

36

Praktijk onderzoek naar  
de ammoniakemissie  
bij mesttoediening

36

Vaste rundermest en gier

J.M.G. Hol

dlo



# Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Vaste rundermest en gier

J.M.G. Hol

Meetploeg verslag 34506-4200  
Maart 1992

De uitkomsten van dit onderzoek gelden alleen voor de omstandigheden waaronder de experimenten plaats vonden. Vergelijking is derhalve niet zonder meer mogelijk en is voorbehouden aan de rapporteur.

<b>INHOUDSOPGAVE</b>	
<b>1 INLEIDING</b>	<b>2</b>
<b>2 METHODE</b>	<b>3</b>
2.1 Inleiding	3
2.2 Opzet	3
2.3 Uitvoering	3
<b>3 RESULTATEN EN DISCUSSIE</b>	<b>5</b>
3.1 Bodem- en gewasomstandigheden	5
3.2 Weersomstandigheden	5
3.3 Mestsamenstelling	5
3.4 Ammoniakvervluchting	6
<b>4 CONCLUSIE</b>	<b>9</b>
<b>LITERATUUR</b>	<b>10</b>
Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode	11
Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment	16
Bijlage III Foutenanalyse	18
Bijlage IV Emissiesnelheid per meetmethode	19

## 1 INLEIDING

In opdracht van de begeleidingscommissie voor het intensiveringsonderzoek heeft de meetploeg, die door het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is ingesteld, onderzoek gedaan naar de ammoniakemissie na toediening van vaste rundermest op grasland. Naast de vaste mest is ook altijd een dunne fractie, de zogenaamde gier, aanwezig. De emissie bij toediening van beide mestsoorten dient te worden gemeten om zodoende een volledig beeld krijgen van de ammoniakemissie bij toedienen van 'grupstalmest'.

Dit onderzoek bestond uit één experiment. De resultaten zijn slechts indicatief.

## 2 METHODE

### 2.1 Inleiding

De ammoniakemissie van een bemest veld wordt 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 proefveld. Dit proefveld is cirkelvormig 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 korte toelichting op deze methode gegeven. Deze meetmethode is geschikt om de ammoniakemissie van verschillende soorten mest te vergelijken met de emissie van bovengronds breedwerpig uitgereden dunne mest (het zogenaamde referentieveld).

### 2.2 Opzet

Het experiment is uitgevoerd van 30 juli 1991 tot en met 3 augustus 1991. Voor dit experiment is gebruikt gemaakt van verschillende soorten rundermest. De vaste rundermest en de gier zijn afkomstig uit een grupstal, waarbij de vaste mest vanaf februari op een hoop op een betonnen plaat lag opgeslagen. De gier was opgeslagen in een afgesloten gierkelder. De dunne rundermest kwam uit de kelder onder een ligboxenstal.

In totaal zijn drie cirkelvormige proefvelden op grasland aangelegd. Eén proefveld werd bemest met vaste rundermest, een volgende met gier. Op het derde veld -het referentieveld- werd dunne rundermest toegediend. Bij de hoeveelheid mest is gestreefd naar een voorjaarsgift omdat toediening van vaste mest gewoonlijk in het voorjaar plaatsvindt (20 m<sup>3</sup>/ha voor de dunne mestsoorten en 30 ton/ha voor de vaste mest). De mest werd op traditionele manier op het land gebracht. De dunne mestsoorten met een vacuumentank (inhoud 6 m<sup>3</sup>, werkbreedte 8 m) en de vaste mest met een mestverspreider (inhoud 4 ton, werkbreedte 2,2 m).

Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden zijn voor de vier velden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten zijn daarom zo snel mogelijk achter elkaar gestart zodat de invloed van verschillen in weersomstandigheden op de individuele metingen was uitgesloten.

Uit voorgaand onderzoek (Pain en Klarenbeek, 1988) is gebleken dat de emissie direct na het verspreiden van de mest snel verloopt. Om het verloop van de emissie te meten moeten de monsternamperiodes direct na het verspreiden van de mest kort zijn. Daarom is gekozen voor de volgende monsternamperiodes: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur- schemering, schemering-zonsopkomst, zonsopkomst-48 uur, 48-72 uur en 72- 96 uur na uitrijden.

