

# Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Ammoniakemissie na toediening  
van dunne varkensmest met de  
sleepslangen- en sleepvoetenmachine  
op bouwland

E.M. Mulder

dlo



# Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Ammoniakemissie na toediening  
van dunne varkensmest met de  
sleepslangen- en sleepvoetenmachine  
op bouwland

E.M. Mulder

## Intern verslag

Meetploegverslag 34506-3100  
Januari 1992

Dienst Landbouwkundig Onderzoek  
Postbus 59  
6700 AB Wageningen

Interne mededeling DLO. Niets uit deze nota mag elders worden vermeld, of worden vermenigvuldigd op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het instituut.

Bronvermelding zonder weergave van de feitelijke inhoud is evenwel toegestaan, op voorwaarde van de volledige vermelding van: auteursnaam, jaartal, titel, instituut en notanummer en de toevoeging: 'niet gepubliceerd'.

## Inhoudsopgave

|                    |                                                         |           |
|--------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>           | <b>Inleiding</b> .....                                  | <b>2</b>  |
| <b>2</b>           | <b>Methode</b> .....                                    | <b>3</b>  |
| 2.1                | Inleiding .....                                         | 3         |
| 2.2                | Opzet .....                                             | 3         |
| 2.3                | Uitvoering .....                                        | 4         |
| <b>3</b>           | <b>Resultaten</b> .....                                 | <b>5</b>  |
| 3.1                | Bodemgesteldheid .....                                  | 5         |
| 3.2                | Weersomstandigheden .....                               | 5         |
| 3.3                | Mestsamenstelling .....                                 | 5         |
| 3.4                | Ammoniakemissie .....                                   | 6         |
| 3.5                | Vergelijking van resultaten .....                       | 8         |
| <b>4</b>           | <b>Discussie</b> .....                                  | <b>9</b>  |
| <b>5</b>           | <b>Samenvatting en conclusies</b> .....                 | <b>10</b> |
|                    | <b>Literatuur</b> .....                                 | <b>11</b> |
| <b>Bijlage I</b>   | <b>Micrometeorologische massabalansmethode</b> .....    | <b>12</b> |
| <b>Bijlage II</b>  | <b>Weersomstandigheden tijdens het experiment</b> ..... | <b>15</b> |
| <b>Bijlage III</b> | <b>Emissiesnelheid per meetmethode</b> .....            | <b>18</b> |

# 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 vermindering van de ammoniakemissie na toediening van dunne kippemest met de sleepslangen- en sleepvoetenmachine op zavelbouwland.

De sleepvoetenmachine is ontworpen voor het toedienen van mest op grasland (Huijsmans, 1990), waarbij de mest in smalle strookjes tussen het gras wordt gelegd. Bij gebruik op bouwland loopt de sleepvoetenmachine in de grond en brengt daarbij de mest ongeveer 6 cm diep. Op bouwland kunnen de sleepvoeten- en sleepslangenmachine worden ingezet bij voorjaars- toediening. Gekoppeld aan nog in ontwikkeling zijnde apparaten, die via een slangenhaspel de mest naar de toedieningsmachine voeren, kan structuurbederf van de bodem in het voorjaar worden voorkomen (Huijsmans, 1990). Het toedienen van mest met de sleepslangenmachine en verdunnen met water van de mest via de slangenhaspel zijn goed toepasbare mogelijkheden. Het verdunnen van mest zorgt voor een betere infiltratie in de bodem (Bussink et al., 1990; Amberger, 1989), waardoor de emissie wordt verminderd. Uit de resultaten van dit experiment moet blijken of een aanvullende bewerking nodig is ná de toediening van mest met de sleepvoeten- en sleepslangenmachine en verdunde mest met de sleepslangenmachine. Dit experiment is een vervolg op het experiment met dezelfde opzet, maar waarbij in plaats van dunne kippemest dunne varkensmest is gebruikt.

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

## 2 Methode

### 2.1 Inleiding

De ammoniakemissie van een bemest veld wordt bepaald met behulp van de micro-meteorologische massabalansmethode. In het kort komt deze methode neer op het meten van het verschil tussen aan- en afvoer van ammoniak over een bemest proefveld. Dit proefveld is afhankelijk van de werkbreedte van de toedieningsmachine cirkelvormig (werkbreedte < 10 m) of vierkant (werkbreedte > 10 m) en heeft in het algemeen een oppervlakte die tussen 0,15 en 0,20 hectare ligt. Voor deze meetmethode zijn concentratie- en windsnelheidsmetingen op bepaalde hoogten nodig. In bijlage I wordt een toelichting op deze methode gegeven.

Deze meetmethode is geschikt om de ammoniakemissie van proefvelden met verschillende soorten mesttoediening te vergelijken met de emissie van bovengronds breedwerpig uitgereden dunne mest. Ten opzichte van het laatste veld - het zogenaamde referentieveld - kan een reductiepercentage worden berekend. De ammoniakemissie wordt uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof.

### 2.2 Opzet

Het experiment is uitgevoerd van 17 tot en met 21 september 1991 op de IMAG-DLO-proefboerderij de 'Oostwaardhoeve' in Slootdorp. In totaal zijn vier proefvelden van ongeveer 0,15 ha op bouwland bemest. Voor het experiment is gebruik gemaakt van dunne varkensmest die afkomstig was uit een silo, waarin sinds het voorjaar de mest was opgeslagen.

De mesttoediening heeft plaats gevonden met de sleepvoetenmachine (werkbreedte 5 m), de sleepslangenmachine (werkbreedte 12 m) en de vacuumentank (werkbreedte 9 m). Het veld dat met deze laatste machine is bemest, fungeert als referentie. Op het vierde veld is 1:1- verdunde mest met de sleepslangenmachine opgebracht. Hoewel het experiment een voorjaarstoediening op onbeteeld bouwland moest voorstellen is bij de toediening niet uitgegaan van voorjaarsgiften, maar van giften die in de praktijk in het najaar worden gegeven (15-20 m<sup>3</sup>/ha). De gift van verdunde mest was qua stikstofgift hiermee vergelijkbaar.

