

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect op de ammoniakemissie van
aangereden grond en het onderwerken
van een lage en hoge gift dunne
varkensmest op bouwland

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

Meetploegverslag 34506-6200
September 1993

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59
6700 AB Wageningen

Verkrijgbaar bij:
IMAG-DLO
Postbus 43
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
	2.2 Opzet	3
	2.3 Uitvoering	4
3	Resultaten	6
	3.1 Algemeen	6
	3.2 Bodemgesteldheid	6
	3.3 Weersomstandigheden	6
	3.4 Mestsamenstelling	7
	3.5 Ammoniakemissie	7
4	Discussie	9
5	Conclusies	11
	Literatuur	12
	Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode	13
	Bijlage II Schema proefvelden 14 t/m 18 april 1993	16
	Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment	17
	Bijlage IV Emissiesnelheid per monsterperiode	21

1 Inleiding

In opdracht van de begeleidingscommissie voor het intensiveringsonderzoek heeft de veldmeetploeg, die door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is ingesteld, onderzoek verricht naar de ammoniakemissie na bovengrondse, breedwerpig toediening van dunne varkensmest op losgewerkte en aangereden grond en na het onderwerken van een lage en hoge gift dunne varkensmest.

In een eerder onderzoek was de ammoniakemissie na het bovengronds, breedwerpig toedienen van dunne varkensmest op losse grond 84% van de toegevoegde hoeveelheid ammoniumstikstof en op vastgereden grond 98% (Mulder en Hol, 1992). Het verschil viel binnen de foutenmarge van de meting.

Het onderwerken de tweede werkgang gebeurde in het in dit rapport beschreven experiment met een triltandcultivator. In eerdere experimenten lag de emissiereductie bij gebruik van een triltandcultivator op 45-71% (Bode, 1990a; Bode, 1990b; Bode, 1990c; Mulder en Hol, 1992). De mestgiften bij die experimenten lagen tussen 22 en 43 m³/ha. In het in dit rapport beschreven experiment werden mestgiften van 15 en 30 m³/ha ondergewerkt om te onderzoeken of de effectiviteit van het onderwerken afhankelijk is van de mestgift.

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

2 Materiaal en methode

2.1 Inleiding

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

Door gelijktijdig op een aantal velden de ammoniakemissie te meten, kon de emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende dunne varkensmest op aangereden grond en ondergewerkte, dunne varkensmest worden vergeleken met de emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende, dunne varkensmest op losgewerkte grond (referentie).

De ammoniakemissie wordt uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof. Ten opzichte van de referentie is een reductiepercentage berekend.

2.2 Opzet

In week 15 (14 t/m 18 april) van 1993 werd de ammoniakemissie gemeten van in totaal zes proefvelden. Het experiment vond plaats op bouwland op zandgrond van het IMAG-DLO-proefbedrijf 'de Oostwaardhoeve' in Slootdorp. De gebruikte dunne varkensmest was sinds het begin van 1993 in een silo in de buurt van het bedrijf opgeslagen geweest en werd voor het toedienen goed gemengd.

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

Tabel 1. Opzet van het experiment in week 15 1993.

Veld	Toedieningstechniek	Ondergrond	Kenmerken	Mestgift [m ³ /ha]
1-2	Vacuümtank	Aangereden	werkbreedte 8-9 m	30
3-4	Vacuümtank	Losgewerkt	werkbreedte 8-9 m; referentie	30
5	Vacuümtank en tritandcultivator	Losgewerkt	werkbreedte tritand 6 m	30
6	Vacuümtank en tritandcultivator	Losgewerkt	werkbreedte tritand 6 m	15

Een week voor het experiment werd de grond geploegd met een voren pakker. Vervolgens werd de grond van velden 1 en 2 aangereden met een zelfrijdende driewieler mesttank van 13.920 kg. De belasting op het voorwiel bedroeg 3.260 kg. De bandenspanning van de achterbanden bedroeg 1,7 bar en die van de voorband 1,4 bar.

Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden werden voor de proefvelden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten werden ongeveer gelijktijdig gestart, zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen konden worden uitgesloten. Uit voorgaand onderzoek met de massabalansmethode bleek dat de emissiesnelheid direct na het verspreiden van dunne mest hoog is (Pain en Klarenbeek, 1988). Om het verloop van de emissie te meten moeten de monsternameperiodes 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

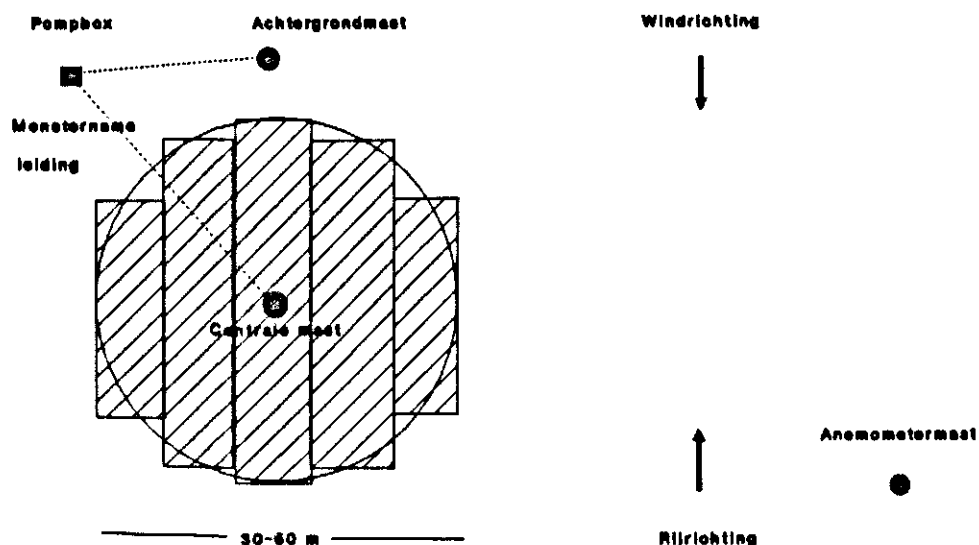
uur na het uitrijden is de emissie van onbehandelde mest nihil (Bussink et al., 1990). De mest werd op de eerste dag 's ochtends uitgereden, waarna de volgende monsternameperiodes werden aangehouden:

Eerste dag: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-24 uur;
 Tweede dag: 24-48 uur;
 Derde dag: 48-72 uur;
 Vierde dag: 72-84 uur.