### 2.3 Uitvoering

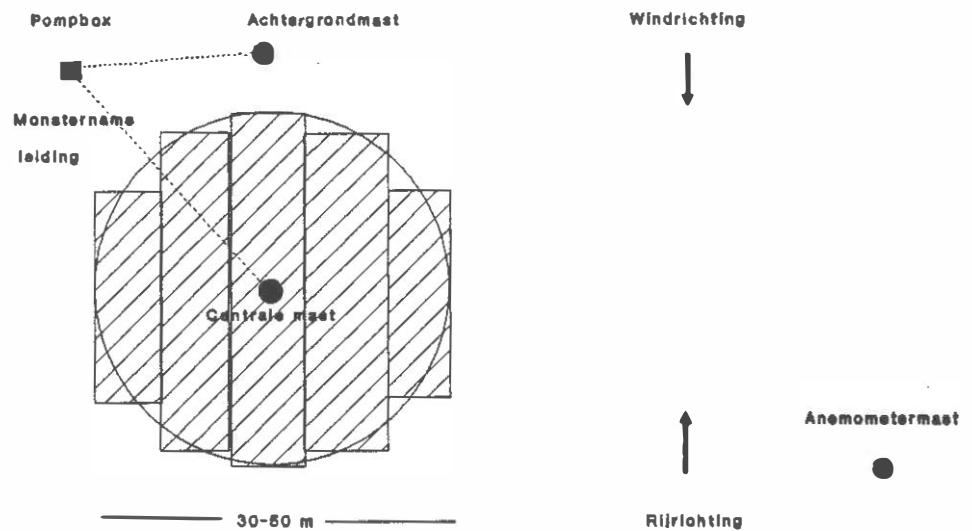
Voor de start van het experiment is de grashoogte gemeten en zijn bodemmonsters van de bovenste 5 cm genomen. De bodemvochtigheid (op basis van droog gewicht) wordt bepaald door de monsters minimaal 24 uur bij 105 °C te drogen.

Voor het uitrijden wordt de mest in viervoud bemonsterd. Een mestmonster worden geanalyseerd op: totaalstikstof, ammoniumstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruwe as en vluchtige vetzuren. Van deze analyseresultaten wordt een gemiddelde per mestsoort berekend.

In figuur 1 staat het schema van een cirkelvormig proefveld met daarbij de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast. Nadat de helft van het proefveld is uitgereden is de centrale mast geplaatst en de meting gestart. Met deze mast wordt de ammoniakconcentratie bepaald in de lucht die over een afstand van 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 opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van een pomp is de lucht door de flesjes gezogen, waarbij de ammoniak in de opvangvloeistof is achtergebleven. Als opvangvloeistof is 0,020 M salpeterzuur gebruikt. In het laboratorium van het IMAG-DLO is na de meetperiode de hoeveelheid ammonium in het salpeterzuur met een ionchromatograaf bepaald (Waters, proteïn-pak colom sp 5pw).

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 de verschillende hoogten en de gemeten concentratie volgt dan 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 omstandigheden waaronder het experiment is uitgevoerd worden de weersomstandigheden gemeten en continu geregistreerd. De volgende weergegevens zijn gemeten:

- windsnelheid op 0,24; 0,44; 0,89; 1,42; 2,44 en 3,74 m hoogte
- windrichting
- regenval
- luchttemperatuur op 0,05 en 1,5 m hoogte
- bodemtemperatuur op maaiveld en -0,05 m
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte
- instraling

## 3 RESTULTATEN EN DISCUSSIE

### 3.1 Bodem- en gewasomstandigheden

De grondsoort waarop de proefvelden lagen wordt gekwalificeerd als zand op leem. De drie proefvelden waren verdeeld over twee naast elkaar liggende percelen. Waarbij de minimale afstand tussen de proefvelden 50 m was.

Enkele dagen voor de start van het experiment zijn de twee percelen gesleept, om de mestflatten te verdelen. De beweiding van de percelen was kort daarvoor gestopt. De bemesting met dunne rundermest en vaste mest vonden op één perceel plaats. Het vochtpercentage van de bodem was 30% en de gemiddelde graslengte was 5,7 cm (n=20). Het proefveld met de dunne fractie lag op het andere perceel. Het vochtpercentage van de bodem was 33%, en de gemiddelde graslengte lager namelijk 4,6 cm (n=10).

### 3.2 Weersomstandigheden

Tijdens en vlak na het uitrijden van de mest scheen de zon volop waarbij de middagtemperatuur opliep tot 28°C op 1,5 m hoogte en aan de grond zelfs tot 32°C. De wind wakkerde aan van 2,5 m/s tot maximaal 6,5 m/s. Door deze omstandigheden was het sterk drogend weer wat ook tot uiting komt in de lage relatieve luchtvochtigheid. Op de tweede meetdag was er minder wind, minder zon en waren de temperaturen duidelijk lager. Op de resterende meetdagen was er wat meer zon, waardoor de bodem werd opgewarmd tot 34°C. De temperatuur op 1,5 m hoogte lag in de middag wat lager, namelijk 25°C. De windsnelheid lag overdag tussen de 3 en 4,5 m/s, en nam 's nachts sterk af tot bijna 0 m/s. De relatieve luchtvochtigheid lag overdag tussen de 60 en 75%. In bijlage II zijn de weersomstandigheden tijdens de meetperiode opgenomen.

