

Ammoniakemissie-onderzoek
bij mengmestaanwending

- het effect van een aangepaste
sleepslangenmachine bij aan-
wending van rundveemengmest
op kort gemaaid grasland

M.J.C. de Bode

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

Datum: juni 1990

Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Postbus 59, 6700 AB Wageningen

INHOUD

1	INLEIDING	1
2	METHODE	2
2.1	Opzet	2
2.2	Uitvoering	2
3	RESTULTATEN EN DISCUSSIE	4
3.1	Weersomstandigheden	4
3.2	Mestsamenstelling	4
3.3	Ammoniakvervluchtiging	5
4	CONCLUSIE	7
	LITERATUUR	7
	Bijlage I de emissiesnelheid per meetperiode	
	Bijlage II de micrometeorologische massabalansmethode	
	Bijlage III weersomstandigheden tijdens het experiment	

1 INLEIDING

In opdracht van de begeleidingscommissie voor het intensivering-onderzoek heeft de meetploeg, die door het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is ingesteld, opnieuw onderzocht of een aangepaste sleepslangmachine bij aanwenden van mest minder ammoniakemissie zal veroorzaken. Dit rapport geeft verlag van slechts èèn experiment en kan daardoor slechts indicatief zijn.

Deze aangepaste sleepslangmachine tracht de mest door middel van sleepvoeten in smalle strookjes onder het gras te leggen, waardoor het oppervlak van de mest dat met lucht in aanraking komt veel kleiner is en hoe kleiner het contactoppervlak lucht-mest is des te lager zal de ammoniakemissie zijn. Een voordeel van deze machine is dat niet in de grond hoeft te worden gesneden, zodat minder trekkracht nodig is en uitdroging aan snijsleuven in de zode wordt voorkomen. Toepassing van deze machine zou met name op de zware en op de minder draagkrachtige gronden uitkomst kunnen bieden.

De eerste meting aan deze machine is uitgevoerd met rundermengmest in een reeds gevorderd groeistadium van het gewas. De uitkomsten van deze meting waren gunstig. Mogelijk dat de gunstige resultaten zijn veroorzaakt door de hoge grasstand. In dit experiment is de grashoogte zo laag mogelijk gehouden.

2 METHODE

2.1 Opzet

Voor het experiment is mest gebruikt van het proefbedrijf van het IMAG te Duiven. Dit is een melkveebedrijf, waar de mest onder de stallen wordt opgeslagen.

Het experiment is op hetzelfde proefbedrijf uitgevoerd. Voor het onderzoek is op drie proefveldjes mest verspreid. Met de sleepslangmachine zijn twee proefveldjes bemest, op het ene veldje met een gift van $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ en op het andere veldje met een gift van $20 \text{ m}^3/\text{ha}$. Het derde proefveldje diende als referentie voor de sleepslangmachine. De ammoniakemissie bij aanwending met de sleepslangmachine is vergeleken met de emissie bij oppervlakkige aanwending van mest. Getracht is met oppervlakkig aanwenden een mestgift van $20 \text{ m}^3/\text{ha}$ te geven.

Omdat de emissiebeperkende werking van de aangepaste sleepslangmachine berust op het in het gras brengen van de mest, kan de hoogte van het gras invloed hebben op de emissie. In dit experiment is uitgereden op pas gemaaid gras, zodat vooral met hogere giften van de sleepslangmachine de emissiereductie tegen kan vallen.

Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden zijn voor de vier velden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten zijn daarom ongeveer gelijktijdig gestart zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen uitgesloten kunnen worden.

Uit voorgaand onderzoek (Pain and 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. Gekozen is voor de volgende monsternamperiodes: $0-\frac{1}{2}$ uur, $\frac{1}{2}-1\frac{1}{2}$ uur, $1\frac{1}{2}-3$ uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-zonsopkomst, zonsopkomst-48 uur, 48-72 uur en 72-96 uur na uitrijden.