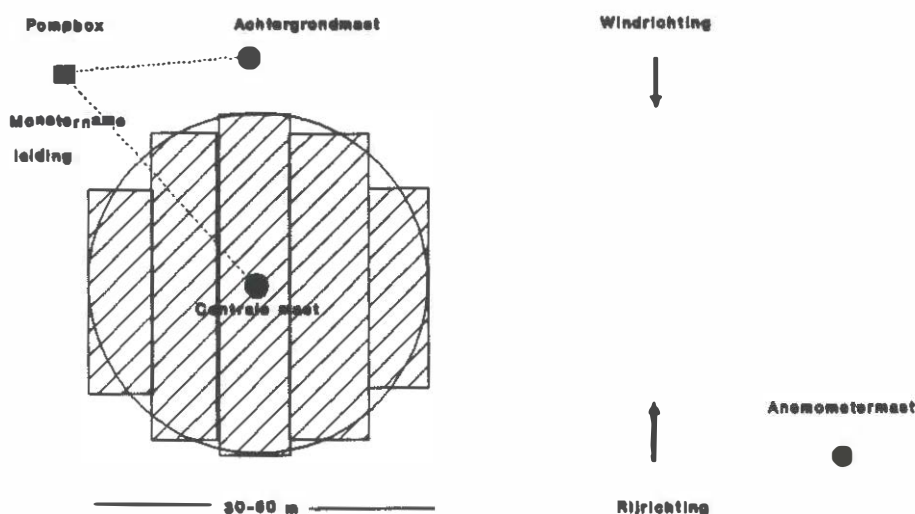
Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden zijn voor de vier velden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten zijn ongeveer gelijktijdig gestart, zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen kunnen worden uitgesloten. Op 17 september zijn de vier velden tussen 9:15 uur en 11:30 uur bemest.

Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat de emissie 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. De volgende monsternamperiodes zijn gekozen: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-zonsopkomst, zonsopkomst-48 uur, 48-72 uur, 72-96 uur. Eerdere experimenten hebben uitgewezen dat 96 uur na het uitrijden de emissie nihil is (Bussink et al., 1990).

## 2.3 Uitvoering

Voor de start van het experiment zijn bodemonsters van de bovenste 5 cm van de proefvelden gestoken. Met behulp van deze monsters kan het vochtgehalte van de bodem worden bepaald. Van de mest die is verspreid is voor het uitrijden een aantal monsters genomen. Deze mestmonsters zijn geanalyseerd op: ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

In Figuur 1 staat een schema van een cirkelvormig proefveld geïllustreerd. In dit experiment is met de sleepslangenmachine gewerkt die een grote werkbreedte heeft (ca. 12 m), zodat vier uitgereden banen een al voldoende groot oppervlak gaven en de vorm van het veld vierkant maakten. In Figuur 1 staan eveneens de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast weergegeven. Nadat de helft van het proefveld is uitgereden is de centrale mast geplaatst en de meting gestart. Met deze mast is de ammoniakconcentratie bepaald in de lucht die over een afstand met de lengte van de straal van het veld is gegaan. Met de achtergrondmast, die bovenwinds van de centrale mast stond, is de achtergrondconcentratie gemeten. In de masten zijn op verschillende hoogten flesjes met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp is lucht door de flesjes gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur is achtergebleven. In het laboratorium van het IMAG-DLO is na de meetperiode de hoeveelheid ammonium in het salpeterzuur bepaald. Uit deze hoeveelheid en de flow door het flesje die voor en na een monsternamperiode is gemeten, is de ammoniakconcentratie in de lucht bepaald. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentratie volgt de hoeveelheid ammoniak die uit de mest is vervluchtigd.



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

Voor een goede beschrijving van de meetomstandigheden zijn naast de bepaling van het bodemvocht de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd:

- windsnelheid op 0,2; 0,4; 0,9; 1,4; 2,4 en 3,7 m hoogte;
- windrichting;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur aan de grond en op 1,5 m hoogte;
- bodemtemperatuur op 0,05 m beneden maaiveld;
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte;
- instraling.



### 3 Resultaten

#### 3.1 Bodemgesteldheid

De bodem van de proefvelden kan worden geklassificeerd als matig lichte zavel (22% afslibbaar) (Kuipers, 1956). Het vochtgehalte was 15% voor de velden die met de sleepvoetenmachine en vacuumentank zijn bemest en 18% voor de velden die met de sleepslangenmachine zijn bemest. Op het land lagen aardappelen en afgestorven aardappelloof.

#### 3.2 Weersomstandigheden

Op de dag van toediening waaide er een matige tot vrij krachtige wind (4-6,5 m/s op 2,4 m hoogte) uit westelijke richting. De maximumtemperaturen aan de grond en op 1,5 m hoogte bedoegen 18°C en het was bewolkt, maar droog. De tweede dag was zonnig, maar heïg. De temperatuur aan de grond en op 1,5 m was hoger dan de eerste dag (ca. 23°C). De wind was toegenomen tot 7 m/s en gedraaid naar het zuidwesten.

In de nacht van de tweede op de derde dag viel 1,4 mm regen. Op de derde dag waren er flinke stapelwolken afgewisseld met zonnige perioden. De temperatuur kon oplopen van ongeveer 10°C naar 21°C op 1,5 m en tot 23°C aan de grond. De wind bleef zuidwestelijk, maar was in kracht afgenomen tot 2-4 m/s. Op de vierde dag was de wind nog verder afgenomen, maar bleef uit dezelfde richting waaïen. Het was halfbewolkt en de temperatuur op 1,5 m hoogte was ongeveer hetzelfde als op de derde dag. Aan de grond kon de temperatuur dankzij de lage windsnelheid en bewolkingsgraad oplopen van 5°C tot 25°C.

Gedurende de hele meetperiode was de relatieve luchtvochtigheid 's nachts hoog (90-100%) en overdag dalend van 80% op de eerste en tweede dag naar 55% op de vierde dag.

In bijlage II staan het verloop van de windsnelheid op 2,4 m hoogte, de temperatuur op 1,5 m, aan de grond en op 0,05 m diepte, de relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte, de globale straling en de windrichting in de tijd weergegeven.

#### 3.3 Mestsamenstelling

In Tabel 1 staan de gemiddelde waarden van analyseresultaten van de drie monsters van de onbehandelde mest in vergelijking met de gemiddelde samenstelling van dunne varkensmest (Hoeksma, 1988). De gegevens van de verdunde mest zijn eveneens gemiddelden van drie mestmonsters. Deze monsters zijn niet voor het uitrijden genomen, maar tijdens het mestverspreiden door een paar keer een slang van de sleepslangenmachine in een emmer te houden.

Uit Tabel 1 blijkt dat de samenstelling van de gebruikte mest qua ammonium- en totaalstikstofgehalte iets hoger ligt dan de gemiddelde waarden uit de literatuur. De andere gehalten in de gebruikte mest komen goed overeen met de literatuurwaarden in Tabel 1.

Op basis van gewogen hoeveelheden water en mest was de verdunning 0,9 deel water op 1 deel mest. De verdunning op basis van drogestofgehalte is ongeveer 0,5 deel water op 1 deel mest en op basis van het ammoniumstikstofgehalte 0,6 deel water op 1 deel mest.