### 3.3 Mestsamenstelling

Tabel 1 Gemiddelde samenstelling van de dunne rundermest die in dit experiment is gebruikt in vergelijking met de gemiddelde waarden uit Hoeksma (1988).

Grootheid	[eenheid]	Dunne rundermest	Gemiddeld
Ammoniumstikstof	[mg/kg]	2260	2400
Totaalstikstof	[mg/kg]	4600	4900
Fosfor	[mg/kg]	700	874
Kalium	[mg/kg]	6400	5146
pH		7,5	8,2
Droge stof	[g/kg]	73,6	96
Ruwe as	[% ds]	31,1	28
Vluchtige vetzuren	[mg/l]	8351	---*

\* geen waarneming

Uit tabel 2 blijkt dat de samenstelling van de dunne rundermest goed overeenkomt met met de gemiddelde samenstelling van dunne rundermest die door Hoeksma (1988) wordt gevonden. Alleen de pH en de drogestof van de gebruikte mest lagen duidelijk lager, echter wel binnen de spreiding die door Hoeksma (1988) wordt gegeven. Op het bedrijf waar de dunne rundermest vandaan kwam wordt naast krachtvoer alleen ingekuuld en vers gras gevoerd.

Het rantsoen in de grupstal bestond uit krachtvoer en 100% kuilgras. In tabel 3 is de samenstelling van de vaste mest en de gier gegeven. In vergelijking cijfers van het Consulentenschap voor Algemene Dienst (C.A.D.) wijken de beide mestsoorten op verschillende punten af (Dierlijke mest, 1987). Uit de tabel blijkt dat de hoeveelheid totaalstikstof bij de gebruikte vaste mest hoog was. In 1990 zijn ook experimenten gedaan naar de ammoniakemissie na toediening van vaste rundermest. Daar lag de hoeveelheid ammoniumstikstof tussen de 1 en 1,6 g/kg (Bruins, 1992). In de gebruikte vaste mest zat in vergelijking met de genoemde getallen duidelijk meer ammoniumstikstof.

Tabel 3 Gemiddelde samenstelling van de vaste rundermest en de gier die in dit experiment is gebruikt in vergelijking met C.A.D.-cijfers (Dierlijke mest, 1987).

Grootheid	[eenheid]	Vaste mest <sup>#</sup>	C.A.D.	Gier	C.A.D.
Ammoniumstikstof	[mg/kg]	2987	---*	2668	---*
Totaalstikstof	[mg/kg]	7870	5500	3568	4000
Fosfor	[mg/kg]	1550	1661	290	87
Kalium	[mg/kg]	6000	2905	5900	6640
pH		7,8	---*	8,2	---*
Droge stof	[g/kg]	197,0	215	27,2	26
Ruwe as	[% ds]	23,3	---*	54,2	---*
Vluchtige vetzuren	[mg/l]	---*	---*	3099	---*

<sup>#</sup>gegevens in g/kg \* geen waarneming

### 3.4 Ammoniakvervluchtiging

In tabel 4 staan de mesthoeveelheden die op de verschillende proefvelden zijn gegeven. De mestgift van de dunne mestsoorten lag tussen 22 en 24 m<sup>3</sup> per hectare. Er is 40 ton vaste mest per hectare opgebracht. Bij alle proefvelden lag de mestgift hoger dan was gepland. Uit tabel 4 blijkt dat bij toedienen van dunne rundermest een hoge emissie werd gemeten: alle opgebrachte ammoniumstikstof vervluchtigde. De totale emissie was meer dan 100%. Dit is mogelijk omdat altijd een zekere fout in de meetmethode zit. Deze fout wordt geschat op maximaal 30% van de procentuele emissie. In bijlage III staat de foutenanalyse uitgewerkt. Van het referentieveld werd een emissie van 121% van de hoeveelheid opgebrachte ammoniumstikstof gemeten. De spreiding is dan +/- 36%. De gemeten emissie na toedienen van vaste rundermest was 46% van de opgebrachte ammoniumstikstof, waarbij de spreiding +/- 14% was. Bij de gier vervluchtigde 56%, +/- 17%. Aangezien vaste rundermest relatief veel, en de gier relatief weinig totaalstikstof bevat, liggen de verhoudingen van de emissie als percentage van opgebrachte hoeveelheid totaalstikstof duidelijk anders dan bij berekeningen met opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof.