2.3 Uitvoering

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

Uit deze hoeveelheid en de flow door de wasfles die voor en na een 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 van de mest werden vier 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 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. Gedurende de hele meetperiode werden de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd (hoogte t.o.v. maaiveld):

- windsnelheid op 0,4; 0,6; 1,1; 1,6; 2,6 en 3,6 m;
- windrichting op 3,9 m;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur op 0 cm, 5 cm en 1,5 m;
- bodemtemperatuur op -5 cm;
- luchtvochtigheid op 1,5 m;
- globale straling op 1,5 m.

3 Resultaten

3.1 Algemeen

Op de eerste dag van het experiment (14 april 1993) werden de zes proefvelden tussen 9:05 en 11:50 uur bemest. Omdat alle velden met één vacuümtank moesten worden bemest en de mestsilos een eind van de proefvelden lag, duurde het mesttoedienen langer dan ideaal zou zijn. Omdat de temperatuur tussen 9 en 12 uur 's ochtends opliep en de windsnelheid niet constant was, werd de vergelijking tussen de velden moeilijk. Om de emissie van de referentievelden toch met de emissie van de aangereden velden en de emissie van de bewerkte velden te kunnen vergelijken is voor de volgende volgorde gekozen:

- eerst werd ca. 15 en 30 m³/ha mest, na bovengrondse, breedwerpige toediening, ondergewerkt met een triltandcultivator;
- vervolgens werd in duplo ca. 30 m³/ha mest op de losgewerkte grond uitgereden (referentie);
- ten slotte werd in duplo ca. 30 m³/ha mest op vastgereden grond toegediend.

Door deze opzet werd het tijdsverschil tussen de referentie en de als eerste en als laatste aangelegde velden zo klein mogelijk gehouden, zodat vergelijking enigszins mogelijk was.

In Bijlage III is schematisch de ligging van de proefvelden gegeven. Na het onderwerken van de mest was bij het veld met 30 m³/ha vooral in de sporen meer mest te zien dan bij het veld met 15 m³/ha. De bovengronds, breedwerpig toegevoerde mest op de losgewerkte grond bleef in eerste instantie in de sporen staan. Na ca. 3 uur was het vocht van de mest grotendeels in de bodem getrokken of verdampt. Op het aangereden stuk grond bleef de mest duidelijk langer liggen, maar door de drogende omstandigheden (hoge instraling, droge lucht en redelijk wat wind) verdampte het mestvocht toch nog snel.

3.2 Bodemgesteldheid

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als zand/zavel geklassificeerd (afslibbaarheid 20%). Het bovenste laagje van de grond was droog, maar daaronder vochtig. Het bodemvochtgehalte van de bovenste 5 cm varieerde tussen 15-22%.

3.3 Weersomstandigheden

In de week voor het experiment was het regenachtig. De laatste dagen vlak voor het experiment waren droog en zonnig. Hierdoor was de bovenlaag van de grond vrij droog (stuiven bij wind).

Op de dag van het uitrijden was het drogend weer. Het was zonnig, er stond weinig wind uit noordoostelijke richting en het was heilig. Rond 10 uur nam de wind toe tot ca. 6,5 m/s op 2,6 m hoogte. De maximumtemperatuur op 1,5 m hoogte bedroeg ca. 12°C. De relatieve luchtvochtigheid was overdag ca. 75%. Op de tweede en derde dag waren de weersomstandigheden vrijwel gelijk aan die op de eerste dag, met uitzondering van de windrichting die op de derde dag westelijk werd.

De vierde dag werd het bewolkter en vochtiger (ca. 85% relatieve luchtvochtigheid) dan de eerste drie dagen en viel in de loop van de dag ca. 2,5 mm neerslag. De temperatuur bleef ca. 12°C overdag en ca. 5°C 's nachts.

In bijlage IV staan de Figuren 6 t/m 12, die het verloop van de windsnelheid, de lucht- en bodemtemperaturen, de relatieve luchtvochtigheid, de windrichting, de globale straling en de regenhoeveelheid aangeven.

3.4 Mestsamenstelling

In Tabel 3 staan de gemiddelden van de analyseresultaten van de vier mestmonsters. De resultaten zijn vergeleken met de gemiddelde mestsamenstelling van 436 monsters van dunne varkensmest uit het onderzoek van Hoeksma (1988).

Van de in dit experiment gebruikte dunne varkensmest waren alle gehalten, behalve de pH, hoger dan de waarden uit het onderzoek van Hoeksma. Ze vielen echter wel binnen de spreiding.

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

Grootheid	[eenheid]	Dunne varkensmest	Hoeksma (spreiding)
ammoniumstikstof	[g/kg]	4,4	3,6 (1,3 - 5,5)
totaalstikstof	[g/kg]	7,2	6,5 (2,5 - 10,6)
fosfor	[g/kg]	2,9	1,7 (0,1 - 5,2)
kalium	[g/kg]	6,2	5,6 (2,0 - 9,0)
pH	[-]	7,8	8,0 (7,3 - 8,6)
droge stof	[g/kg]	136	74 (15 - 157)
ruwe as	[% van ds]	29,9	25 (7 - 53)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	1,8	. ^a

^a: geen waarneming.

3.5 Ammoniakemissie

In bijlage IV staat het emissieverloop van elk proefveld per monsterperiode vermeld. In Tabel 4 staan de mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per proefveld. De mestgiften waren op alle velden iets lager dan de geplande hoeveelheid.

Tabel 4. Giften en ammoniakemissie van bovengronds, breedwerpig verspreide en ondergewerkte dunne varkensmest.