Tabel 1. Gemiddelde samenstelling van de in dit experiment gebruikte dunne varkensmest in vergelijking met de gemiddelde waarden uit Hoeksma (1988).

| Grootheid          | [eenheid]  | Hoeksma (1988) | Dunne varkensmest |      |
|--------------------|------------|----------------|-------------------|------|
|                    |            |                | onverdund         | 1:1  |
| ammoniumstikstof   | [mg/kg]    | 3600           | 4227              | 2720 |
| totaalstikstof     | [mg/kg]    | 6500           | 7023              | 4320 |
| fosfor             | [mg/kg]    | 1700           | 1880              | 1170 |
| kalium             | [mg/kg]    | 5600           | 6670              | 4320 |
| pH                 | [-]        | 8,0            | 8,2               | 8,2  |
| droge stof         | [mg/kg]    | 74             | 71,2              | 46,6 |
| ruwe as            | [% van ds] | 25             | 38,8              | 38,7 |
| vluchtige vetzuren | [mg/l]     | *              | 73,9              | 58,4 |

\* geen waarneming.

### 3.4 Ammoniakemissie

In bijlage III wordt het emissieverloop van elk proefveld per periode vermeld. In Tabel 2 staan de gemiddelde mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissies per proefveld.

De met de sleepslangenmachine opgebrachte verdunde mest was zeer slecht over het veld verdeeld. Het veld moest in twee delen worden uitgereden, omdat de inhoud van de mesttank niet toereikend was. De ene helft kreeg een mestgift van 26,6 m<sup>3</sup>/ha en de andere helft van 14,5 m<sup>3</sup>/ha. De wind was tijdens de hele meetperiode constant uit zuidwestelijke tot noordwestelijke richting (zie Figuur 7 in bijlage II). Hierdoor heeft de lucht slechts het deel van het veld met de grootste mestgift bestreken, zodat verdere berekeningen hierop zijn gebaseerd.

Tabel 2. Gemiddelde giften en ammoniakemissie van dunne varkensmest toegediend met de sleepvoeten- en sleepslangenmachine en verdunde varkensmest toegediend met de sleepslangenmachine in vergelijking met bovengronds breedwerpig verspreide dunne varkensmest op bouwland.

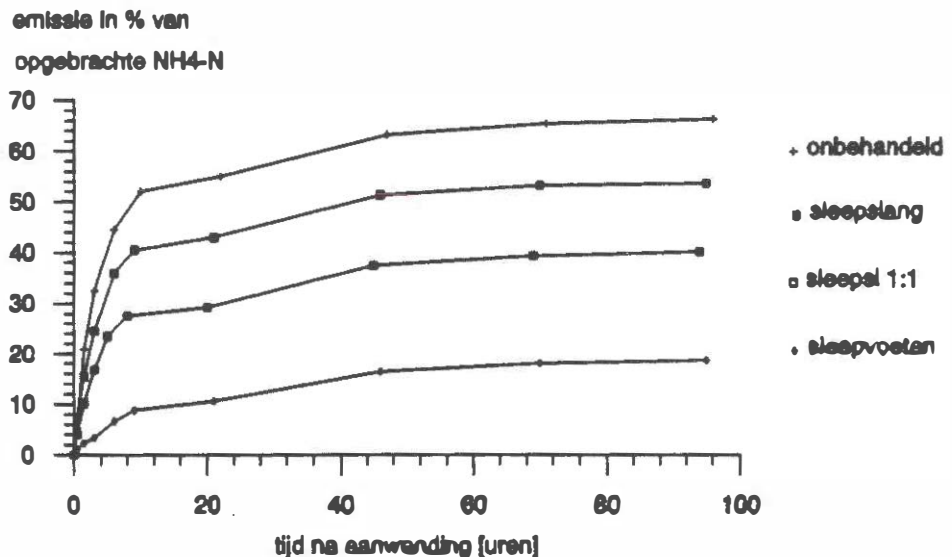
| Toediening                  | Giften               |                    |         | Ammoniakemissie |      |      |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|---------|-----------------|------|------|
|                             | mest                 | NH <sub>4</sub> -N | N-tot   |                 |      |      |
|                             | [m <sup>3</sup> /ha] | [kg/ha]            | [kg/ha] | [kg/ha]         | [%]  | [%]  |
| Bovengronds                 | 15,9                 | 67,6               | 111,5   | 44,8            | 66,3 | 40,3 |
| Sleepvoeten                 | 20,3                 | 87,2               | 143,8   | 16,3            | 18,8 | 11,4 |
| Sleepslangen                | 12,2                 | 52,0               | 58,8    | 27,9            | 53,7 | 32,6 |
| 1:1 verdund<br>sleepslangen | 26,6                 | 72,5               | 115,1   | 30,1            | 41,5 | 25,3 |



Uit Tabel 2 blijkt dat de mestgiften voor de vier velden uiteen liggen. Met de sleepslangenmachine is relatief weinig onverdunde mest en veel verdunde mest opgebracht. De ammonium- en totaalstikstofgift van de verdunde mest is vergelijkbaar met die van de bovengronds breedwerpig verspreide (onverdunde) mest.

De totale emissie van het bovengronds breedwerpige opgebrachte veld bedraagt 66% van de hoeveelheid opgebrachte ammoniumstikstof. De ammoniakemissie die van het veld komt dat is bemest met de sleepvoetenmachine bedraagt 19%. Ten opzichte van het bovengronds uitgereden veld wordt de emissie met 72% gereduceerd. Ondanks het feit dat de sleepvoetenmachine de mest niet goed heeft ondergewerkt - door loof op het land is een gedeelte van de mest boven de grond neergelegd - is de reductie aanzienlijk.

Van het veld dat met de sleepslangenmachine is bemest verdween 54% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof in de lucht. Dit betekent een reductie ten op zichte van bovengronds verspreide mest van 19%. Dit percentage is aanmerkelijk kleiner dan de emissiereductie van het met de sleepvoetenmachine bemeste veld. De ammoniakemissie van de met de sleepslangenmachine toegedien- de verdunde mest is 42% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof, wat een reductiepercentage betekent van 43% ten opzichte van bovengronds uitgere- den mest. Ten opzichte van de emissie van onverdunde mest met de sleepslangen- machine is de reductie 25%.



Figuur 2. Stikstofverlies als functie van de tijd na toediening van dunne en verdunde varkensmest met sleepvoeten- en sleepslangenmachine in vergelijking met bovengronds breedwerpig verspreide dunne mest.

In Figuur 2 is het verloop van de emissie weergegeven. Uit deze Figuur en bijlage III blijkt een duidelijk verschil in emissieverloop: 79% van de totale emissie van bovengronds breedwerpig uitgereden mest vindt in de eerste 10 uur plaats. De emissie van het met de sleepslangenmachine bemeste veld kent ongeveer hetzelfde verloop als de bovengronds verspreide mest. Het emissieverloop van veld dat met de sleepvoetenmachine is bemest gaat geleidelijker: 47% van de totale emissie is na 9 uur opgetreden en 88% na 46 uur. Dit geldt in mindere mate voor het veld waarop de verdunde mest met de sleepslangenmachine is opgebracht: na 10 uur is 60% van de totale emissie opgetreden.