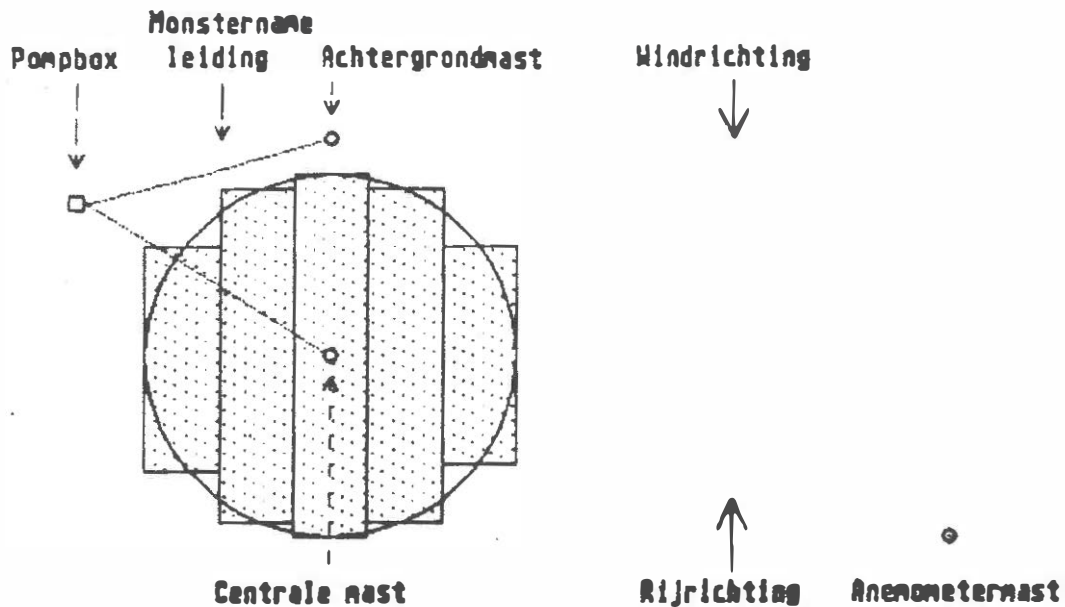
De ammoniakemissie vanaf de proefvelden is bepaald d.m.v. micro-meteorologische massabalansmethode. In bijlage II is deze methode nader uiteengezet.

2.2 Uitvoering

De emissie vanaf het veld wordt bepaald met meetmasten van 3,5 m hoogte. Per veld zijn twee masten opgesteld: een mast aan de rand van het veld, in de richting waar de wind vandaan komt (bovenwinds) en een mast in het midden van het veld (Figuur 1). De hoeveelheid ammoniak en geur die vanaf het veld vervluchtigt, wordt met deze twee masten bepaald. Met de mast aan de rand van het veld, wordt de hoeveelheid ammoniak en geur, die door de wind het veld wordt ingevoerd, bepaald. Met de mast in het midden van het veld wordt de hoeveelheid ammoniak en geur in de lucht bepaald, nadat de lucht over de helft van het veld is geblazen. Uit het verschil tussen de hoeveelheid ammoniak en geur, die over het midden van het veld waait en die het veld inwaait, wordt de emissie berekend.

Voor de bepaling van de hoeveelheid ammoniak in de lucht wordt de ammoniak op verschillende hoogten van de mast opgevangen. Hiervoor zijn aan de mast flesjes bevestigd, die met opvangvloeistof zijn gevuld. Als opvangvloeistof is salpeterzuur gekozen. Met behulp van een pomp wordt lucht door de flesjes met opvangvloeistof gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur achterblijft. In het laboratorium van het IMAG wordt vervolgens de ammoniumconcentratie in het salpeterzuur bepaald.

Uit deze concentratie en uit de windsnelheden tijdens de waarnemingen kan de hoeveelheid ammoniak, die uit de mest is vervluchtigd, worden berekend. Een uitvoerige beschrijving van de meetmethode is te vinden in bijlage II.



Figuur 1: proefveld lay-out voor de micrometeorologische massabalansmethode

Van de mest die wordt verspreid, wordt voor het uitrijden een monster in drievoud genomen. Dit mestmonster wordt geanalyseerd op : totaalstikstof (ammonium + organisch gebonden), ammonium, zuurgraad, droge stof, asgehalte en vluchtige vetzuren.

Voor een goede beschrijving van de omstandigheden, waaronder de experimenten zijn uitgevoerd, zijn de zuurgraad en de vochtigheid van de bodem dagelijks en is de hoogte van het gras vlak voor aanwending van de mest gemeten. Naast de bodemtoestand zijn ook de weersomstandigheden belangrijk voor de emissie van ammoniak en geur. Daarom zijn de volgende weergegevens continu geregistreerd:

- windsnelheid op 0,25, 0,50, 0,80, 1,25, 2,00 en 3,25 m hoogte;
- windrichting;
- regenval;
- luchttemperatuur op 1,5 m hoogte;
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.