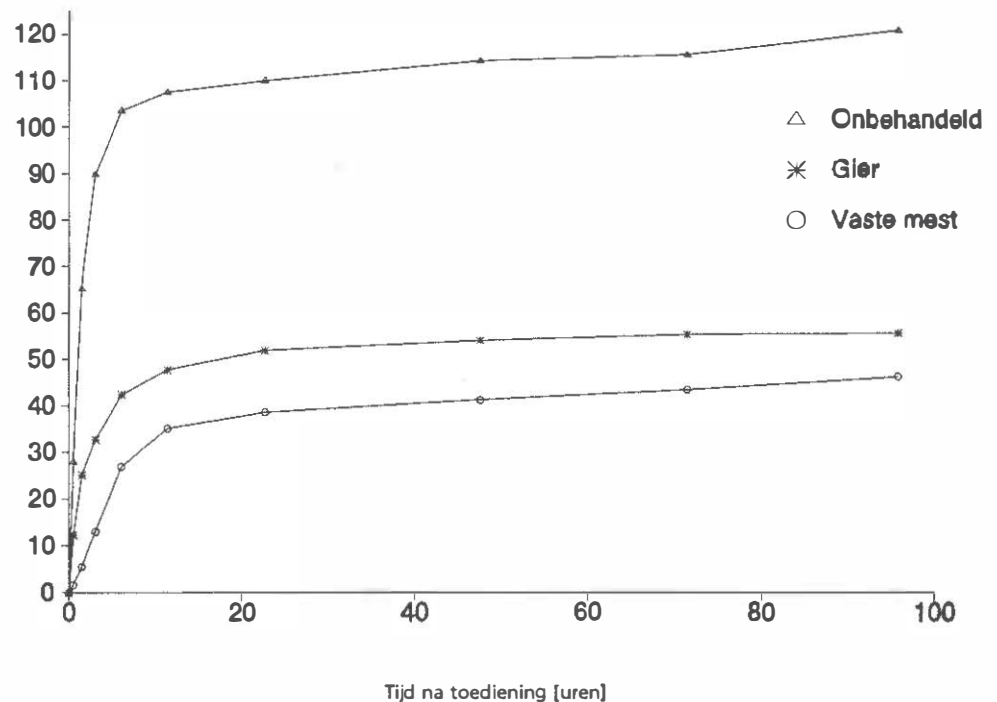


Tabel 4 Gemiddelde giften en ammoniakemissie van dunne en vaste rundermest en gier.

Mestsoort	Giften			Ammoniakemissie		
	mest	NH <sub>4</sub> -N	N-tot		NH <sub>4</sub> -N	N-tot
	[m <sup>3</sup> /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]
Dunne rundermest	21,9	49,5	100,7	59,8	>100	59,4
Vaste mest	40,5*	121,0	318,7	56,1	46,3	17,6
Gier	24,1	64,3	86,0	35,8	55,6	41,6

\*ton/ha

In figuur 2 en bijlage IV is te zien dat bij dunne rundermest in de eerste 6 uur alle opgebrachte ammoniumstikstof al is geëmitteerd. In het resterende deel van de meetperiode vervluchtigde dan nog 20%. Bij de mestsoorten uit de grupstal verloopt de emissie wat geleidelijker. In de eerste 6 uur vervluchtigde bij de gier 75% van de totale emissie en bij de vaste mest 57%.

Emissie in % van opgebrachte NH<sub>4</sub>-N

Figuur 2 Stikstofverlies (in % van opgebracht ammoniumstikstof) bij aanwending van vaste rundermest en gier in vergelijking met dunne rundermest op grasland.

De verschillen in emissie en emissieverloop kunnen worden toegeschreven aan de verschillen in fysische samenstelling van de mest. De gier had een laag drogestofpercentage, 2,7%, hierdoor bleef de gier minder aan het gras kleven en kon gemakkelijker in de grond dringen ten opzichte van dunne rundermest ( $d_s = 7,3\%$ ). Deze redenatie wordt enigszins ondersteund doordat het proefveld met de gier na korte tijd visueel nauwelijks meer van het onbemeste gedeelte was te onderscheiden. Het proefveld met daarop dunne rundermest bleef de gehele week duidelijk te onderscheiden van het onbemest gedeelte. Vaste mest bleef evenmin aan het gras kleven, waardoor het bevuilde oppervlak niet wordt vergroot en de emissie lager zal zijn.

Door Bruins (1992) is tweemaal de ammoniakemissie na toedienen van vaste rundermest gemeten. Er werd geen lagere emissie ten opzichte van dunne rundermest gevonden. Uit vier experimenten met vaste varkensmest blijkt dat de reductie varieerde van 0 tot 49% (Bruins en Huijsmans, 1989; Bruins en Hol, 1990). Daarnaast zijn ook twee metingen met de gier van varkensmest uitgevoerd. De reducties waren 0% (Bruins en Hol, 1990) en 78% (Bruins en Huijsmans, 1989). De variatie in de literatuurgegevens geeft al aan dat de omstandigheden waaronder de experimenten worden uitgevoerd van grote invloed zijn op de ammoniakemissie. De effecten van de externe omstandigheden op de emissie van verschillende mestsoorten is afhankelijk van de fysische samenstelling van de mestsoorten.