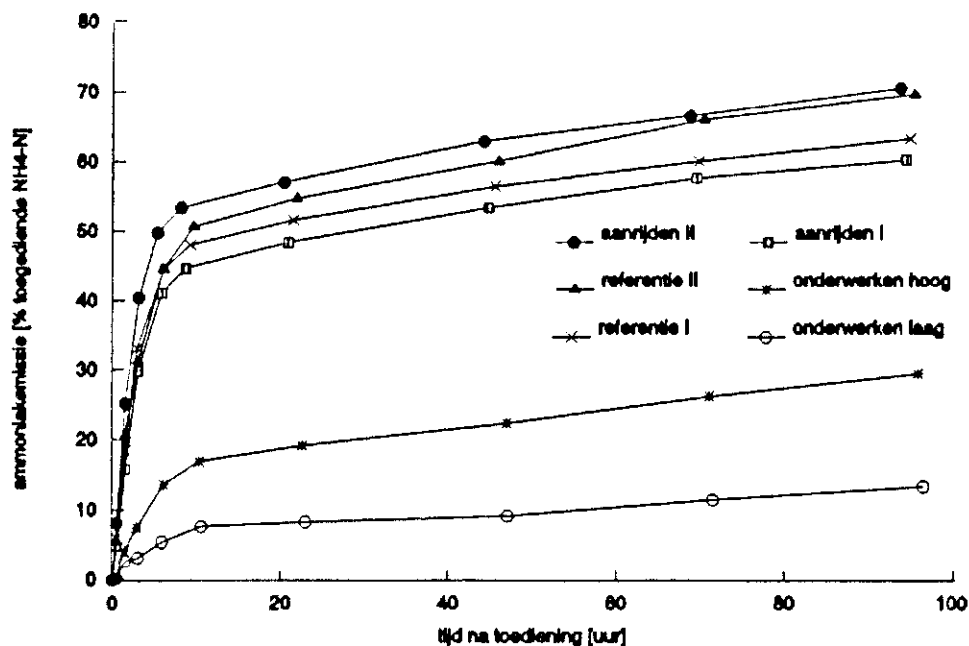
Mesttoediening	Giften			Ammoniakemissie			Reductie
	mest	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N		N-tot	t.o.v. ref.
	[m ³ /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	[%]
Aanrijden I	28,3	123,3	202,4	74,4	60,3	36,8	0
Aanrijden II	27,7	121,0	198,4	85,5	70,7	43,1	0
Referentie I	28,9	126,2	206,9	79,9	63,4	38,6	-
Referentie II	27,3	118,9	195,0	82,8	69,7	42,5	-
Onderwerken hoge gift	28,0	121,2	200,1	36,0	29,5	18,0	56
Onderwerken lage gift	12,1	52,8	86,6	7,1	13,3	8,1	80

De emissie van de bovengronds, breedwerpig toegediende dunne varkensmest op aangereiden grond bedroeg 60-71% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Het verschil tussen de duplo's was 8% van de gemiddelde emissie. De emissie van de bovengronds, breedwerpig toegediende, dunne varkensmest op de losgewerkte grond (referentie) was 63-70% van de toegediende hoeveelheid

ammoniumstikstof. Het verschil tussen de duplo's was 5% van de gemiddelde emissie. Het verschil tussen het toedienen op de losgewerkte en de aangereden grond kon niet worden aangetoond.

Het onderwerken van een evengrote mestgift als bij de referentie (ca. 28 m³/ha) resulteerde in een emissie van 29% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Ten opzichte van de gemiddelde referentie-emissie bedroeg de emissiereductie 56%. Het onderwerken van een lagere mestgift van 12 m³/ha resulteerde in een lagere emissie, namelijk 13% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Ten opzichte van de gemiddelde referentie bedroeg de emissiereductie 80%.

De absolute emissie na het onderwerken van een lage mestgift bedroeg 7 kg/ha en na het onderwerken van een hoge gift 36 kg/ha. Een ruim twee keer zo hoge mestgift had een vijf keer zo hoge emissie tot gevolg. De lage mestgift werd effectiever ondergewerkt dan de hogere gift.

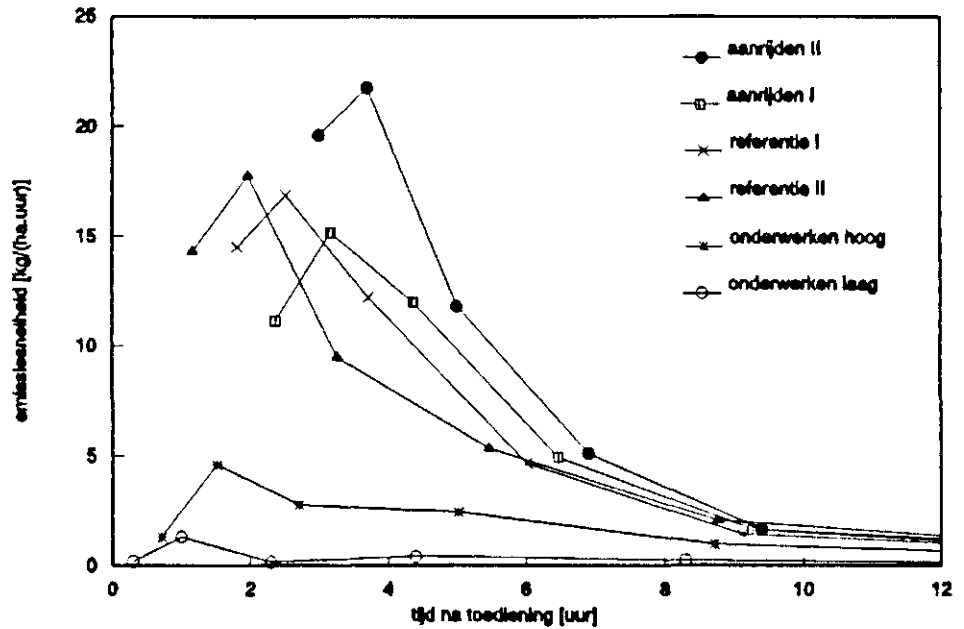


Figuur 2. Cumulatieve ammoniakemissie als functie van de tijd na het bovengronds, breedwerpig toedienen en onderwerken van dunne varkensmest.