3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Het experiment is uitgevoerd van 15 mei 1990 tot en met 19 mei 1990. De drie velden zijn op 15 mei tussen 9:32 uur en 10:00 uur bemest met rundveemengmest. Vervolgens is de ammoniakemissie tot 96 uur na aanwending gemeten.

Het aanwenden van de mest met de aangepaste sleepslangmachine is in dit experiment niet op de juiste manier uitgevoerd. Hierdoor zijn in de proefveldjes onbemeste plekken ontstaan. Vooral het veldje, waarop met behulp van de sleepslangmachine mest bij een lage gift is aangewend, bevatte veel onbemeste plekken.

Het gras was kort voor het experiment gemaaid en had tijdens de mestaanwending een lengte van 8 cm.

3.1 Weersomstandigheden

In de dagen voor het uitrijden is er ongeveer 15 mm regen gevallen, zodat de bodem minder droog was. Het vochtpercentage op gewichtsbasis bedroeg 35 % voor de velden waarop oppervlakkig en met de sleepslangmachine een gift van 20 m³ mest/ha is gegeven en 40 % voor het veld waarop met de sleepslangmachine een gift van 10 m³/ha is gegeven.

Gedurende het gehele experiment was het zwaar bewolkt en overwegend droog. Alleen in de eerste nacht van het experiment viel er 2,8 mm regen. In de loop van het experiment werd het kouder (bijlage III). Op de dag van het uitrijden was de maximumtemperatuur nog 20°C, op de laatste dag was de maximumtemperatuur gezakt tot 14°C. De minimumtemperatuur nam in de loop van het experiment af van 12°C in de eerste nacht tot 5°C in de laatste nacht van het experiment.

Op de dag van het uitrijden was het rustig weer: de windsnelheid op 2 m bedroeg ongeveer 2 m/s en de relatieve luchtvochtigheid was 50%. Gedurende de overige dagen van het experiment was de wind overdag matig (2 m/s tot 5 m/s op 2 m hoogte) en in de nacht licht (1 m/s of minder op 2 m hoogte). De lucht was tijdens het gehele experiment droog: overdag was de relatieve luchtvochtigheid 50%-60% en in de nacht 80%-95%.

3.2 Mestsamenstelling

De samenstelling van de mest in dit experiment week nauwelijks af van de gemiddelde samenstelling van rundveemengmest (Hoeksma, 1988). In tabel 1 is de mestsamenstelling gegeven.

Tabel 1 De samenstelling van de mest in dit experiment

NH ₄ -N	(mg/l)	2220
N-totaal	(mg/l)	5050
P	(mg/l)	640
K	(mg/l)	3390
pH		7,4
droge stof	(g/kg)	83,4
as	(%)	21,2
V.V.Z.	(mg/l)	9570

De pH in de mest was direct na aanwending met de sleepslangmachine 7,6 en liep in de loop van het experiment op tot 8,5 drie dagen na aanwending. Het pH-verloop in de oppervlakkige verspreide mest verschilde sterk van het pH-verloop in de mest, die met behulp van de sleepslangmachine was uitgereden. De pH nam af van 8,3 direct na uitrijden tot 7,7 drie dagen na uitrijden.