## 4 CONCLUSIE

De uit de grupstal afkomstige mestsoorten, vaste rundermest en gier geven in dit experiment een aanzienlijke lagere emissie ten opzichte van dunne rundermest. Bij dunne rundermest werd een emissie gemeten van 121% van de opgebrachte ammoniumstikstof. De spreiding was +/- 36%. Deze spreiding is gebaseerd op de geschatte fout van de meetmethode. Bij vaste mest emiteerde 46% (+/- 14%) van de opgebrachte ammoniumstikstof en bij de gier 56% (+/-17 %). Uit de literatuur blijkt dat er een grote variatie is tussen de meetcijfers. Waarschijnlijk hebben de externe omstandigheden (het weer en de bodem) verschillende effecten op de mestsoorten. Dit wordt veroorzaakt door het verschil in fysische samenstelling van de mestsoorten. Bij dit experiment moet met name worden gewezen op het feit dat de resultaten sterk afhankelijk zijn van de beschreven omstandigheden, en dat ze derhalve uitsluitend voor dit experiment gelden.

## LITERATUUR

Bruins, M.A., 1992 - Ammoniakemissie bij verschillende toedieningsmethoden van dunne mest aan veengrasland(nog te publiceren). Wageningen, IMAG-DLO.

Bruins, M.A. en J.M.G. Hol, 1990 - De ammoniakemissie na aanwending van vaste varkensmest. Wageningen, IMAG-DLO nota P-498.

Bruins, M.A. en J.F.M. Huijsmans, 1989 - De reductie van de ammoniakemissie uit varkensmest na toediening op bouwland. In- en onderwerkmethoden en tijdstippen van de bewerking na de mesttoediening. Mestsoorten van verschillende huisvestingssystemen. Wageningen, IMAG-DLO rapport 225.

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

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

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

## 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:

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

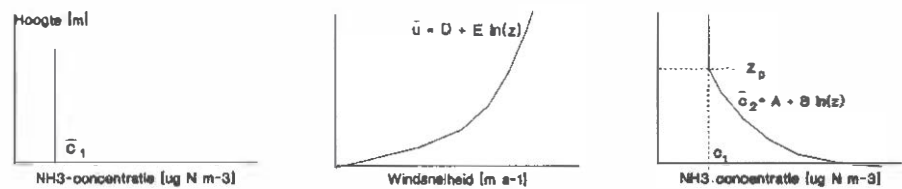
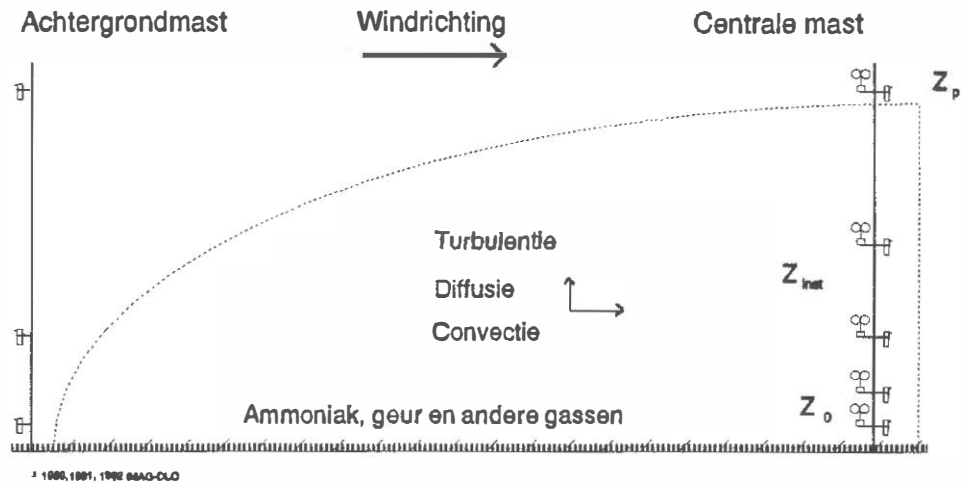
Bij aanwezigheid van ammoniak in de achtergrondlucht moeten zowel boven- als benedenwinds de profielen van de ammoniakconcentratie worden vastgesteld (Figuur 3b). Met deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (zie Figuur 3c). De geïntegreerde horizontale flux over 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:

$$F_N = \frac{1}{x} \left( \int_{z_0}^{z_1} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_2} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

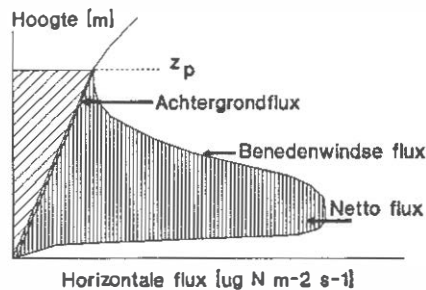
waarin:

- $F_N$  = 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  $z$  [ $\text{g m}^{-3}$ ].

