

55

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

55

Het effect van toediening van verdunde
rundermest in het vroege voorjaar

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

dlo



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van toediening van verdunde
rundermest in het vroege voorjaar

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

Meetploegverslag 34506-5900
Mei 1994

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59
6700 AA Wageningen

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Materiaal en methode	3
2.1	Inleiding	3
2.3	Opzet	3
2.4	Uitvoering	4
3	Resultaten	5
3.1	Algemeen	5
3.2	Bodem- en gewasgesteldheid	5
3.3	Weersomstandigheden	5
3.4	Mestsamenstelling	6
3.5	Ammoniakemissie	7
4	Discussie	9
5	Conclusies	10
	Literatuur	11
Bijlage I	Micrometeorologische massabalansmethode	12
Bijlage II	Schema proefvelden 10 t/m 14 maart 199 ³ ₂	15
Bijlage III	Weersomstandigheden tijdens het experiment	16
Bijlage IV	Emissiesnelheid per monsterperiode	19

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 1:2-verdunde rundermest in het vroege voorjaar.

Eén van de mogelijkheden voor het toedienen van verdunde mest is het verregenen met behulp van een mestpendel. Deze methode wordt toegepast in het voorjaar op minder draagkrachtige gronden. In het in dit verslag beschreven experiment is de verdunde mest niet met een mestpendel, maar met een mesttank op het land gebracht.

In voorgaande jaren (1990-1992) was onderzoek verricht naar de emissie bij toedienen van verdunde mest, waarbij dunne rundermest met 1 of 3 delen water werd verdund. Deze onderzoeken vonden later in het (voor)jaar plaats. De emissie-reducties van 1:1-verdunde mest waren 0-67% en die van 1:3-verdunde mest 44-73% ten opzichte van onverdunde rundermest. De spreiding in de reductiecijfers werd veroorzaakt doordat niet altijd de juiste verdunning kon worden gemaakt en door de verschillen in bodem- en weersomstandigheden. Volgens Bussink et al. (1991) neemt bij het toedienen van verdunde mest de emissiereductie toe naarmate de temperatuur - en de waterverdamping - lager is.

In het in dit rapport beschreven experiment werd onderzocht in welke mate door toediening van 1:2-verdunde mest onder koelere omstandigheden in het vroege voorjaar (begin maart) de emissie wordt gereduceerd. 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 proefveld. Deze 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 verdunde, dunne rundermest worden vergeleken met de emissie van onbehandelde, dunne rundermest. De ammoniakemissie wordt uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof. Ten opzichte van de onbehandelde mest - de zogenaamde referentie - is een reductiepercentage berekend.

2.3 Opzet

Het experiment is in week 10 (10 t/m 14 maart) uitgevoerd 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 mest was van dit bedrijf afkomstig. In totaal zijn vier proefvelden met een mesttank bemest (werkbreedte ca. 9 m). Het veld met de 1:2-verdunde en het veld met onbehandelde mest werden in duplo aangelegd. In Tabel 1 wordt de proefopzet met de beoogde mestgiftten vermeld. Om gelijke ammoniumstikstofgiftten te krijgen, moest op de velden met de 1:2-verdunde mest drie keer zoveel mest worden toegediend als op het referentieveld.

Tabel 1. Opzet van het experiment met verdunde rundermest op proefvelden.

Veld	Verdunding	Gift [m ³ /ha]
1	onbehandeld	15
2	onbehandeld	15
3	1:2	45
4	1:2	45

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 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 (Bussink et al., 1990). De mest werd op de eerste dag 's ochtends toegediend, waarna de volgende monsternamperiodes werden aangehouden:

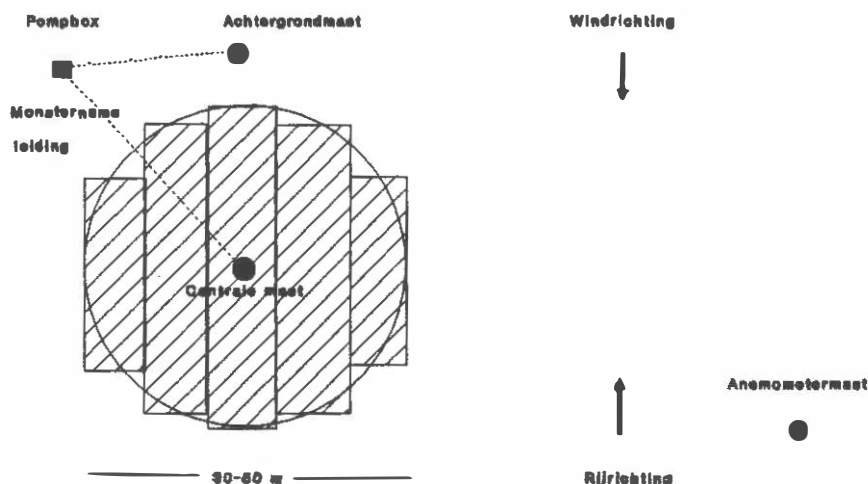
Eerste dag: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-zonsopkomst;

Tweede dag: zonsopkomst-48 uur;
 Derde dag: 48-72 uur;
 Vierde dag: 72-96 uur.