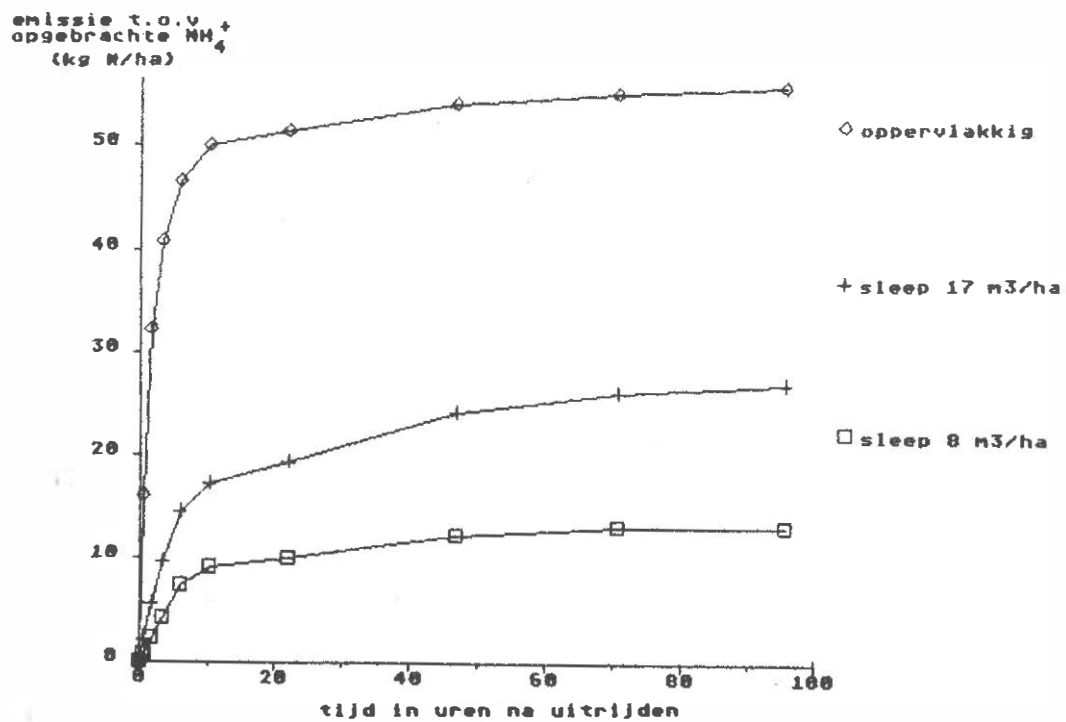
3.3 Ammoniakvervluchtiging

De ammoniakemissie vanaf de velden, waarop met behulp van een aangepaste sleepslangmachine mest is verspreid, was lager dan vanaf de velden waarop oppervlakkig mest is verspreid. Bij een gift van 8 m³ mest/ha met de aangepaste sleepslangmachine was de ammoniakemissie 13,0% van de opgebrachte hoeveelheid ammonium ten opzichte van 55,8% bij oppervlakkige aanwending van 16 m³/ha. Mogelijk dat de gemeten emissie van 13% een onderschatting is vanwege de vele onbemeste plekken in het proefveld. Wanneer met de sleepslangmachine een grotere gift werd gegeven (17 m³/ha) nam de emissie toe tot 27,0% van de opgebrachte hoeveelheid ammonium.

Uit onderzoek van Pain en Klarenbeek (1988) is gebleken dat, tot een mestgift van 30 m³/ha, de relatieve emissie onafhankelijk is van de mestgift en dat bij hogere giften de relatieve emissie lager wordt. De verhoging van de emissie bij een hogere gift is in dit experiment waarschijnlijk veroorzaakt door het korte gras. Bij een mestgift van 17 m³/ha en een grashoogte van 8 cm kon de aangepaste sleepslangmachine de mest waarschijnlijk onvoldoende onder het gras leggen.

Tabel 2 Stikstofverlies bij aanwending van mest met behulp van een aangepaste sleepslangmachine in vergelijking tot het stikstofverlies bij oppervlakkige aanwending

aanwendings- methode	giften (kg/ha)			stikstofverlies		
	mest(*10 ³)	NH ₄ -N	N-tot	(kg/ha)	t.o.v. (%)	
					NH ₄ -N	N-tot
sleepslangmachine	8,4	18,2	40,2	2,4	13,0	5,9
sleepslangmachine	17,3	37,6	82,5	10,2	27,0	12,3
oppervlakkig	16,1	36,0	86,3	20,1	55,8	23,3



Figuur 2 Stikstofverlies bij aanwending van mest met behulp van een aangepaste sleepslangmachine in vergelijking tot het stikstofverlies bij oppervlakkige aanwending

4 CONCLUSIE

Door mest in kort gras met een aangepaste sleepslangmachine aan te wenden, verminderde in dit experiment de emissie ten opzichte van oppervlakkige aanwending.

Bij een mestgift van $8 \text{ m}^3/\text{ha}$ met de sleepslangmachine was na vier dagen 13,0% van de opgebrachte hoeveelheid ammonium vervluchtigd. In een periode van vier dagen vervluchtigde bij oppervlakkige aanwending van 16 m^3 mest/ha 55,8% van de opgebrachte hoeveelheid ammonium.