(a)



(b)



(c)

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 monsternamepunten 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., Kidd, G.E. en G. Thurtell, 1978 - Ammonia volatilization from sewage sludge in the field. *J. Environ. Qual.*, 7, p. 141-146.

Beauchamp, E.G., Kidd, G.E. en G. Thurtell, 1982 - Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. *Can. J. Soil Sci.*, 62, p. 11-29.

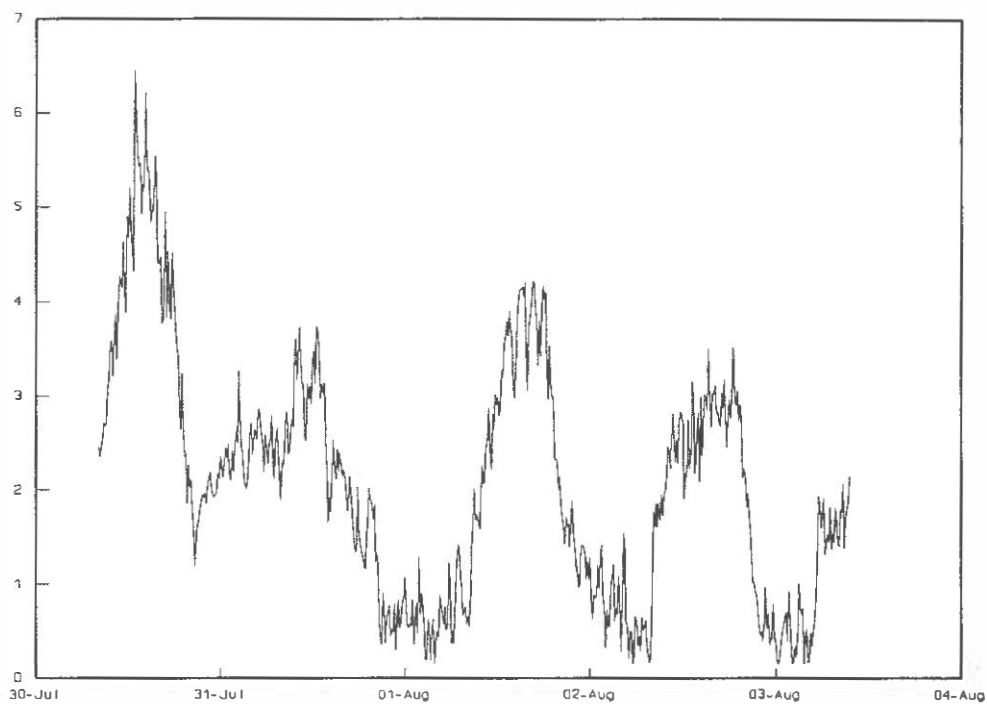
Denmead, O.T., Simpson, J.R. en J.R. Freney, 1977 - A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia. *Soil Sci. Soc. Am.*, 41, p. 1001-1004.

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*. Den Haag, Martinus Nijhoff/Dr W Junk Pub.

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, p. 1297-1310.

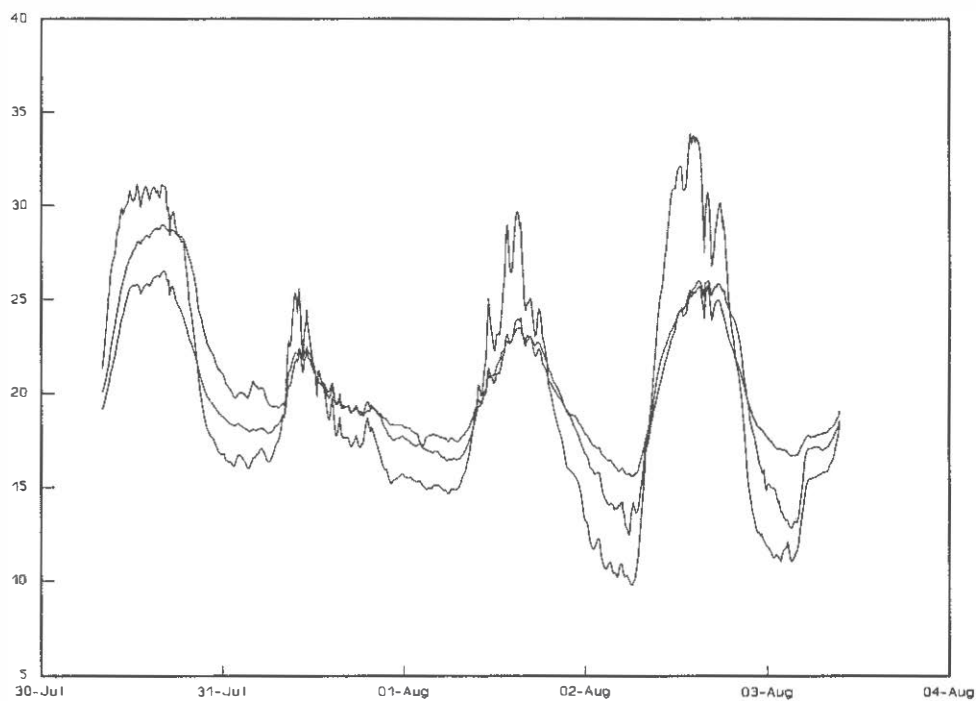
## Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment

m/s



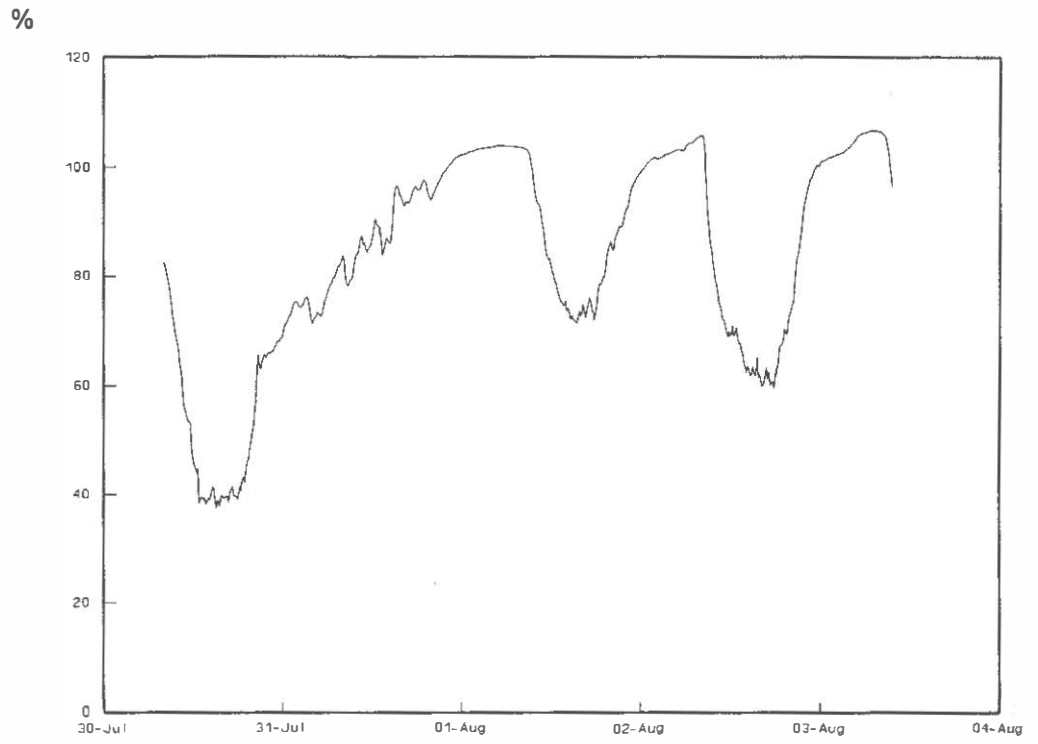
Figuur 4 Windsnelheid op 2,4 m hoogte

°C

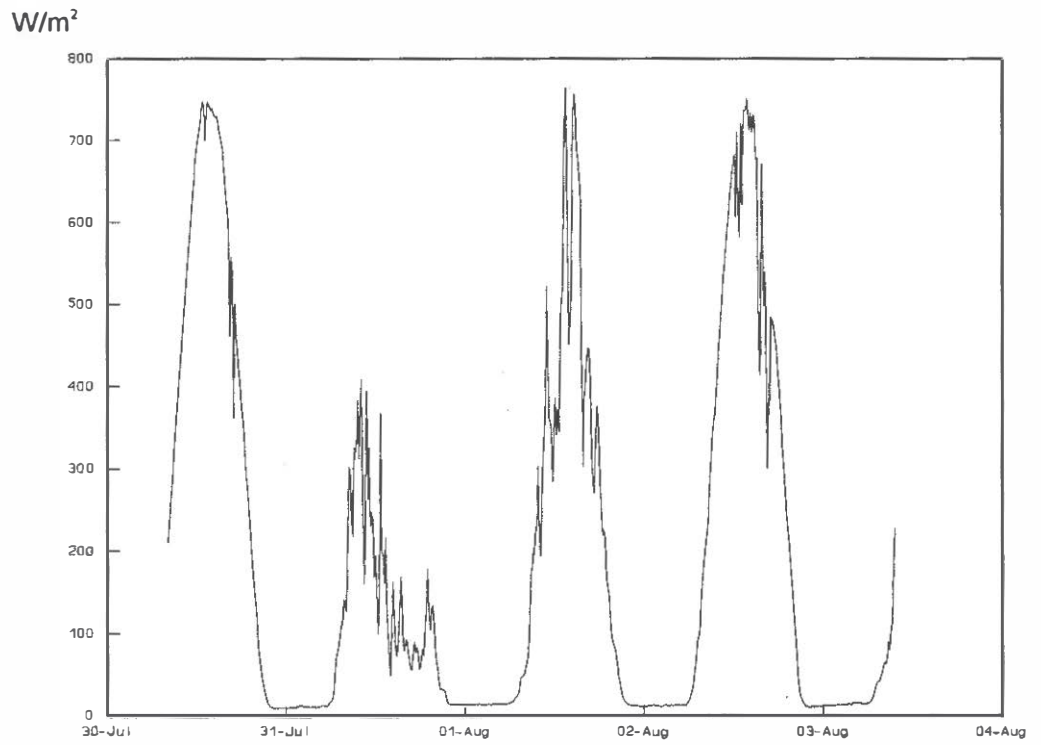


Figuur 5 Temperatuur op 1,5 m hoogte, op de grond en 0,05 m onder de grond





Figuur 6 Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte



Figuur 7 Globale straling

## Bijlage III Foutenanalyse

Schatting van de foutenanalyse voor de berekening van procentueel stikstofverlies.

geschatte nauwkeurigheid : emissie in kg/ha (10-20%)	15%
mestmonstername + analyse	10%
weegfout (0,1% per meting)	1%
meetfout veldje	4%

De fout van procentueel stikstofverlies is opgebouwd uit:

$$\text{PROCENTUELE EMISSIE} = \text{ABSOLUTE EMISSIE} / \text{STIKSTOFGIFT}$$

De fout in absolute emissie wordt geschat op 15% en de fout in stikstofgift bestaat uit :

$$\text{STIKSTOFGIFT} = \text{MESTANALYSE} * \text{WEEGFOUT} / \text{MEETFOUT VELDJE}$$

$$\Delta s/s = \Delta m/m * \Delta w/w / \Delta mf/mf$$

$$\Delta s/s = 10\% + 1\% + 4\%$$

\* waarbij  $\Delta s$  de absolute fout en  $s$  de gemeten fout is

de fout in stikstofgift is dus 15% zodat de relatieve fout in het procentuele stikstofverlies ( $15\% + 15\% \Rightarrow$ ) 30% is