2.4 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, proteïne-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 monsternameperiode 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 van de verdunde respectievelijk de onverdunde mest drie monsters 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; 0,4; 0,9; 1,4; 2,4 en 3,6 m;
- windrichting op 3,9 m;
- hoeveelheid neerslag op 40 cm;
- 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 (10 maart 1993) werden de vier proefvelden tussen 8:40 en 10:50 uur bemest. In Bijlage II is schematisch de ligging van de proefvelden gegeven. In verband met een goede verdeling van de mest, werd de mest zo veel mogelijk tegen de heersende windrichting uitgereden. Bij het eerste veld met de 1:2-verdunde mest bleek de rijpsnelheid te laag, waardoor meer mest werd toegediend dan gepland.

3.2 Bodem- en gewasgesteldheid

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als komklei geklassificeerd. De grond zag er vochtig uit en het bodemvochtgehalte was 36-40%.

De hoogte van het gras op de vier velden varieerde van 2-6 cm en was gemiddeld 4 cm (40 waarnemingen). Door de hoge relatieve luchtvochtigheid (95-100%) en de lage temperaturen 's nachts (rond vriespunt), lag er elke ochtend rijp of dauw op het gras.

3.3 Weersomstandigheden

In de week vóór het experiment was het overwegend droog en koud. De temperatuur was 's nachts een paar graden beneden het vriespunt. Enkele dagen voor de start van het experiment werd het weer zachter. Het weer tijdens het experiment werd gekenmerkt door matige temperaturen overdag en temperaturen rond het vriespunt gedurende de nacht. De windsnelheid was de eerste dag nog vrij hoog, maar was de rest van de meetperiode lager.

Op de dag van het uitrijden was het half bewolkt en fris (maximumtemperatuur 13°C; gemiddelde temperatuur 9°C op 1,5 m hoogte). Er stond een matige wind (3-6 m/s; gemiddelde windsnelheid 4 m/s op 2,4 m hoogte) uit zuidelijke richting, die in de loop van de dag naar het westen draaide. De relatieve luchtvochtigheid was gemiddeld 65%. In de eerste nacht daalde de temperatuur op 1,5 m hoogte naar 5°C en nam de relatieve luchtvochtigheid toe tot 95%. De wind nam af tot 1 m/s en draaide naar het oosten.

De tweede dag was de windsnelheid lager dan op de eerste dag, namelijk 2 tot 3 m/s (2,4 m hoogte). De rest van de meetperiode bleef de windsnelheid overdag ca. 3 m/s en 's nachts 1-2 m/s. De windrichting was het tweede etmaal oostelijk. Gedurende de derde en vierde dag draaide de wind voortdurend, maar was overwegend zuidelijk.

De temperatuur was op de tweede dag vrijwel gelijk aan de eerste dag, maar daalde 's nachts tot enkele graden beneden het vriespunt. Gedurende het derde en vierde etmaal varieerde de temperatuur op 1,5 m hoogte van 17°C overdag tot -1°C 's nachts. De relatieve luchtvochtigheid was de tweede dag 65-80% overdag en 95-100% 's nachts. Gedurende het derde en vierde etmaal was het overdag vrij droog (40-60%) en 's nachts vochtig (95%). Door de koude, windstille en vochtige nachten was het 's nachts en 's ochtend mistig.

Uit het verloop van de globale straling valt op te maken dat het de tweede dag meer bewolking was dan de eerste dag. De derde en vierde dag was het licht bewolkt.

In bijlage III staan de Figuren 5 t/m 10, die het verloop van de windsnelheid, de lucht- en bodemtemperaturen, de relatieve luchtvochtigheid, de windrichting en de globale straling geven.

3.4 Mestsamenstelling

In Tabel 3 staan de gemiddelde waarden van de analyseresultaten van de drie monsters van de onverdunde mest en de drie mestmonsters van de verdunde mest. Ter vergelijking staat de mestsamenstelling van dunne rundermest uit het onderzoek van Hoeksma (1988) vermeld. De waarden uit het onderzoek van Hoeksma zijn gemiddelden van 436 mestmonsters van bedrijven in Gelderland, Noord-Brabant en Limburg. Van de in dit experiment gebruikte, dunne rundermest waren de pH en het kaliumgehalte lager dan de literatuurwaarden. Deze waarden vielen echter wel binnen de spreiding. De andere gehalten waren vergelijkbaar met de door Hoeksma gevonden gemiddelde mestsamenstelling 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	Verdunde rundermest	Hoeksma (spreiding)
ammoniumstikstof	[g/kg]	2,2	0,7	2,4 (0,2 - 4,4)
totaalstikstof	[g/kg]	4,2	1,3	4,9 (2,4 - 7,8)
fosfor	[g/kg]	0,7	0,2	0,9 (0,3 - 3,4)
kalium	[g/kg]	3,4	1,1	5,1 (1,0 - 7,6)
pH	[-]	6,9	7,3	8,2 (7,0 - 8,8)
droge stof	[g/kg]	83,2	20,7	96,0 (34 - 200)
ruwe as	[% van ds]	21,1	23,4	28,0 (11 - 136)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	8,0	3,0	^a

^a: geen waarneming.