Bij een mestgift van $17 \text{ m}^3/\text{ha}$ met de sleepslangmachine vervluchtigde in dit experiment 27,0% van de opgebrachte ammonium. Dit hogere verliespercentage bij een hogere gift is waarschijnlijk veroorzaakt door de lengte van het gras. Bij een mestgift van $17 \text{ m}^3/\text{ha}$ en een grashoogte van 8 cm kon de sleepslangmachine de mest onvoldoende onder het gras leggen.

LITERATUUR

Hoeksma, P. (1988)

De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet. IMAG

Pain, B.F. and J.V. Klarenbeek (1988)

Anglo-Dutch experiments on odour and ammonia emissions from land-spreading livestock wastes. IMAG-research report 88-2, Wageningen

Bijlage I

De emissiesnelheid per meetperiode

aangepaste sleepslangmachine
gift: 8 m³/ha

periode	emissie snelheid (kg/ha.dag)	cumulatief verlies (kg/ha)	cum. verlies t.o.v. NH ₄ (%)
0 — ½ uur	6,41	0,13	0,73
½ — 1½ uur	6,38	0,41	2,27
1½ — 3 uur	5,46	0,77	4,23
3 — 6 uur	4,53	1,32	7,25
6 — 10 uur	1,94	1,66	9,11
10 — 22 uur	0,28	1,80	9,89
22 — 47 uur	0,41	2,22	12,22
47 — 71 uur	0,14	2,37	13,00
71 — 95 uur	0,00	2,37	13,01

aangepaste sleepslangmachine
gift: 17 m³/ha

periode	emissie snelheid (kg/ha.dag)	cumulatief verlies (kg/ha)	cum. verlies t.o.v. NH ₄ (%)
0 — ½ uur	37,06	0,77	2,05
½ — 1½ uur	30,55	2,09	5,55
1½ — 3 uur	24,16	3,58	9,52
3 — 6 uur	17,25	5,44	14,46
6 — 10 uur	6,57	6,51	17,30
10 — 22 uur	1,49	7,27	19,34
22 — 47 uur	1,76	9,10	24,20
47 — 70 uur	0,78	9,86	26,22
70 — 95 uur	0,30	10,17	27,04

oppervlakkige aanwending

periode	emissie snelheid (kg/ha.dag)	cumulatief verlies (kg/ha)	cum. verlies t.o.v. NH ₄ (%)
0 — ½ uur	277,99	5,79	16,09
½ — 1½ uur	135,64	11,63	32,31
1½ — 3 uur	52,33	14,68	40,79
3 — 6 uur	18,96	16,79	46,64
6 — 10 uur	6,94	18,03	50,08
10 — 22 uur	0,94	18,50	51,39
22 — 47 uur	0,94	19,47	54,09
47 — 70 uur	0,39	19,85	55,13
70 — 95 uur	0,22	20,08	55,76

Bijlage II Micrometeorologische massabalansmethode

De metingen naar de emissie van ammoniak 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 vanaf het veld gegeven door:

$$F = 1/x \int_{z_0}^{z_p} u.c \, dz \quad (1)$$

waarin: F = flux ($\text{g.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)
 x = fetch, de afstand tussen de plaats waar de wind veld binnenkomt en de centrale mast (m)
 z_p = de hoogte boven de centrale mast waar de ammoniakconcentratie gelijk wordt aan de achtergrond concentratie (figuur 3b) (m)
 z_0 = de ruwheidshoogte (hier wordt de windsnelheid 0) (m)
 uc = de over de tijd gemiddelde horizontale flux op een willekeurige hoogte van de centrale mast ($\text{g.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)