In Figuur 2 is het verloop van de cumulatieve emissie in de tijd uitgezet. Alle lijnen in deze figuur laten een stijgend verloop zien, wat erop duidt dat de emissie 96 uur na het toedienen nog doorging. De eigenlijke emissies zouden hoger zijn uitgevallen dan in Tabel 3 en Bijlage IV staat gegeven. In deze figuur is tevens te zien dat de emissieniveaus van bovengronds, breedwerpig toegediende mest op losgewerkte en aangereden grond dicht bij elkaar lagen. De emissieniveaus van ondergewerkte mest waren veel lager. Het bleek dat de emissie van de ondergewerkte mest geleidelijker verliep; na 6 uur was 40-46% van de totale emissie na 96 uur opgetreden, terwijl bij de referentie al 64-70% van de totale emissie had plaatsgevonden.

4 Discussie

In Figuur 3 is de emissiesnelheid in kg/(ha.uur) uitgezet tegen de tijd na bemesting van het eerste veld (onderwerken lage gift) voor de eerste 12 uur. Bij alle objecten was de emissiesnelheid in de eerste periode lager dan in de tweede periode.



Figuur 3. Emissiesnelheid in kg/(ha.uur) na toediening van dunne varkensmest.

De emissie is afhankelijk van o.a. de mestgift, de mestsamenstelling, de bodemcondities en de weersomstandigheden. De mestsamenstelling en de bodemcondities waren gelijk voor alle velden; de mestgift was gelijk voor de velden met een hoge mestgift. Wat betreft de weersomstandigheden bevorderen een hogere temperatuur en windsnelheid de ammoniakemissie (Freny et al., 1983). De temperatuur was tijdens het experiment niet erg hoog, namelijk 9-10°C gedurende de eerste uren na het toedienen van de mest. Door de hoge instraling was de temperatuur aan de grond echter hoger, namelijk 15-17°C. De relatieve luchtvochtigheid was 70% en de windsnelheid was ca. 4 m/s op 2,6 m hoogte. Waarschijnlijk zorgde het drogende weer ervoor dat de waterverdamping uit de mest hoog was. Het gevolg hiervan werd visueel waargenomen: na enkele uren was de mest uitgedroogd. Dit zou verklaren waarom pas na een uur de emissie op gang kwam; door verdamping nam de ammoniumconcentratie in de mest toe met als gevolg een hogere emissie.

Opvallend in Figuur 3 is dat de emissiesnelheid van de twee velden op het aangereiden gedeelte aanzienlijk verschillen. Een goede verklaring is hiervoor niet te geven. Hoewel er een half uur tijdsverschil tussen de metingen zat, waren er geen grote verschillen in temperatuur en windsnelheid. Het enige verschil was dat op het veld "aanrijden I" de bodemvochtigheid lager (16%) was dan op het andere veld ("aanrijden II"; 20%).

Op grond van de literatuur mag worden verwacht dat een verdichte bodem een hogere ammoniakemissies tot gevolg heeft (Döhler, 1990). Dit zou komen doordat de mest op het aangereiden gedeelte langer zou kunnen blijven liggen en dus langer kon emitteren, terwijl de mest op het losgewerkte gedeelte juist makkelijk in de grond zou kunnen dringen en minder de gelegenheid zou kunnen hebben om te emitteren. Uit de resultaten van een eerder onderzoek (Mulder en Hol, 1992) werden hiervoor ook aanwijzingen verkregen. In het in dit rapport beschreven experiment kwam dit echter niet naar voren. Een mogelijke oorzaak voor het niet vinden van een verschil zou kunnen zijn dat door de drogende

omstandigheden het voordeel van de losgewerkte grond - namelijk het snel in de grond trekken - teniet werd gedaan door het snelle uitdrogen en de daardoor verhoogde concentratie in de mest.

De emissiereductie van 56% na het onderwerken van dunne varkensmest (mestgift 28 m³/ha) met een triltandcultivator bleek in overeenstemming met eerder gevonden waarnemingen (4 experimenten 45-71% emissiereductie). Het verschil tussen het onderwerken van een lage en hoge mestgift blijkt duidelijk uit Figuur 2 en 3, hoewel met de interpretatie rekening moet worden gehouden met het feit dat geen duplo's zijn gemeten. De ondergewerkte kleinere hoeveelheid mest emitteerde na 12 uur nauwelijks meer, terwijl de emissie van de hogere gift doorging. De absolute emissie van een ruim twee keer zo hoge mestgift (12 -> 28 m³/ha) was vijf keer zo hoog (7 -> 36 kg NH₄-N/ha). Dit zou erop kunnen wijzen dat in dit experiment het onderwerken van een lagere gift effectiever was dan het onderwerken van een hogere gift.

5 Conclusies

De emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende dunne varkensmest op aangereiden grond in duplo bedroeg 60-71% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende dunne varkensmest op losgewerkte grond in duplo bedroeg 63-70% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Op grond van de onderlinge verschillen tussen de duplo's kon geen verschil tussen aangereiden en losgewerkte grond worden geconstateerd.

De emissiereductie na het onderwerken van de dunne varkensmest (mestgift 28 m³/ha) met een triltandcultivator bleek in overeenstemming met eerder gevonden waarnemingen. De emissie werd ten opzichte van de referentie (mestgift 27-29 m³/ha) met 56% gereduceerd. Het onderwerken van een mestgift van 12 m³/ha (emissie 7 kg/ha; 13%) bleek effectiever dan het onderwerken van een mestgift van 28 m³/ha (emissie 36 kg/ha; 30%).

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.

Döhler, H., 1990, Ammoniakverluste nach der Flüssigmistausbringung - Erfassung und Minderungsmöglichkeiten, Ammoniak in der Umwelt, Gemeinsames symposium. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt-Kranichstein.

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.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; het effect van het onderwerken in een tarwestoppel en het toedienen van dunne varkensmest op aangereiden bouwland, DLO-Meetploegverslag 34506-5800. IMAG-DLO, Wageningen.