### 3.5 Vergelijking van resultaten

In Tabel 3 worden ter vergelijking enkele emissiereductiepercentages van eerder uitgevoerde proeven met de sleepvoetenmachine op bouwland gegeven. De reducties zijn in alle gevallen berekend ten opzichte van bovengronds breedwerpig aangewende dunne varkensmest op braakliggend bouwland.

Tabel 3 Mestgiften en emissiereducties van experimenten waarbij varkensmest met de sleepvoetenmachine op bouwland werd toegediend.

| Toediening           | Mestgift             | Reductie | Literatuur    |
|----------------------|----------------------|----------|---------------|
|                      | [m <sup>3</sup> /ha] | [%]      |               |
| vaste tandcultivator | 12,2                 | 72       | (dit verslag) |
| vaste tandcultivator | 25,6                 | 68       | (Bode, 1990a) |
| vaste tandcultivator | 18,8                 | 95       | (Hol, 1991)   |

Het reductiepercentage na toediening van de sleepvoetenmachine in dit experiment ligt dicht bij de resultaten van eerdere experimenten op braakliggend bouwland.

## 4 Discussie

Thompson et al. (1990) concludeerde uit een windtunnelexperiment met dunne rundermest op grasland dat na 5 dagen de totale emissie van mest opgebracht in smalle stroken iets lager was dan van bovengronds breed- werpig verspreide mest door verkleining van het emitterende oppervlak. Dit heeft waarschijnlijk een rol gespeeld bij de ammoniakverluchting van de velden die met de sleepvoeten- en sleepslangenmachine zijn bemest. Door de sleepvoetenmachine is de mest - in dit geval gedeeltelijk - onder de grond gewerkt, zodat afsluiting van de mest van de lucht de reductie mede veroorzaakte.

Uit laboratoriumproeven van Döhler (1989) bleek dat een verdun- ning van rundermest met de helft of eenmaal het volume een reductie van ongeveer 25% resp. 50% veroorzaakte. Op grond van betere infiltratie in de bodem van verdunde mest (Bussink et al., 1990; Amberger, 1989; Döhler, 1989) en de afname van ammoniakverluchting door concentratieverlaging kan worden beredeneerd dat de reductie meer zou moeten bedragen dan bovengenoemde percentages. De in dit experiment gebruikte verdunde mest was gezien het drogestof- en ammonium- stikstofgehalte verdund met ongeveer de helft van het volume. Ervan uitgaande dat de bovenstaande redenering ook voor varkensmest geldt, zou de emissiereductie van de met de sleepslangenmachine opgebrachte verdunde mest ongeveer 25% lager moeten liggen dan de emissie van de met de sleepslangenmachine toegediende onverdunde mest. Uit Tabel 2 blijkt dit ook te kloppen.

## 5 Samenvatting en conclusies

In dit experiment is de ammoniakemissie na het verspreiden van dunne varkensmest met de sleepvoeten- en sleepslangenmachine en van 1:1-verdunde varkensmest met de sleepslangenmachine vergeleken met de emissie van bovengronds breedwerpig uitgereden varkensmest. Het experiment vond plaats op zavelbouwland.

De ammoniakemissie van het bovengronds uitgereden veld bedroeg 66% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Door toediening van de mest met de sleepvoetenmachine werd de emissie verminderd tot 19% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof, wat een reductie betekent van 72% ten opzichte van bovengronds breedwerpig uitgereden mest. De emissieverlaging is mogelijk het gevolg van een combinatie van het effect van het onder de grond brengen van de mest en van het oppervlakte verkleinend effect door het opbrengen in smalle stroken (Thompson et al., 1990).

Door het gebruik van de sleepslangenmachine werd de emissie verlaagd naar 54% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Dit is een reductie van 19% ten opzichte van bovengronds breedwerpig toegediende mest. De verlaging van de emissie is mogelijk te danken aan het oppervlakte verkleinend effect, dat het verspreiden van mest in smalle stroken tot gevolg heeft (Thompson et al., 1990).

De toepassing van de sleepslangenmachine met de verdunde mest gaf eveneens een reductie te zien. Op basis van drogestof- en ammoniumstikstofgehalten is berekend dat de verdunning niet 1 deel water maar ongeveer 0,5 deel water op 1 deel mest was. De emissie bedroeg 40% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof, wat een reductie betekent van 42% ten opzichte van bovengronds breedwerpig uitgereden mest en van 25% ten opzichte van met de sleepslangenmachine uitgereden onverdunde mest. Dit laatste getal ligt gezien de resultaten van laboratoriumproeven (Döhler, 1989) in de lijn der verwachting.

## Literatuur

- Amberger, A., 1989, Ammonia emissions during and after landspreading of slurry. München-Weihenstephan.
- Bode, M.C.J. de, 1990a, Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmesttoepassing: het effect van de aangepaste sleepslangenmachine op bouwland, Meetploegverslag 34506-1400a. DLO, Wageningen.
- 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.
- Döhler, H., 1989, Laboratory and field experiments for estimating ammonia losses from pig and cattle slurry following application. Bayreuth.
- Hoeksma, P., 1988, De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet. IMAG, Wageningen.
- Hol, J.M.G., 1991, Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmesttoepassing: de ammoniakemissie bij toepassing van varkensmengmest met behulp van de Slootsmid zodebemester, Meetploegverslag 34506-2900. DLO, Wageningen.
- Huijsmans, J.F.M., 1990, Ontwikkeling van emissie-arme mesttoedieningsystemen met betrekking tot de dosering en verdeling van de mest en de toediening op minder draagkrachtige en moeilijk bereikbare gronden, IMAG-DLO-project. IMAG-DLO, Wageningen.
- Kuipers, S.F., 1956, Bodemkunde. Educaboek b.v., Culemborg.
- 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. IMAG, Wageningen.
- Thompson, R.B., B.F. Pain en Y.J. Rees, 1990, Ammonia volatilization from cattle slurry following surface application to grassland: II. Influence of application rate, wind speed and applying slurry in narrow bands, Plant and Soil 125, 119-128.

## Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode

### Theorie

De metingen van de ammoniakemissie worden ondermeer uitgevoerd met de micrometeorologische massabalansmethode. Een uitgebreide beschrijving van deze methode is te vinden in Denmead (1983). Hier wordt volstaan met een beknopte beschrijving. De micrometeorologische massabalansmethode is gebaseerd op het verschil in aan- en afvoer van ammoniak over een proefveld (Figuur 3a). Bij afwezigheid van ammoniak bovenwinds van het proefveld wordt de ammoniakflux  $F$  vanaf het veld gegeven door:

$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} (\bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) + u'(z) \cdot c'(z)) dz \quad (1)$$

waarin:

|                     |   |                                                                                                                                                         |
|---------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $F$                 | = | flux [ $\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ];                                                                                                                |
| $x$                 | = | aanstroamlengte, de afstand tussen de plaats waar de wind het veld binnenkomt en de centrale mast [m];                                                  |
| $z_p$               | = | de hoogte waar de ammoniakconcentratie gelijk wordt aan de achtergrond (zie Figuur 3b) [m];                                                             |
| $z_0$               | = | de ruwheidslengte (de hoogte waarop $u$ gelijk aan 0 wordt) [m];                                                                                        |
| $u(z) \cdot c(z)$   | = | de in de tijd gemiddelde horizontale flux veroorzaakt door horizontale convectie op hoogte $z$ van de centrale mast [ $\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ]; |
| $u'(z) \cdot c'(z)$ | = | de turbulente flux veroorzaakt door horizontale diffusie loodrecht op de windrichting [ $\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ].                               |

In het algemeen wordt aangenomen dat de laatste term verwaarloosbaar is ten opzichte van de convectieve term (Denmead, 1983; Denmead et al., 1977; Beauchamp et al., 1982; Beauchamp et al., 1987). Vergelijking (1) wordt daarom vereenvoudigd tot:

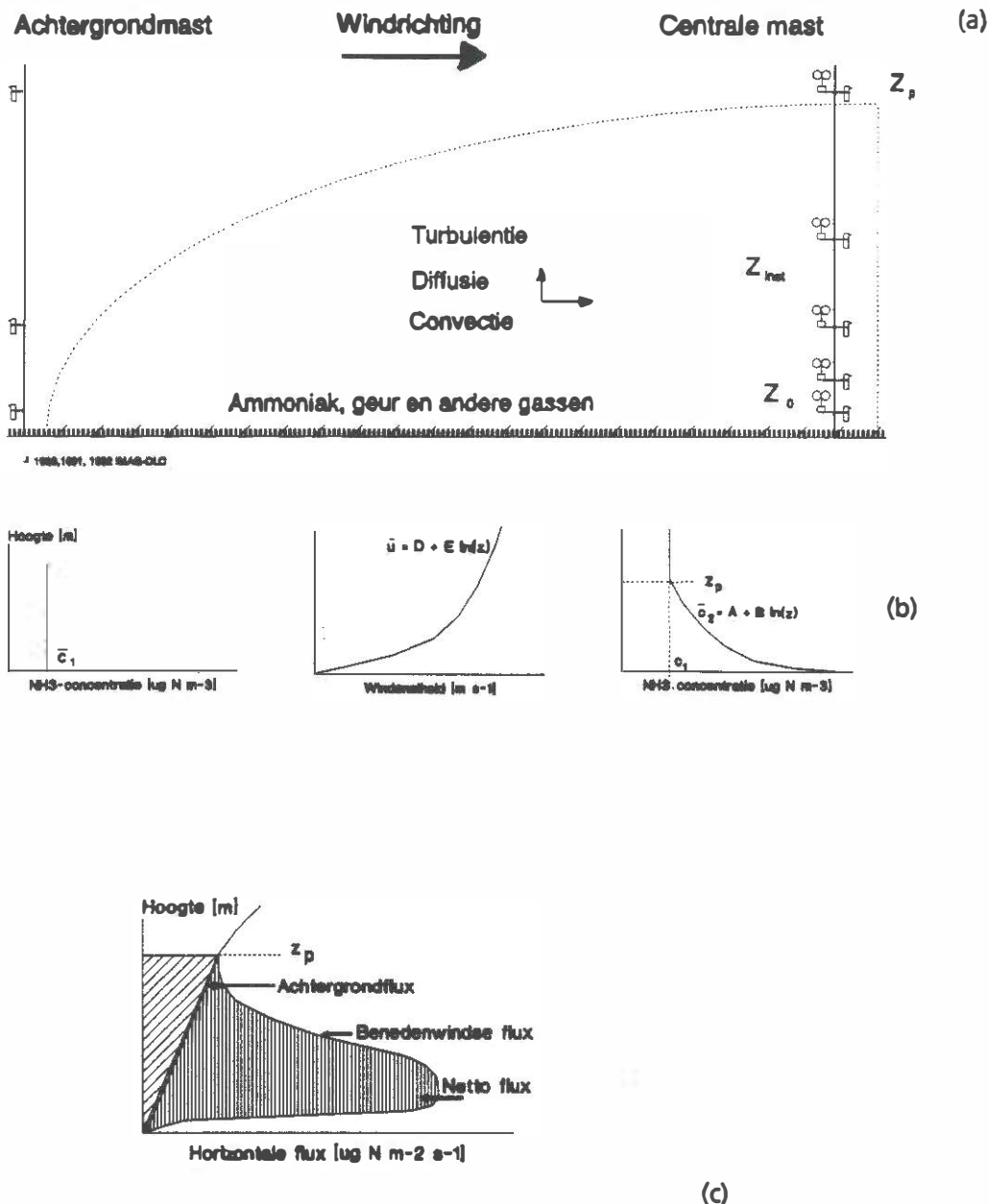
$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (2)$$

Bij aanwezigheid van ammoniak in de achtergrondlucht moeten zowel boven- als benedenwinds de profielen van de ammoniakconcentratie worden vastgesteld (Figuur 3b). Met deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (zie Figuur 3c). De geïntegreerde horizontale flux over de hoogte levert voor beide meetposities de flux door een vertikaal vlak van eenheidsbreedte. De netto flux van het proefveld is het verschil tussen de fluxen door beide verticale vlakken. De flux kan worden uitgedrukt per landoppervlakte d.m.v. deling door de aanstroamlengte:

$$F_N = \frac{1}{x} \left( \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

waarin:

|          |   |                                                                                       |
|----------|---|---------------------------------------------------------------------------------------|
| $F_N$    | = | nettoflux [ $\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ];                                         |
| $c_1(z)$ | = | de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte $z$ [ $\text{g m}^{-3}$ ];   |
| $c_2(z)$ | = | de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte $z$ [ $\text{g m}^{-3}$ ]. |



Figuur 3. Schematisch overzicht van de stappen in de bepaling van ammoniakemissie gebruikmakend van de micrometeorologische massabalansmethode; (a) veldopstelling in relatie tot windsnelheid, (b) typische vormen van de profielen van ammoniakconcentratie en windsnelheid en (c) de profielen van de horizontale flux boven- en benedenwinds van het veld (naar Ryden en McNeill, 1984).

Uit voorgaand onderzoek bleek dat er een lineair verband bestaat tussen de logaritme van de hoogte en de windsnelheid en tussen de logaritme van de hoogte en de ammoniakconcentratie:

$$u = D + E \ln(z) \quad (4)$$

$$c_2 = A + B \ln(z) \quad (5)$$

De ammoniakconcentratie in de achtergrondlucht is homogeen over de hoogte verdeeld.