Gebruikelijk is (1) in de volgende vorm te schrijven:

$$F = 1/x \int_{z_0}^{z_p} (u.c + u'.c') \, dz \quad (2)$$

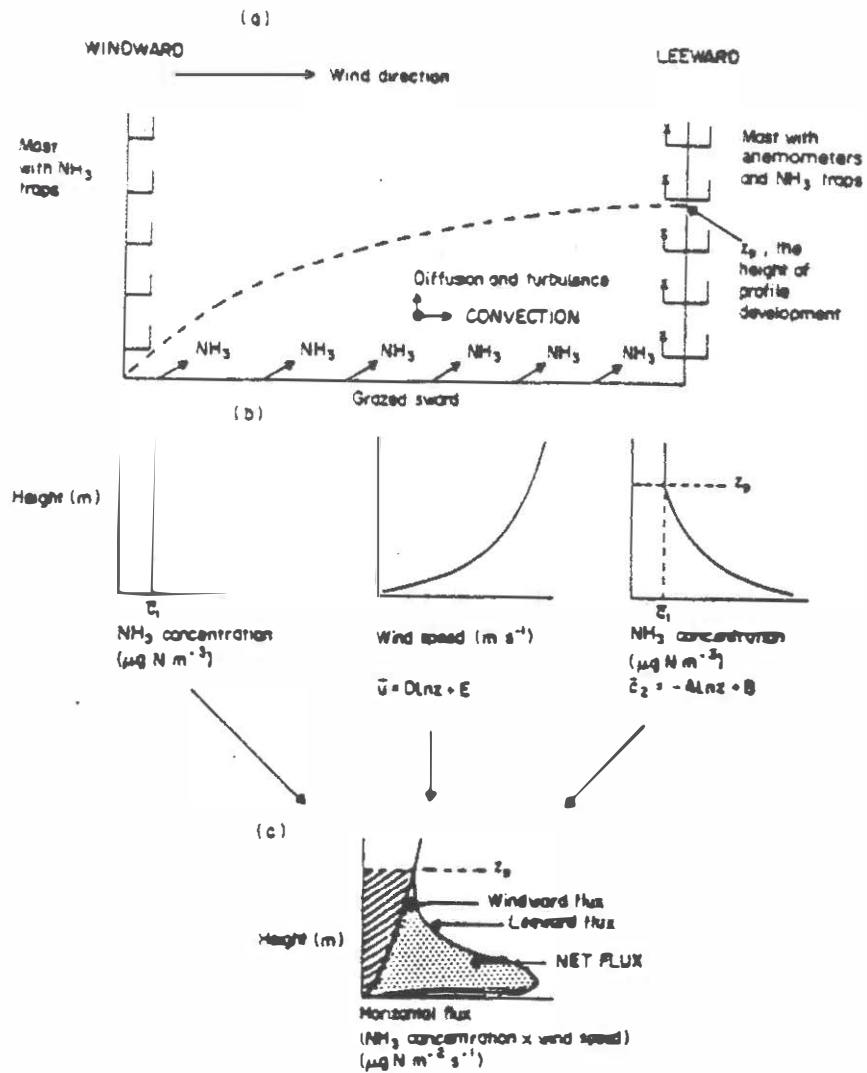
De term $u.c$ is de flux veroorzaakt door horizontale convectie, $u'.c'$ is de horizontale diffusieflux loodrecht op de windrichting. In het algemeen wordt aangenomen (Denmead, 1983; Denmead et al., 1977; Beauchamp et al., 1982; Beauchamp et al., 1987) dat de laatste term verwaarloosbaar is ten opzichte van de convectie stroom. Verlijking (2) wordt daarom vaak vereenvoudigd tot:

$$F = 1/x \int_{z_0}^{z_p} (u.c) \, dz \quad (3)$$

Voor oplossing van (3) moeten, zowel boven- als benedenwinds van het veld, de profielen van windsnelheid en ammoniakconcentratie worden vastgesteld (figuur 3b). Uit deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (figuur 3c). De horizontale flux over de hoogte geïntegreerd 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 fetch.

$$F = 1/x \int_{z_0}^{z_p} u(z) c_2(z) \cdot dz - \int_{z_0}^{z_p} u(z) \cdot c_1(z) \cdot dz \quad (4)$$

waarin: F = nettoflux ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
 $c_1(z)$ = gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte (z) ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)
 $c_2(z)$ = gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte (z) ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)



$$F = (1/x) \int_0^z \bar{u} \bar{\rho}_s dz \quad F = (1/x) \int_0^z (\bar{u} \bar{\rho}_s + \bar{u}' \bar{\rho}_s') dz \quad F \approx (1/x) \int_0^z \bar{u} \bar{\rho}_s dz$$

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.