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 4a). 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	=	aanstroomb lengte, 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 4b) [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:

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

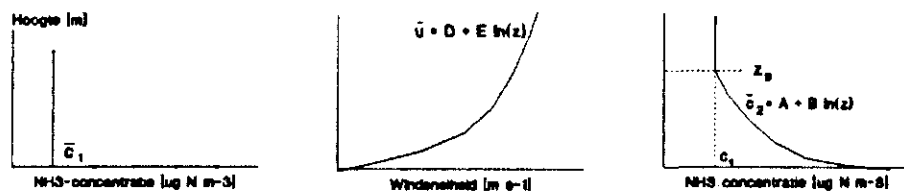
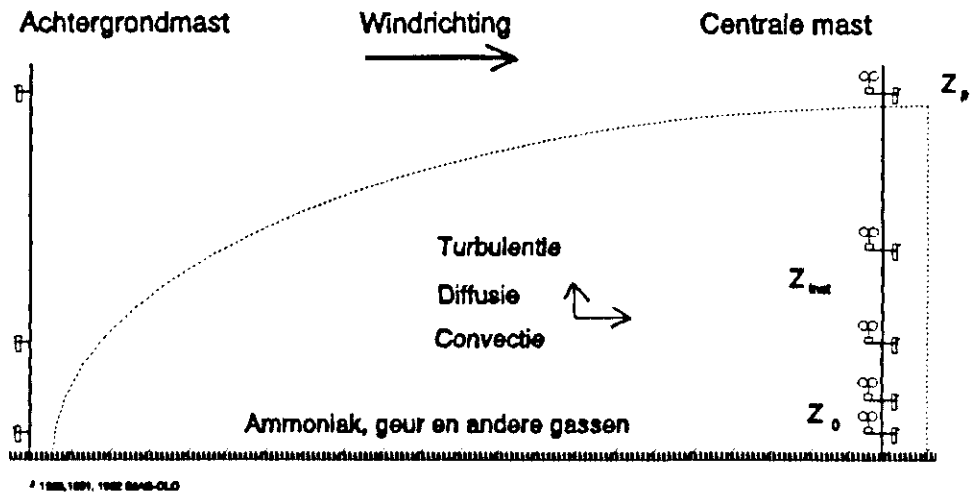
Bij aanwezigheid van ammoniak in de achtergrondlucht moeten zowel boven- als benedenwinds de profielen van de ammoniakconcentratie worden vastgesteld (Figuur 4b). Met deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (zie Figuur 4c). De geïntegreerde horizontale flux over 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 aanstroomb lengte:

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

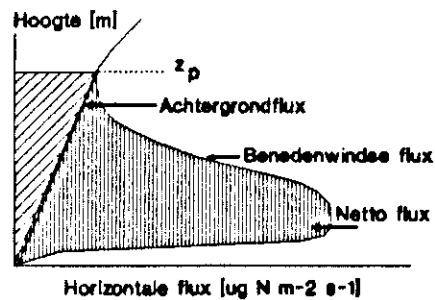
waarin:

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

(a)



(b)



(c)

Figuur 4. 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.

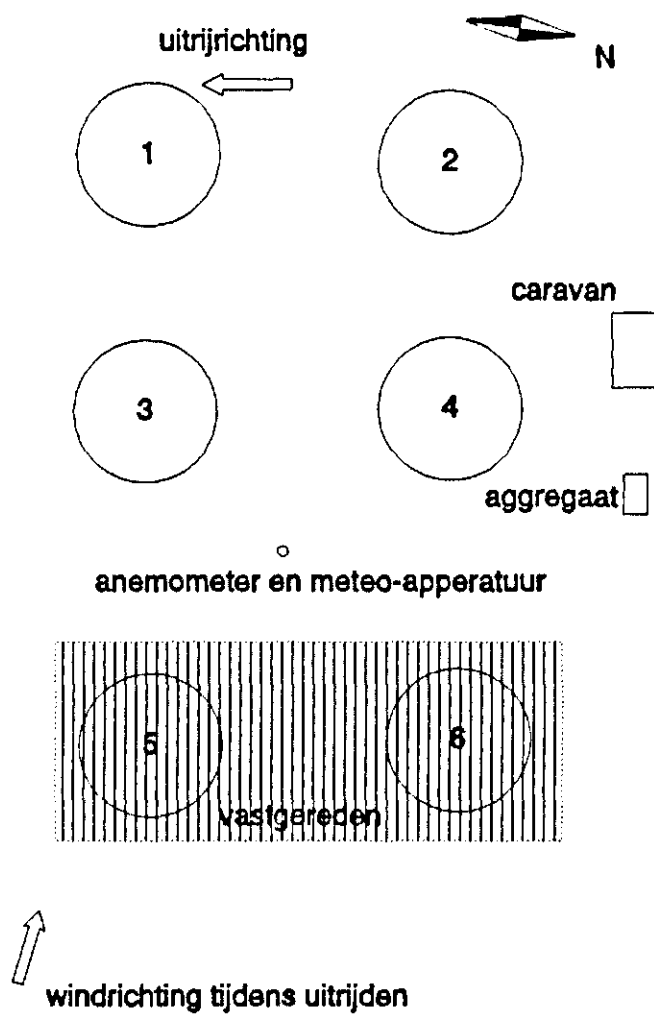
De ammoniakconcentratie in het midden van het veld is gemeten door zo snel mogelijk na het uitrijden (in ieder geval binnen 15 min) een 3,5 meter hoge mast in het midden van het veld te plaatsen (centrale mast). De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn verdeeld. Een monsternamepunt bestaat uit een wasflesje gevuld met met 0,02 M 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 2,5 l min⁻¹. 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