## Uitvoering

Bij het uitrijden wordt de mest verspreid zoals in Figuur 1 is weergegeven. De diameter van een veld is ongeveer 45 m. Een cirkelvormig veld vergemakkelijkt de berekening van de emissie. De benedenwindse flux kan dan in het midden van het veld worden gemeten, zodat de fetch voor alle windrichtingen gelijk is.

De ammoniakconcentratie in het midden van het veld is gemeten door zo snel mogelijk na het uitrijden (in ieder geval binnen 15 min) een 3,5 meter hoge mast in het midden van het veld te plaatsen (centrale mast). De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn verdeeld. Een monsternamepunt bestaat uit een wasflesje gevuld met met 0,02 M HNO<sub>3</sub> als absorptievloeistof en een impinger. Een impinger maakt het mogelijk door middel van een pomp en aanzuigslangen lucht door de vloeistof te leiden. Het ammoniumgehalte in de absorptievloeistof is met behulp van een ionchromatograaf bepaald. De luchtsnelheid door de absorptievloeistof wordt ingesteld op 2,5 l min<sup>-1</sup>. De flow wordt per meetperiode 2 keer nagemeten.

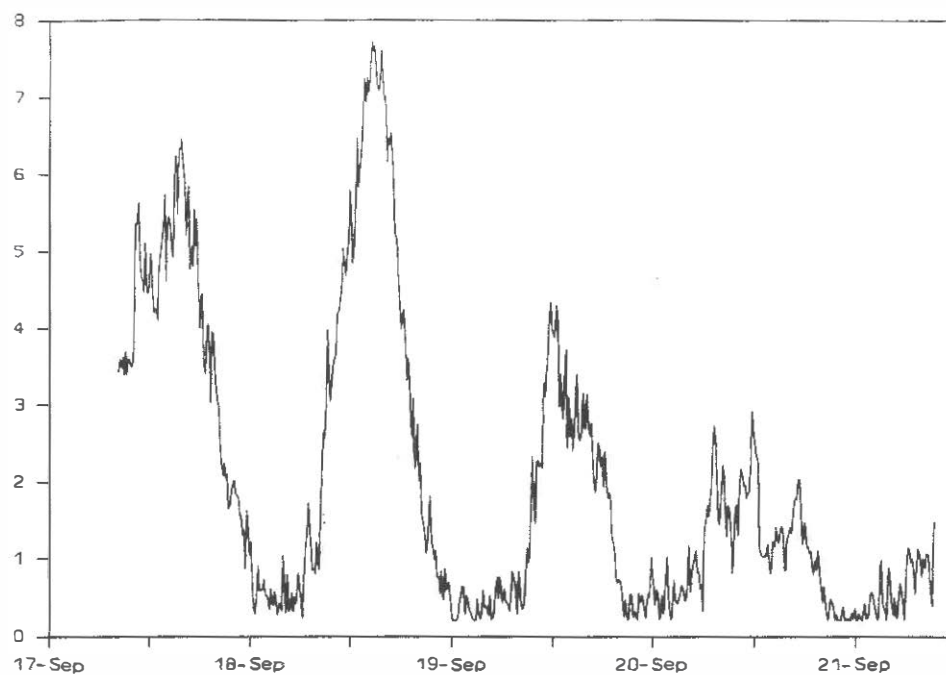
De achtergrondconcentratie is gemeten door bovenwinds van het veld een mast te plaatsen van 3,5 m hoogte (achtergrondmast). Vanwege het ontbreken van een profiel is deze mast van slechts 4 monstername punten voorzien. Bij draaiing van de wind wordt de achtergrondmast zo verplaatst dat deze bovenwinds van het veld blijft staan. Naast het proefveld is een mast opgesteld voorzien van 6 anemometers om het windprofiel te meten. Ook de anemometers zijn in hoogte logaritmisch over de mast verdeeld.

## Literatuur

- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en Thurtell, 1978, Ammonia volatilization from sewage sludge in the field, J. Environ. Qual. 7, 141-146.
- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.
- Denmead, O.T., J.R. Simpson en J.R. Freney, 1977, A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia, Soil Sci. Soc. Am. 41, 1001-1004.
- Denmead, O.T., 1983, Micrometeorological methods for measuring gaseous losses of nitrogen in the field, in: J.R. Freney en J.R. Simpson (eds), Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems, Martinus Nijhoff/Dr W Junk Pub, Den Haag.
- Ryden, J.C. en J.E. McNeill, 1984, Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward, J. Sci. Food Agric. 35, 1297-1310.

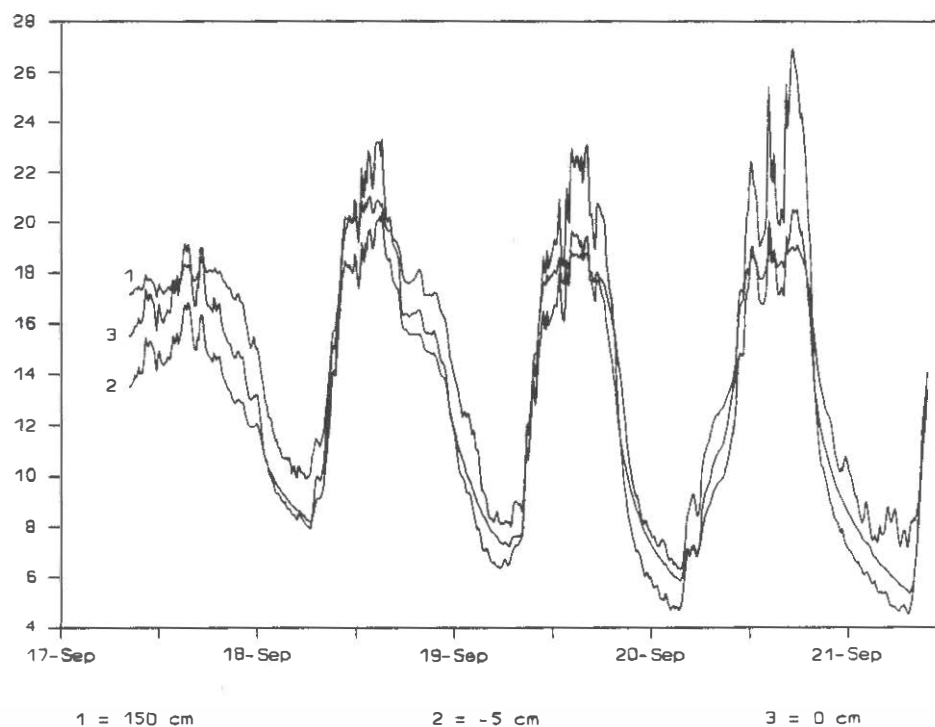
## Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment

m/s



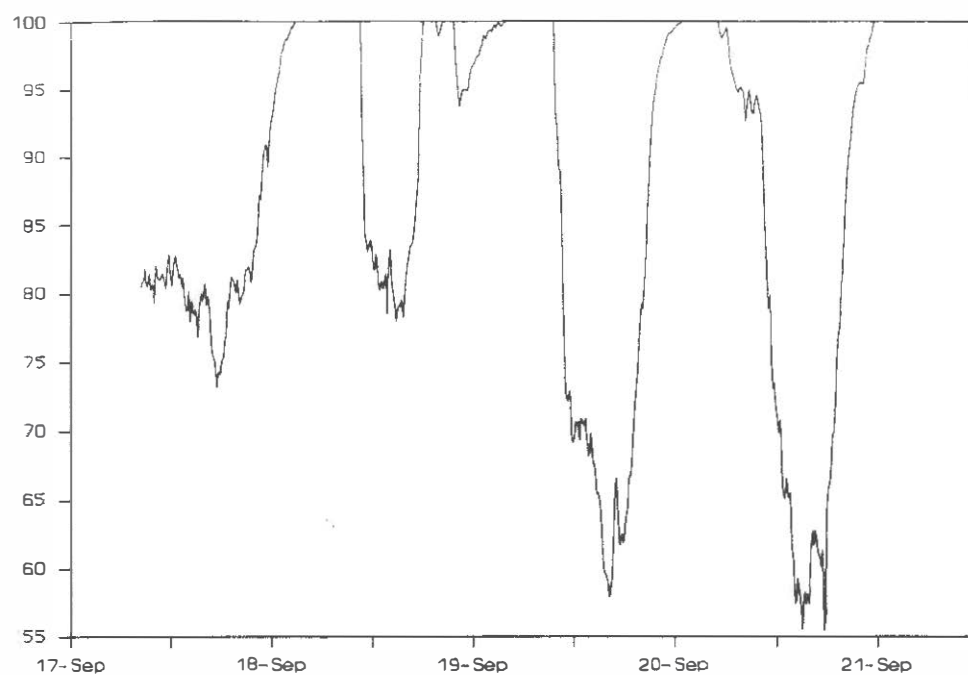
Figuur 4. Windsnelheid op 2,3 m hoogte.

°C



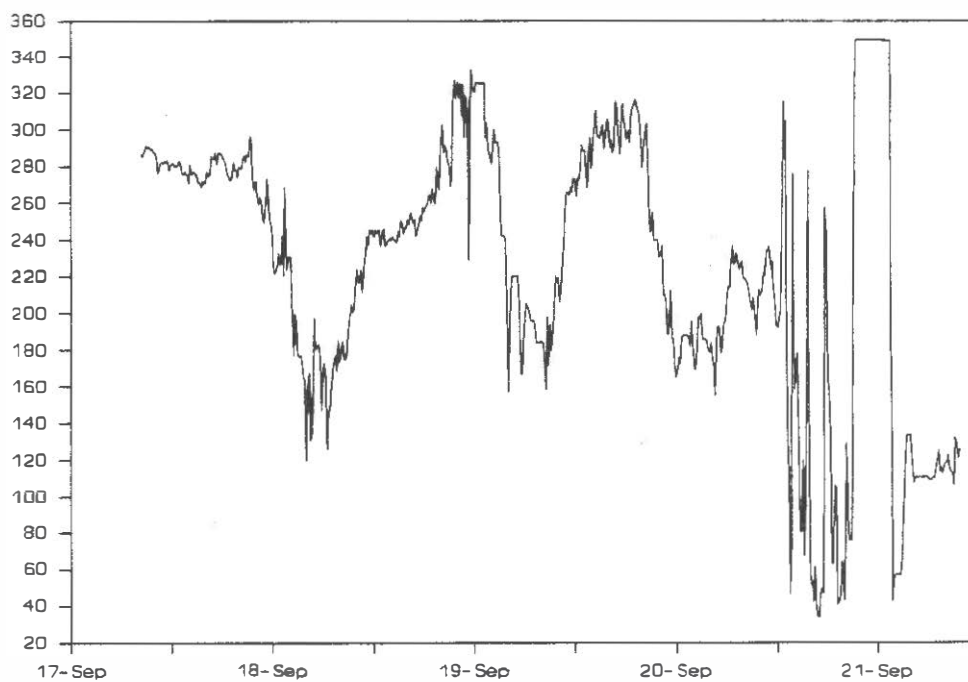
Figuur 5. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte en aan de grond; bodemtemperatuur op 0,05 m diepte.

%

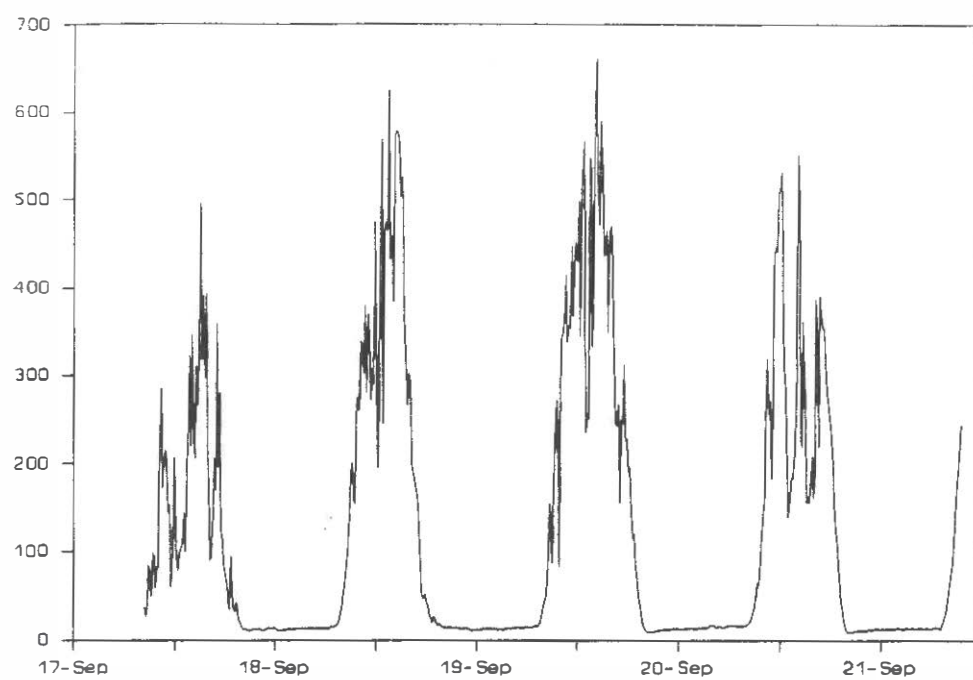


Figuur 6. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.

