87                           | 71,81                         | 79,74              | 72,29 |

### Bovengronds breedwerpig, gier (gier II)

| periode na<br>uitrijden | emissiesnelheid<br>[kg/ha/dag] | cumulatief verlies<br>[kg/ha] | [%] t.o.v.         |       |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
|                         |                                |                               | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
|                         | 0 - ½ uur                      | 811,50                        | 16,34              | 17,26 |
| ½ - 1½ uur              | 618,19                         | 27,50                         | 29,06              | 26,34 |
| 1½ - 3 uur              | 330,10                         | 55,24                         | 58,36              | 52,91 |
| 3 - 6 uur               | 66,79                          | 63,59                         | 67,18              | 60,90 |
| 6 - 8 uur               | 19,43                          | 65,45                         | 69,14              | 62,68 |
| 8 - 22 uur              | 0,00                           | 65,45                         | 69,14              | 62,68 |
| 22 - 32 uur             | 6,83                           | 68,28                         | 72,13              | 65,39 |
| 32 - 46 uur             | 1,11                           | 68,95                         | 72,84              | 66,04 |
| 46 - 56 uur             | 3,22                           | 70,21                         | 74,17              | 67,24 |
| 56 - 70 uur             | 2,98                           | 72,00                         | 76,06              | 68,96 |
| 70 - 80 uur             | 2,98                           | 73,27                         | 77,41              | 70,17 |

**Zodebemester gier**

| periode na<br>uitrijden | emissiesnelheid<br>[kg/ha/dag] | cumulatief verlies |                    |       |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                         |                                | [kg/ha]            | [%] t.o.v.         |       |
|                         |                                |                    | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
| 0 - ½ uur               | 66,34                          | 1,43               | 1,42               | 1,29  |
| ½ - 1½ uur              | 41,26                          | 3,15               | 2,13               | 2,84  |
| 1½ - 3 uur              | 15,24                          | 4,05               | 3,03               | 3,65  |
| 3 - 6 uur               | 7,10                           | 4,93               | 4,91               | 4,45  |
| 6 - 9 uur               | 7,37                           | 5,77               | 5,74               | 5,21  |
| 9 - 23 uur              | 0,00                           | 5,77               | 5,74               | 5,21  |
| 23 - 32 uur             | 1,45                           | 6,35               | 5,32               | 5,73  |
| 32 - 47 uur             | 0,54                           | 6,68               | 6,65               | 6,03  |
| 47 - 56 uur             | 0,74                           | 6,97               | 6,94               | 6,29  |
| 56 - 71 uur             | 0,25                           | 7,12               | 6,09               | 6,43  |
| 71 - 81 uur             | 0,79                           | 7,45               | 6,42               | 6,73  |

**Sleepvoetenmachine gier**

| periode na<br>uitrijden | emissiesnelheid<br>[kg/ha/dag] | cumulatief verlies |                    |       |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                         |                                | [kg/ha]            | [%] t.o.v.         |       |
|                         |                                |                    | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
| 0 - ½ uur               | 135,07                         | 2,72               | 2,89               | 2,62  |
| ½ - 1½ uur              | 79,48                          | 6,09               | 6,47               | 5,86  |
| 1½ - 3 uur              | 34,56                          | 8,10               | 8,61               | 7,80  |
| 3 - 6 uur               | 26,44                          | 11,39              | 12,10              | 10,97 |
| 6 - 8 uur               | 8,11                           | 12,23              | 13,00              | 11,78 |
| 8 - 22 uur              | 0,00                           | 12,23              | 13,00              | 11,78 |
| 22 - 32 uur             | 3,68                           | 13,70              | 14,56              | 13,20 |
| 32 - 46 uur             | 0,51                           | 14,02              | 14,89              | 13,50 |
| 46 - 56 uur             | 1,11                           | 14,45              | 15,35              | 13,92 |
| 56 - 71 uur             | 0,36                           | 14,67              | 15,58              | 14,13 |
| 71 - 81 uur             | 1,37                           | 14,24              | 16,19              | 14,68 |

**Bovengronds breedwerpig, dunne rundermest (referentie I)**

| periode na<br>uitrijden | emissiesnelheid<br>[kg/ha/dag] | cumulatief verlies |                    |       |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                         |                                | [kg/ha]            | [%] t.o.v.         |       |
|                         |                                |                    | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
| 0 - ½ uur               | 147,00                         | 3,06               | 7,70               | 4,03  |
| ½ - 1½ uur              | 191,61                         | 11,58              | 29,11              | 15,22 |
| 1½ - 3 uur              | 126,75                         | 18,80              | 47,25              | 24,71 |
| 3 - 6 uur               | 51,84                          | 25,35              | 63,72              | 33,32 |
| 6 - 9 uur               | 16,11                          | 27,02              | 67,91              | 35,51 |
| 9 - 23 uur              | 0,00                           | 27,02              | 67,91              | 35,51 |
| 23 - 33 uur             | 6,20                           | 29,48              | 74,12              | 38,76 |
| 33 - 47 uur             | 0,87                           | 30,01              | 75,43              | 39,44 |
| 47 - 57 uur             | 3,99                           | 31,59              | 79,41              | 41,52 |
| 57 - 71 uur             | 0,51                           | 31,90              | 80,18              | 41,93 |
| 71 - 81 uur             | 1,00                           | 32,31              | 81,23              | 42,48 |

**Bovengronds breedwerpig, dunne rundermest (referentie II)**

| periode na<br>uitrijden | emissiesnelheid<br>[kg/ha/dag] | cumulatief verlies |                    |       |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                         |                                | [kg/ha]            | [%] t.o.v.         |       |
|                         |                                |                    | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
| 0 - ½ uur               | 216,45                         | 4,51               | 11,53              | 6,03  |
| ½ - 1½ uur              | 165,46                         | 11,63              | 29,75              | 15,56 |
| 1½ - 3 uur              | 143,56                         | 20,41              | 52,19              | 27,29 |
| 3 - 6 uur               | 56,94                          | 27,64              | 70,70              | 36,97 |
| 6 - 9 uur               | 20,27                          | 29,98              | 76,68              | 40,09 |
| 9 - 23 uur              | 0,00                           | 29,98              | 76,68              | 40,09 |
| 23 - 33 uur             | 9,05                           | 33,58              | 85,88              | 44,91 |
| 33 - 48 uur             | 0,44                           | 33,85              | 86,57              | 45,27 |
| 48 - 57 uur             | 5,74                           | 36,06              | 92,22              | 48,22 |
| 57 - 72 uur             | 1,03                           | 36,68              | 93,82              | 49,06 |
| 72 - 82 uur             | 1,25                           | 37,21              | 95,17              | 49,77 |