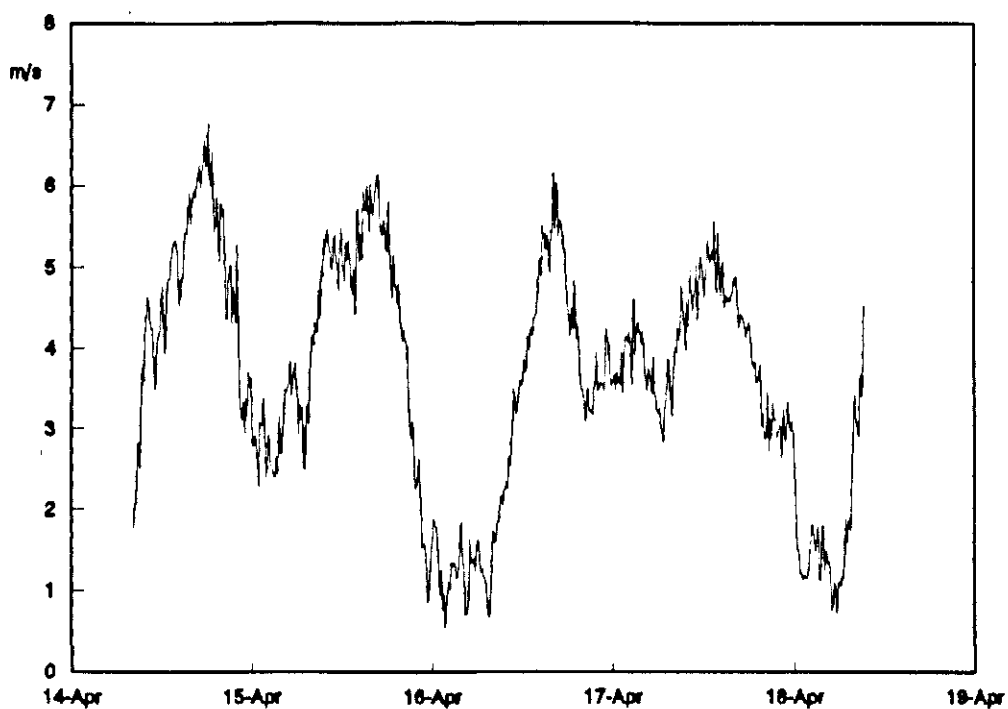
- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en Thurtell, 1978, Ammonia volatilization from sewage sludge in the field, J. Environ. Qual. 7, 141-146.
- Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.
- Denmead, O.T., J.R. 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 14 t/m 18 april 1993

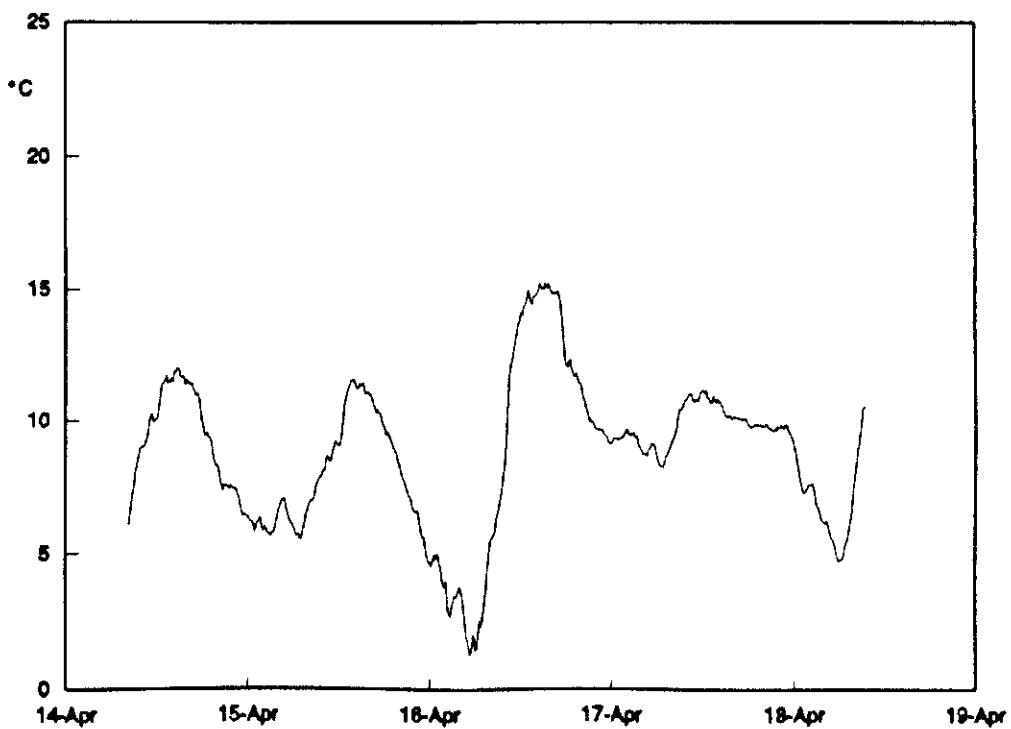


Figuur 5. Schematische voorstelling van de proefvelden: ondergewerkte hoge (1) en lage gift (2); bovengronds, breedwerpig toegediende dunne varkensmest op losse grond (3,4) en op aangereiden grond (5,6).

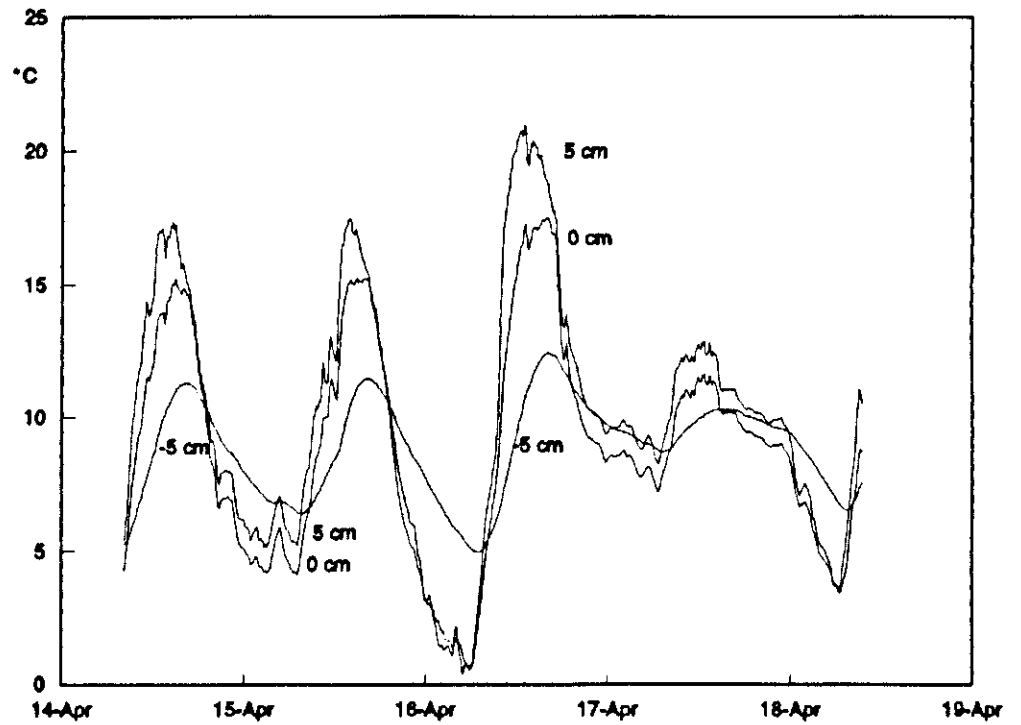
Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment



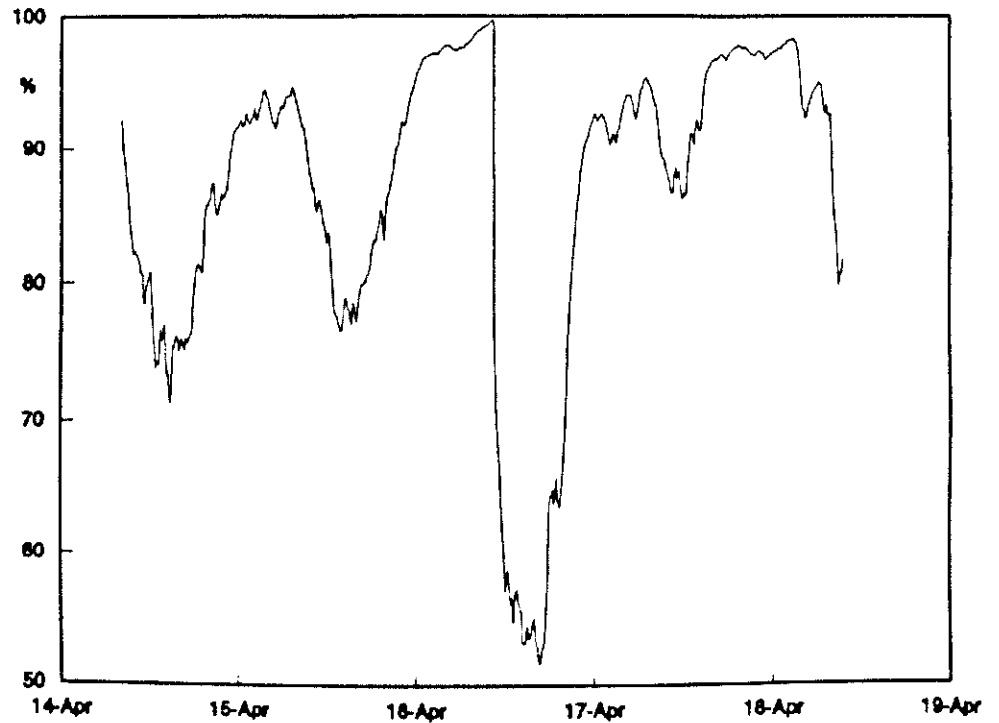
Figuur 6. Windsnelheid op 2,6 m hoogte.



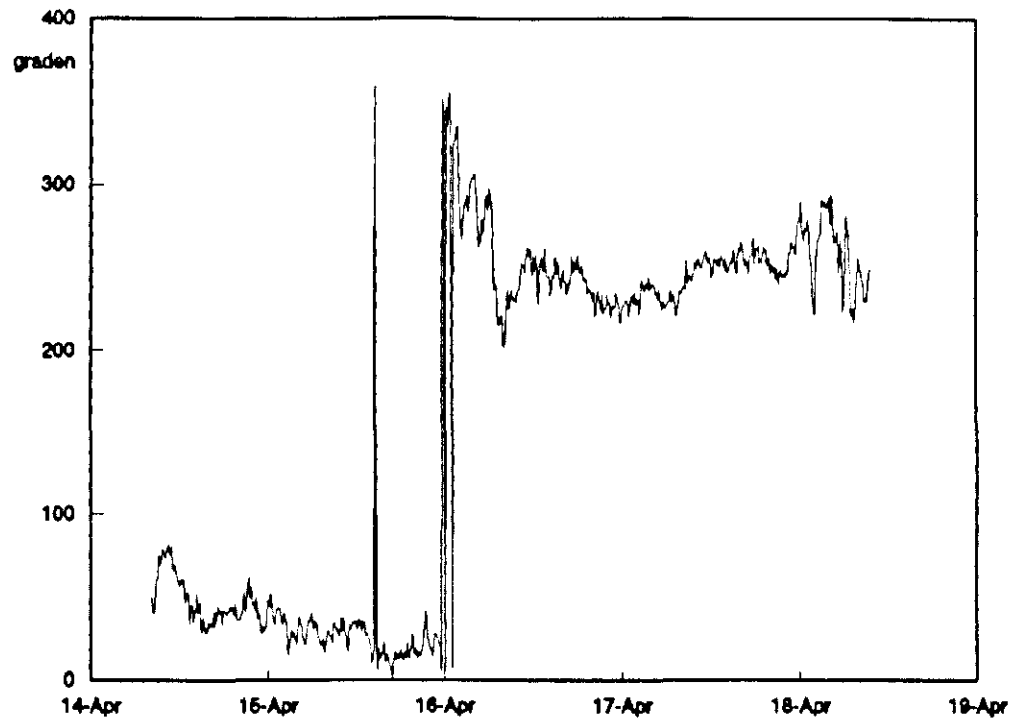
Figuur 7. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte.