Op basis van de gewogen hoeveelheden mest en water was de verdunning de beoogde 1 deel mest op 2 delen water. De verdunde mest was tussen het uitrijden van de twee velden niet meer gemengd, zodat de mest kon uitzakken en onderin de container een laag dickere mest kon worden gevormd (visueel waargenomen). Hierdoor was het mogelijk dat, met name bij het tweede veld (verdund II), dunnere mest (uit de bovenste laag) was toegediend dan was gepland. Op basis van het drogestofgehalte en het fosforgehalte kan worden geconcludeerd dat de verdunning 1:3 zou zijn geweest. Op basis van de gemiddelde ammonium- en totaalstikstofgehalten bleek echter een verdunning van 1:2 (respectievelijk 1:2,1 en 1:2,2).

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. Door vorst in de tweede, derde en vierde nacht was de vloeistof in de monsternameflesjes bevroren geweest. Er is aangenomen dat gedurende de vorstperiodes geen emissie optrad.

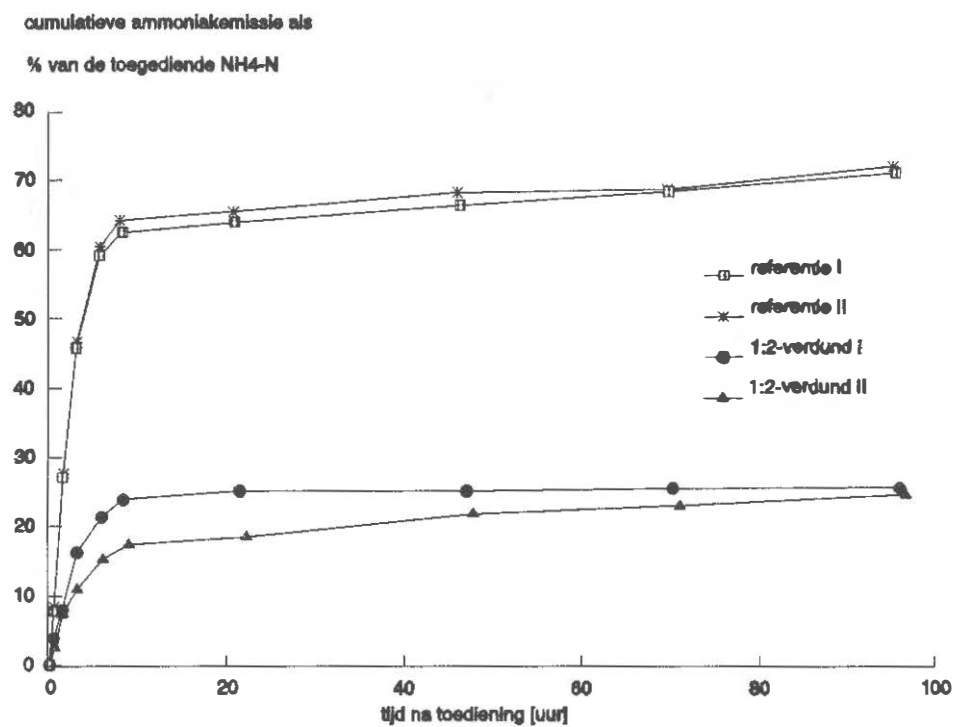
Tabel 4. Giften en ammoniakemissie van bovengronds breedwerpig verspreide onbehandelde en 1:2-verdunde dunne rundermest.

Mesttoediening	Giften			Ammoniakemissie			Reductie
	mest	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N		N-tot	t.o.v. referentie
	[m ³ /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	[%]
Referentie I	17,9	40,0	74,6	28,4	71,1	37,6	-
Referentie II	18,5	41,3	77,0	29,7	71,9	38,6	-
Verdund I	47,4	34,0	61,3	8,4	24,6	13,6	66
Verdund II	39,5	28,3	51,1	7,3	25,6	14,2	65

De mestgiften op de referentievelden waren hoger uitgevallen dan de beoogde 15 m³/ha. De mestgift op het veld met verdund I was hoger en op het veld met verdund II lager dan gepland. Het was de bedoeling geweest om, door middel van een drie keer zo hoge mestgift, evenveel ammoniumstikstof met de 1:2-verdunde mest toe te dienen als met de onbehandelde mest (zie Tabel 1). De giften van de verdunde mest waren echter in beide gevallen minder dan drie keer zo hoog als de giften op de referentievelden.

De emissie na het bovengronds, breedwerpig verspreiden van de onbehandelde mest was gemiddeld 71% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Het verschil tussen de duplometingen was erg klein, namelijk 1% van de gemiddelde emissiewaarde. De emissie na het toedienen van de verdunde mest was gemiddeld 25% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Het verschil tussen de duplo's was eveneens klein, namelijk 4% van de gemiddelde waarde. De emissiereductie was 64-66% ten opzichte van de twee referenties.

In Figuur 2 is het verloop van de cumulatieve ammoniakemissie in de tijd gegeven. De emissiesnelheid van de twee referentievelden was de eerste uren na het toedienen van de mest hoog, waardoor na 8 uur al 62-64% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof was geëmitteerd. De emissiesnelheid van de verdunde mest was aanzienlijk lager, wat een lagere ammoniakemissie tot gevolg had. De emissies van de twee velden met verdunde mest verliepen niet helemaal gelijk: het ene veld (I) emitteerde in de beginfase meer ammoniak, terwijl het andere veld (II) later een hogere emissiesnelheid had.