## Bijlage IV Emissiesnelheid per meetmethode

### Dunne rundermest (referentieveld)

periode na uitrijden	emissiesnel- heid	cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v. NH <sub>4</sub> -N
0 - ½ uur	709,56	13,80	27,87
½ - 1½ uur	435,24	32,23	65,12
1½ - 3 uur	184,92	44,43	89,77
3 - 6 uur	55,12	51,21	103,45
6 - 12 uur	8,82	53,17	107,42
12 - 22 uur	2,74	54,46	110,01
22 - 47 uur	2,02	56,55	114,25
47 - 71 uur	0,67	57,22	115,59
71 - 95 uur	2,59	59,84	120,90

### vaste rundermest

periode na uitrijden	emissiesnel- heid	cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v. NH <sub>4</sub> -N
0 - ½ uur	100,96	2,03	1,68
½ - 1½ uur	114,03	6,63	5,48
1½ - 3 uur	143,32	15,68	12,96
3 - 6 uur	134,97	32,65	26,98
6 - 12 uur	49,06	42,53	35,15
12 - 22 uur	9,05	46,79	38,67
22 - 47 uur	3,03	49,92	41,26
47 - 71 uur	2,73	52,66	43,52
71 - 95 uur	3,36	56,07	46,34

## Gier

periode na uitrijden	emissiesnel- heid	cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v. NH <sub>4</sub> -N
0 - ½ uur	391,50	7,88	12,26
½ - 1½ uur	198,76	16,17	25,14
1½ - 3 uur	81,59	21,04	32,72
3 - 6 uur	50,04	27,29	42,45
6 - 12 uur	18,49	30,71	47,76
12 - 22 uur	1,79	33,34	51,85
22 - 47 uur	1,36	34,75	54,04
47 - 71 uur	0,83	35,58	55,33
71 - 95 uur	0,17	35,76	55,61