Uit voorgaand onderzoek (Ryden and McNeill, 1984) bleek een lineair verband te bestaan tussen de logaritme van de hoogte en de windsnelheid (5) en tussen de logaritme van de hoogte en de ammoniakconcentratie (6).

$$u = D \ln z + E \quad (5)$$

$$c_2 = A \ln z + B \quad (6)$$

De ammoniakconcentratie bovenwinds van het veld is homogeen over de hoogte verdeeld.

Uitvoering

Bij het uitrijden is de mest verspreid zoals in figuur 3 is gegeven. De diameter van een veld was ongeveer 45 m. Een circelvormig 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 m hoge mast (centrale mast) in het midden van het veld te plaatsen. De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn verdeeld. Een monsternamepunt bestaat uit een wasflesje gevuld met 0,02 M HNO_3 als absorptievloeistof en een impinger. Een impinger maakt het mogelijk door middel van een pomp en aanzuigslangen lucht door de absorptievloeistof 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. 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.

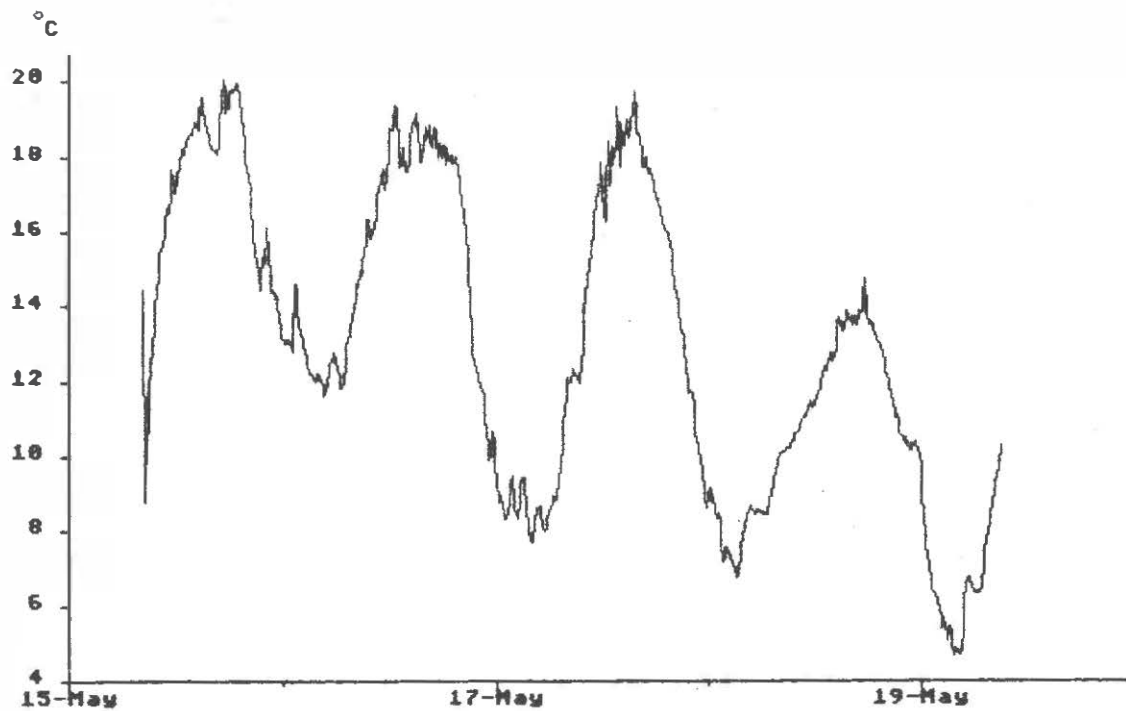
Literatuur

- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd and G. Thurtell (1978)
Ammonia volatilization from sewage sludge in the field. J. Environ. Qual. 7: 141-146.
- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd and 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 and J.R. Freney (1977)
A direct field measurement of ammonia emission after injection anhydrous ammonia. Soil Sci. Soc. Am. J. 41: 1001-1004.
- Denmead, O.T. (1983)
Micrometeorological methods for measuring gaseous losses nitrogen in the field. p. 133-137. In: J.R. Freney and J.R. Simpson (ed). Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems, Martinus Nijhoff/W. Junk Pub. The Hague.
- Ryden, J.C. and J.E. McNeill (1984)
Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward. J. Sci. Agric. 35: 1297-1310.

Bijlage III

De weersomstandigheden tijdens het experiment

temperatuur op 1,5 m hoogte



windsnelheid op 2m hoogte