Figuur 2. Cumulative ammoniakemissie als functie van de tijd na het toedienen van onbehandelde en verdunde dunne rundermest met de vacuümtank.

4 Discussie

De meting was bedoeld om de ammoniakemissie van verdunde en onbehandelde dunne rundermest in het vroege voorjaar te meten. Bij lagere temperaturen mag worden verwacht dat de emissie lager is dan bij hogere temperaturen (Frenay et al., 1983). De emissie van de beide referentievelden was echter vrij hoog, namelijk 71-72% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof, in vergelijking met eerder uitgevoerde experimenten (27-98%; 27 waarnemingen; mestgiften 10-17 m³/ha). De temperaturen waren tijdens het experiment weliswaar laag (maximumtemperaturen van 10-14°C en minimumtemperaturen van 1-5°C aan de grond), maar de windsnelheid was op de eerste dag vrij hoog (tot 6 m/s op 2,4 m hoogte). Ondanks de lage temperaturen, maar dankzij de hoge windsnelheid kon de emissie toch vrij hoog oplopen.

Voor de verdunde mest was het niet eenduidig welke verdunning werd toegediend. Op basis van de gewogen hoeveelheden water en mest was de verdunning 1:2. Dit bleek ook uit het ammoniumstikstof- en totaalstikstofgehalte van de mestmonsters. Uit het drogestofgehalte kon worden geconcludeerd dat de verdunning 1:3 zou zijn geweest. Dit zou kunnen worden verklaard doordat de mest in de container was uitgezakt en geen representatief monster was genomen.

5 Conclusies

De ammoniakemissie van bovengronds, breedwerpig toegediende onbehandelde mest was 71% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De ammoniakemissie van bovengronds breedwerpig toegediende mest met een verdunning van 1:2 op basis van de gewogen hoeveelheden water en mest, was 25% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Beide getallen zijn gemiddelden van duplowaarnemingen. De verschillen tussen de duplo's waren klein en bedroegen respectievelijk 1% en 4% van de gemiddelde waarden. De emissiereductie van 1:2-verdunde mest was gemiddeld 65% ten opzichte van de referentie.

Bij de interpretatie van de gegevens moet rekening worden gehouden met het feit dat de verdunning op basis van het de ammonium- en totaalstikstofgehaltes 1:2 en op basis van het drogestofgehalte 1:3 bleek te zijn. Dit verschil kan worden verklaard door uitzakking van de mest en geen representatieve monsternamen.

Gezien de lage temperaturen tijdens het experiment was de emissie van de referentie vrij hoog. Waarschijnlijk waren de vrij hoge windsnelheden (tot 6 m/s op 2,4 m hoogte) op de eerste dag hiervoor verantwoordelijk.

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.

Bussink, D.W. en S.G. Tjalma, 1991, Ammoniakemissie bij verschillende toedieningsmethoden van dunne mest aan zandgrasland, NMI-Rapport 90.086. NMI, 's Gravenhage.

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.

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

Theorie

De metingen van de ammoniakemissie worden 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];
$u(z) \cdot \bar{c}(z)$	=	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 eerste, convectieve, term (Denmead, 1983; Denmead et al., 1977; Beauchamp et al., 1982; Beauchamp et al., 1987). Vergelijking (1) wordt daarom vereenvoudigd tot:

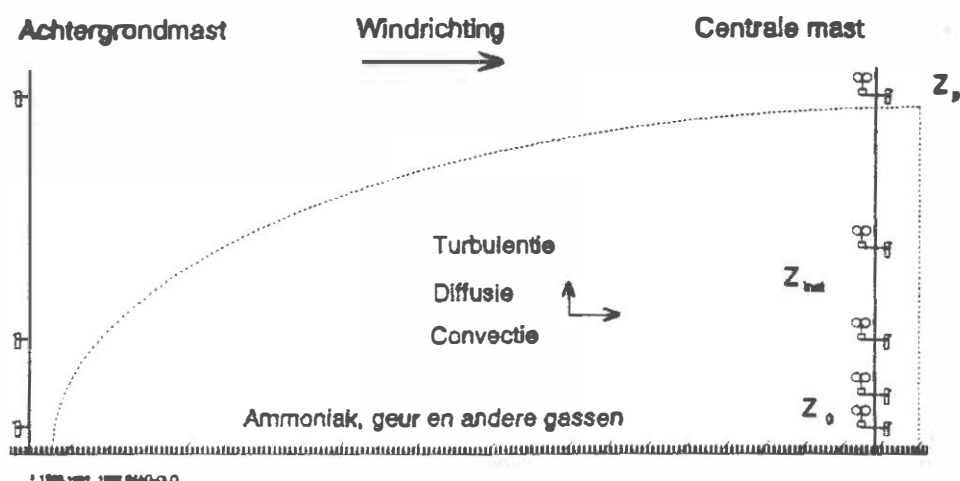
$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (2)$$

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:

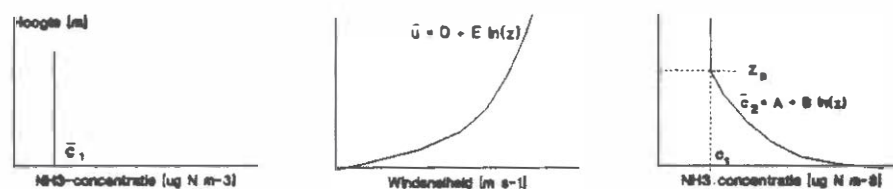
$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

waarin:

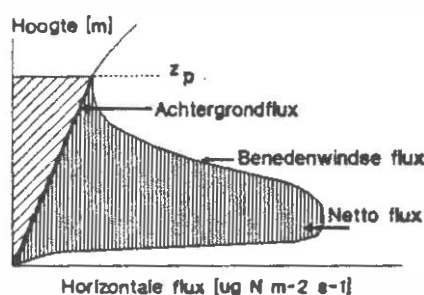
F_N	=	nettoflux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
$\bar{c}_1(z)$	=	de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}];
$\bar{c}_2(z)$	=	de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}].



(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 wasfles gevuld met met 0,02 M HNO₃ 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 ca. 2,5 l min⁻¹. De flow wordt aan het begin en eind van een meetperiode gemeten.

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.

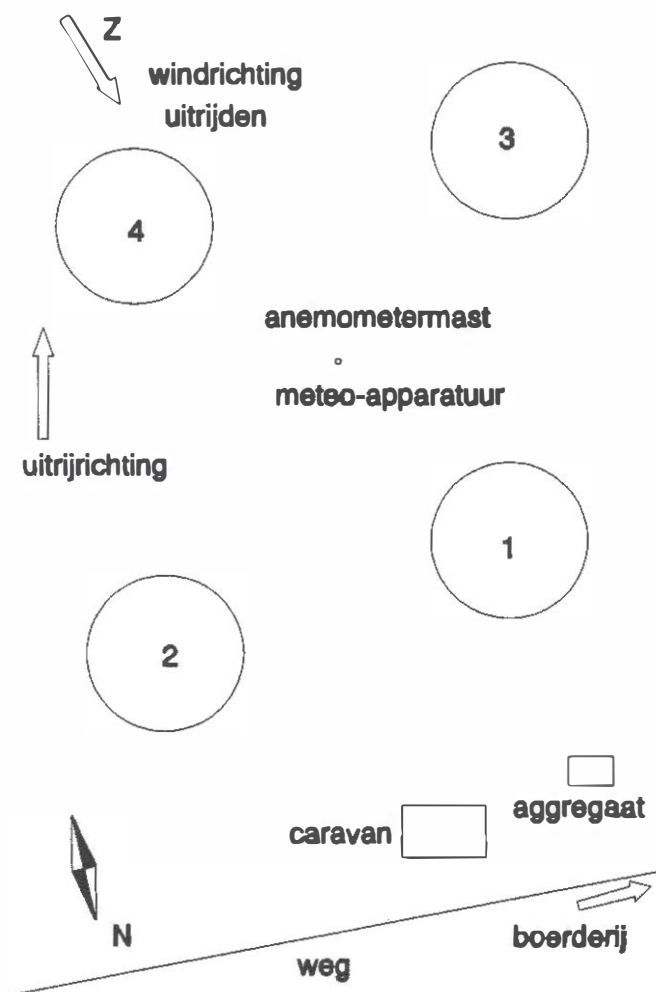
Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.

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.

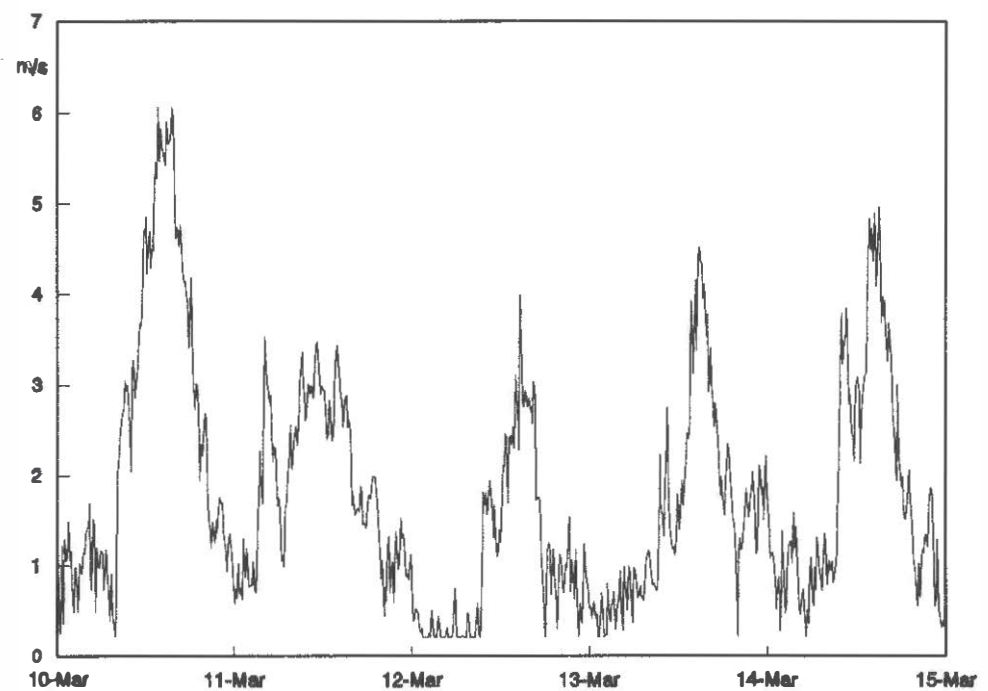
Bijlage II Schema proefvelden 10 t/m 14 maart 1992