Graden

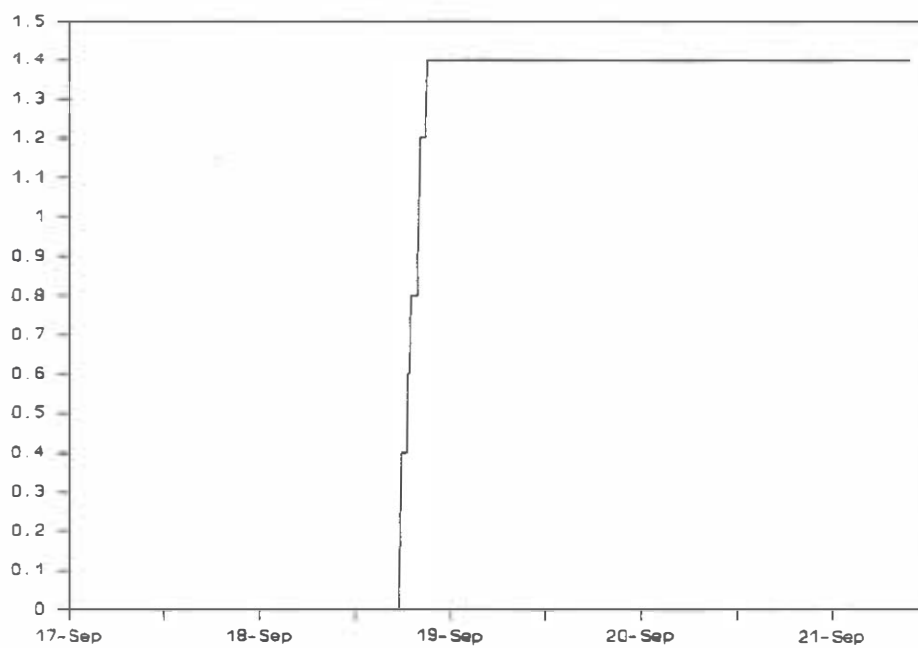


Figuur 7. Windrichting.

$W/m^2$ 

Figuur 8. Globale straling.

mm



Figuur 9. Regenhoeveelheid.

## Bijlage III Emissiesnelheid per meetmethode

### Bovengronds breedwerpig dunne varkensmest (referentieveld)

| periode<br>na<br>uitrijden | emissiesnel-<br>heid<br>[kg/ha/dag] | cumulatief verlies |                    |       |
|----------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                            |                                     | [kg/ha]            | [%] t.o.v.         |       |
|                            |                                     |                    | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
| 0 - ½ uur                  | 265,73                              | 3,51               | 5,19               | 3,15  |
| ½ - 1½ uur                 | 258,08                              | 14,08              | 20,84              | 12,67 |
| 1½ - 3 uur                 | 127,39                              | 21,95              | 32,49              | 19,75 |
| 3 - 6 uur                  | 64,09                               | 30,10              | 44,54              | 27,08 |
| 6 - 10 uur                 | 28,55                               | 35,19              | 52,07              | 31,66 |
| 10 - 22 uur                | 4,01                                | 37,18              | 55,02              | 33,45 |
| 22 - 47 uur                | 5,32                                | 42,73              | 63,24              | 38,45 |
| 47 - 70 uur                | 1,57                                | 44,25              | 65,48              | 39,81 |
| 70 - 96 uur                | 0,53                                | 44,81              | 66,30              | 40,31 |

### Sleepvoetenmachine

| periode<br>na<br>uitrijden | emissiesnel-<br>heid<br>[kg/ha/dag] | cumulatief verlies |                    |       |
|----------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                            |                                     | [kg/ha]            | [%] t.o.v.         |       |
|                            |                                     |                    | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
| 0 - ½ uur                  | 41,72                               | 0,87               | 1,00               | 0,60  |
| ½ - 1½ uur                 | 28,77                               | 2,05               | 2,35               | 1,42  |
| 1½ - 3 uur                 | 14,52                               | 2,98               | 3,41               | 2,07  |
| 3 - 6 uur                  | 23,05                               | 5,82               | 6,68               | 4,05  |
| 6 - 9 uur                  | 14,21                               | 7,68               | 8,81               | 5,34  |
| 9 - 21 uur                 | 3,16                                | 9,27               | 10,64              | 6,45  |
| 21 - 46 uur                | 4,83                                | 14,31              | 16,42              | 9,95  |
| 46 - 70 uur                | 1,42                                | 15,72              | 18,03              | 10,93 |
| 70 - 95 uur                | 0,57                                | 16,32              | 18,77              | 11,35 |

**Sleepslangenmachine**

| periode<br>na<br>uitrijden | emissiesnel-<br>heid | cumulatief verlies |                    |       |
|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                            | [kg/ha/dag]          | [kg/ha]            | [%] t.o.v.         |       |
|                            |                      |                    | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
| 0 - ½ uur                  | 184,43               | 3,84               | 7,39               | 4,48  |
| ½ - 1½ uur                 | 109,54               | 8,03               | 15,43              | 9,43  |
| 1½ - 3 uur                 | 77,02                | 12,73              | 24,49              | 14,49 |
| 3 - 6 uur                  | 47,24                | 18,67              | 35,91              | 21,91 |
| 6 - 10 uur                 | 20,63                | 21,06              | 40,51              | 24,51 |
| 10 - 21 uur                | 2,50                 | 22,32              | 42,92              | 26,92 |
| 21 - 46 uur                | 4,16                 | 26,69              | 51,33              | 31,33 |
| 46 - 70 uur                | 1,00                 | 27,68              | 53,23              | 32,23 |
| 70 - 95 uur                | 0,23                 | 27,93              | 53,70              | 32,70 |

**Sleepslangenmachine 1:1 verdund**

| periode<br>na<br>uitrijden | emissiesnel-<br>heid | cumulatief verlies |                    |       |
|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                            | [kg/ha/dag]          | [kg/ha]            | [%] t.o.v.         |       |
|                            |                      |                    | NH <sub>4</sub> -N | N-tot |
| 0 - ½ uur                  | 141,20               | 2,94               | 4,06               | 2,56  |
| ½ - 1½ uur                 | 102,54               | 7,36               | 10,15              | 6,39  |
| 1½ - 3 uur                 | 77,14                | 12,18              | 16,81              | 10,58 |
| 3 - 5 uur                  | 49,48                | 16,92              | 23,40              | 14,73 |
| 5 - 8 uur                  | 25,47                | 19,96              | 27,55              | 17,34 |
| 8 - 20 uur                 | 2,35                 | 21,12              | 29,10              | 18,35 |
| 20 - 45 uur                | 5,79                 | 27,12              | 37,43              | 23,57 |
| 45 - 69 uur                | 1,41                 | 28,53              | 39,37              | 24,79 |
| 69 - 94 uur                | 0,58                 | 29,14              | 40,22              | 25,32 |