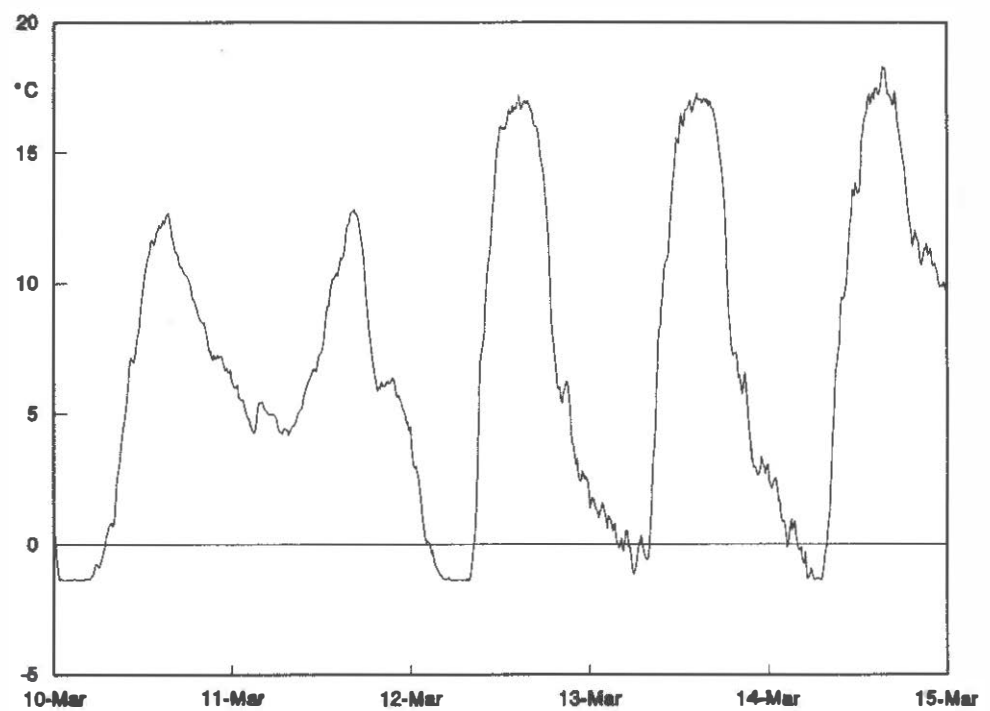
Figuur 4. Schematische voorstelling van de proefvelden met onbehandelde (1 en 2) en 1:2-verdunde (3 en 4) dunne rundermest, toegediend met een mesttank.

Op het veld nr. 3 met 1:2-verdunde mest werd te langzaam uitgereden, waardoor te veel mest werd toegediend. Op het veld nr. 4 met 1:2-verdunde mest was de mestgift beter. De bemesting van beide referentievelden (1 en 2) ging goed.

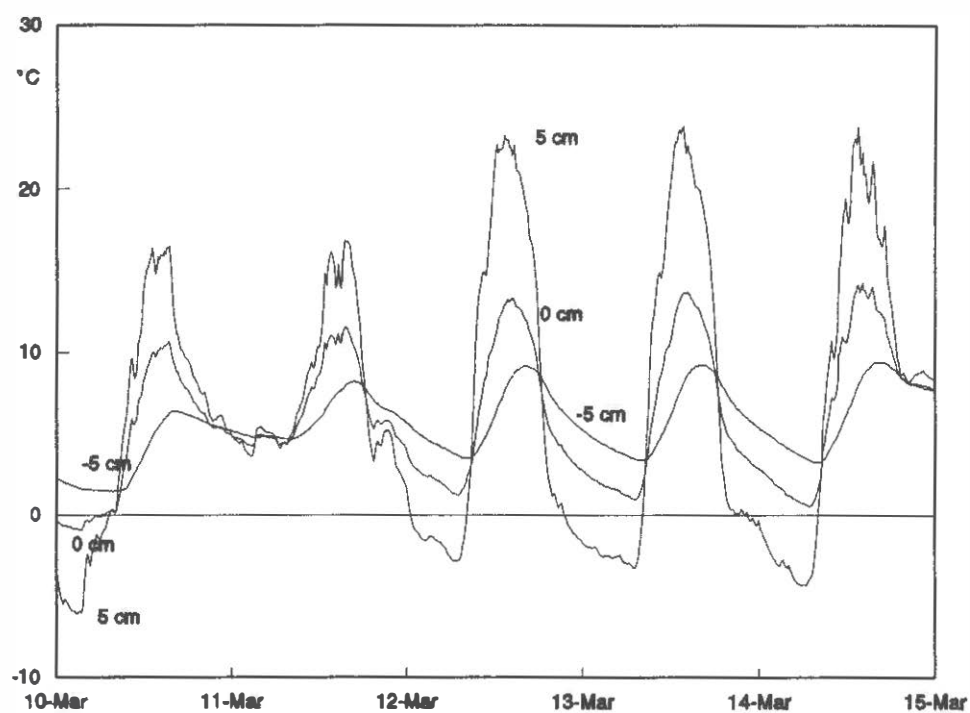
Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment



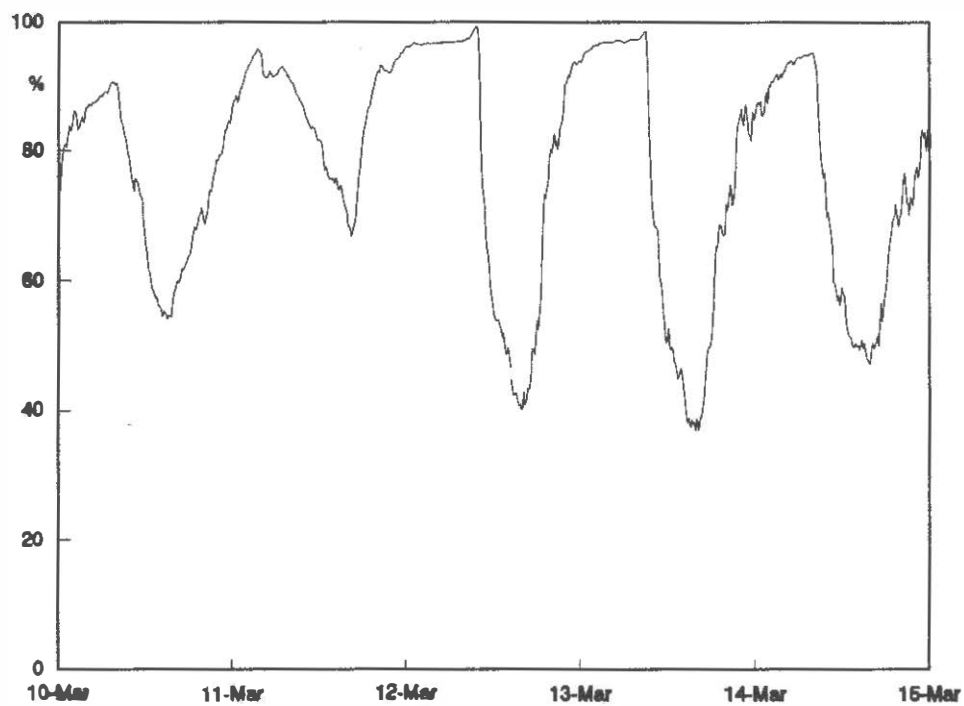
Figuur 5. Windsnelheid op 2,4 m hoogte.



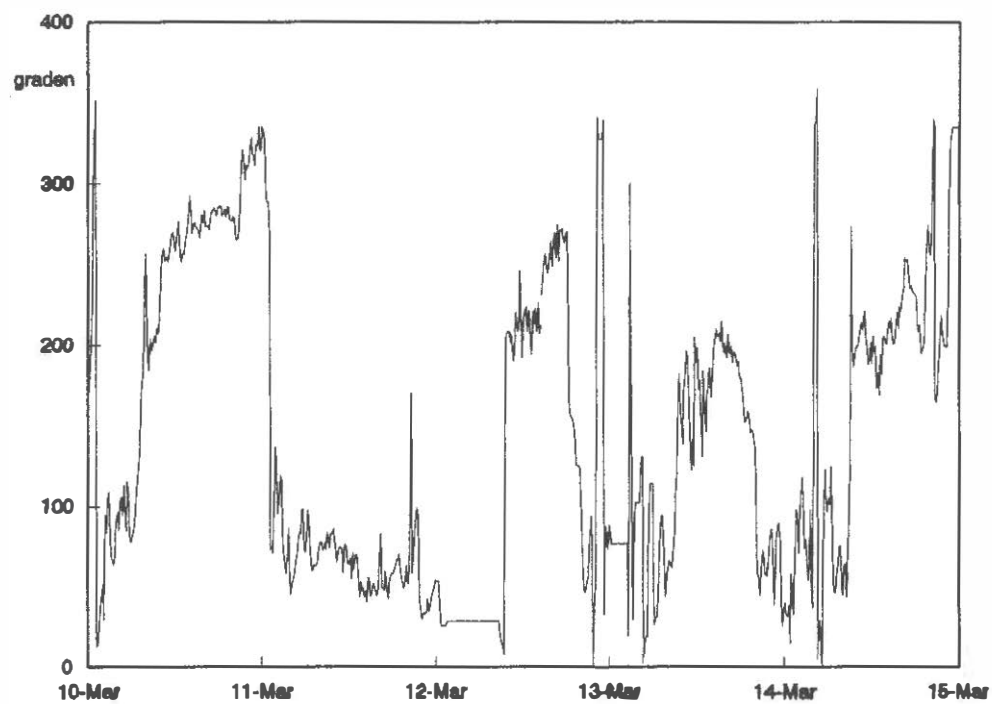
Figuur 6. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte.



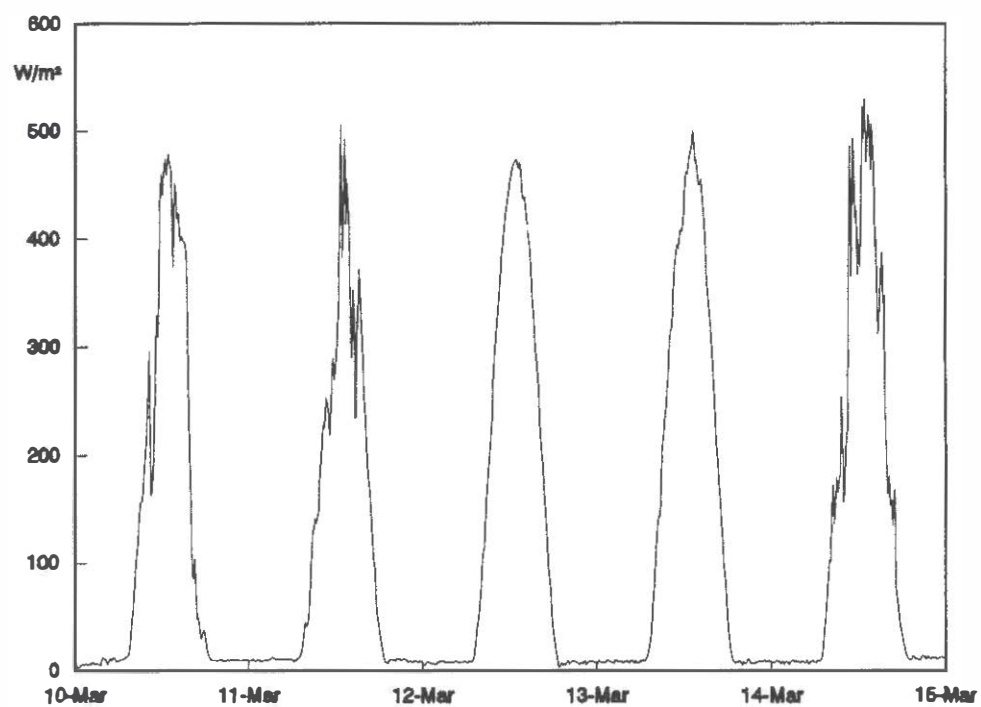
Figuur 7. Luchttemperatuur op 5 cm en 0 cm hoogte; bodemtemperatuur op 5 cm diepte.



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



Figuur 9. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 10. Globale straling.

Bijlage IV Emissiesnelheid per monsterperiode

Bovengronds breedwerpig, dunne rundermest (referentieveld I)

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	165,22	3,10	7,74	4,10
½ - 1½ uur	185,29	10,82	27,04	14,32
1½ - 3 uur	118,41	18,30	45,75	24,22
3 - 6 uur	50,19	23,64	59,08	31,27
6 - 8 uur	12,54	24,97	62,41	33,04
8 - 21 uur	1,11	25,56	63,89	33,82
21 - 46 uur ^a	1,33	26,55	66,37	35,13
46 - 70 uur ^a	1,40	27,31	68,26	36,13
70 - 95 uur ^a	1,75	28,43	71,05	37,61

Bovengronds breedwerpig, dunne rundermest (referentieveld II)

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	166,79	3,47	8,41	4,51
½ - 1½ uur	184,42	10,42	27,63	14,82
1½ - 3 uur	124,04	18,25	46,60	24,99
3 - 6 uur	52,64	23,96	60,40	32,40
6 - 8 uur	17,07	24,52	64,18	34,43
8 - 21 uur	0,93	25,01	65,38	35,07
21 - 46 uur ^a	1,57	26,18	68,19	36,58
46 - 70 uur ^a	0,30	27,34	68,58	36,79
70 - 95 uur ^a	2,18	28,43	71,94	38,59

Bovengronds breedwerpig, verdunde rundermest (I)

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	36,42	0,83	2,45	1,36
½ - 1½ uur	41,65	2,48	7,30	4,05
1½ - 3 uur	19,54	3,70	10,90	6,04
3 - 6 uur	12,25	5,19	15,27	8,47
6 - 9 uur	6,00	5,91	17,37	9,63
9 - 22 uur	0,67	6,28	18,46	10,23
22 - 48 uur ^a	1,50	7,41	21,78	12,08
48 - 71 uur ^a	0,74	7,80	22,94	12,72
71 - 96 uur ^a	1,62	8,37	24,61	13,64

Bovengronds breedwerpig, verdunde rundermest (II)

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	54,13	1,09	3,85	2,13
½ - 1½ uur	28,83	2,25	7,94	4,40
1½ - 3 uur	34,97	4,61	16,26	9,01
3 - 6 uur	12,46	6,05	21,35	11,84
6 - 8 uur	6,96	6,76	23,84	13,22
8 - 21 uur	0,65	6,12	25,11	13,92
21 - 46 uur ^a	0,00	7,12	25,12	13,93
46 - 70 uur ^a	0,18	7,22	25,46	14,12
70 - 95 uur ^a	0,07	7,26	25,61	14,20