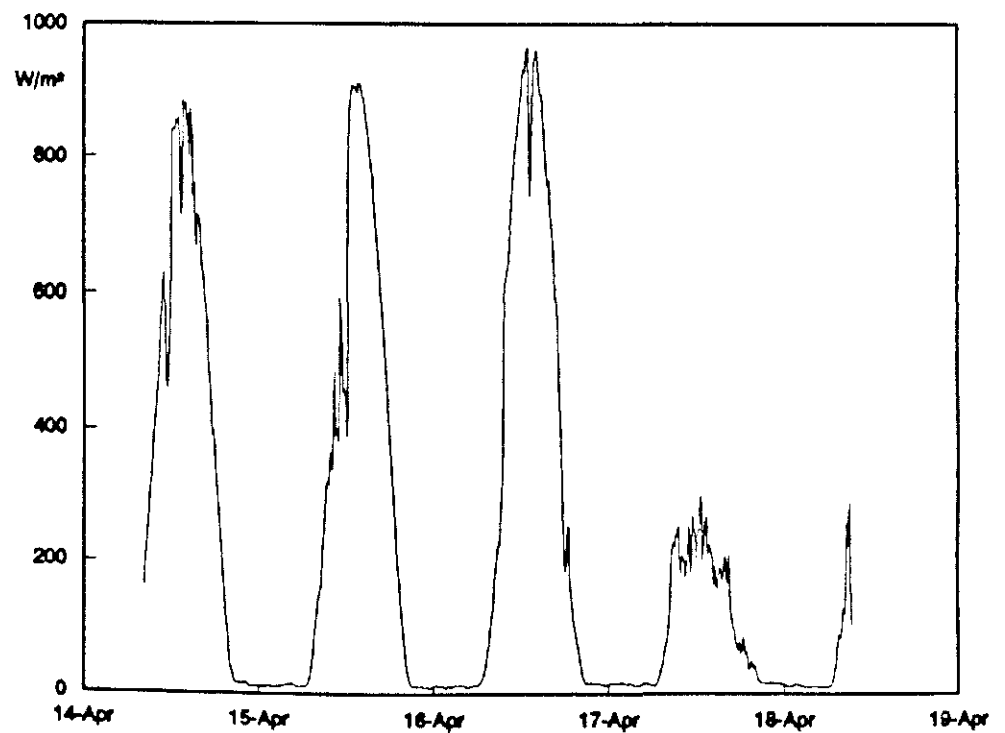
Figuur 8. Luchttemperatuur op 5 cm en 0 cm hoogte; bodemtemperatuur op 5 cm diepte.



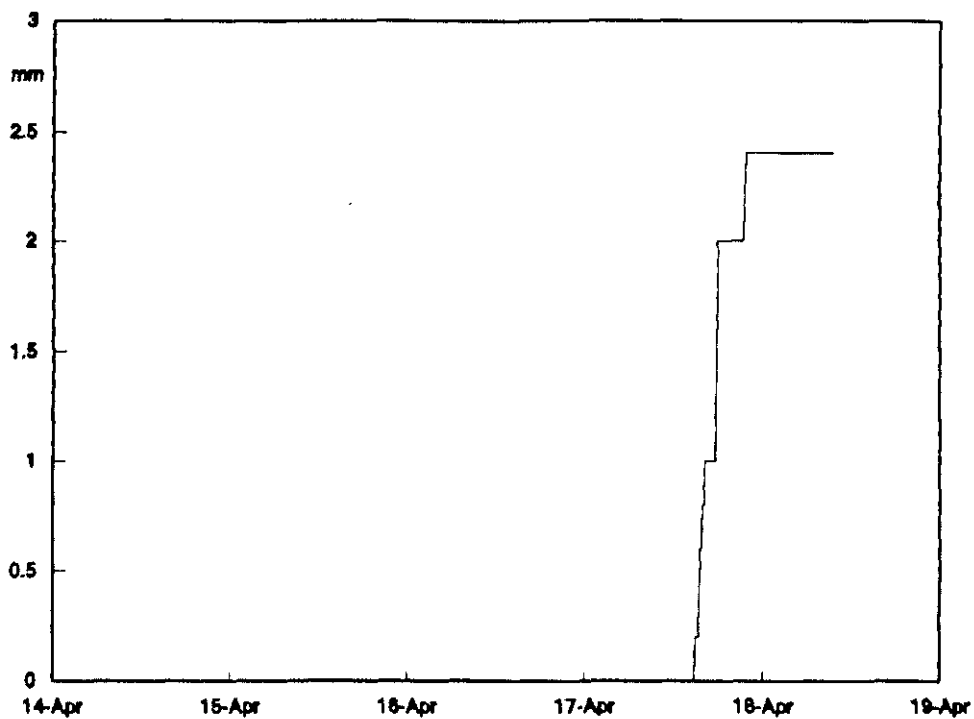
Figuur 9. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.



Figuur 10. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 11. Globale straling.



Figuur 12. Regenhoeveelheid.

Bijlage IV Emissiesnelheid per monsterperiode

Aanrijden I

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	265,50	5,90	4,78	2,91
½ - 1½ uur	363,19	19,52	15,82	9,64
1½ - 3 uur	286,65	36,84	29,85	18,20
3 - 6 uur	117,76	50,66	41,05	25,03
6 - 9 uur	38,37	55,03	44,59	27,19
9 - 21 uur	9,00	59,63	48,32	29,46
21 - 45 uur	6,24	65,85	53,36	32,53
45 - 69 uur	5,17	71,16	57,66	35,16
69 - 94 uur	3,16	74,43	60,31	36,77

Aanrijden II

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	469,88	9,79	8,09	4,93
½ - 1½ uur	521,92	30,45	25,18	15,35
1½ - 3 uur	282,11	48,86	40,40	24,63
3 - 5 uur	122,12	60,14	49,73	30,32
5 - 8 uur	38,70	64,52	53,35	32,53
8 - 20 uur	8,71	68,98	57,03	34,77
20 - 44 uur	7,14	76,08	62,90	38,35
44 - 69 uur	4,34	80,50	66,56	40,58
69 - 94 uur	4,75	85,45	70,65	43,65

Referentie I

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₃ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	350,76	7,55	5,99	3,65
½ - 1½ uur	407,65	23,12	18,33	11,18
1½ - 3 uur	319,24	41,74	33,09	20,18
3 - 6 uur	111,07	56,24	44,59	27,18
6 - 9 uur	33,79	60,54	47,99	29,26
9 - 21 uur	8,83	65,04	51,56	31,44
21 - 46 uur	6,11	71,17	56,42	34,40
46 - 70 uur	4,58	75,78	60,07	36,63
70 - 95 uur	3,95	79,91	63,35	38,62

Referentie II

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₃ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	343,58	6,68	5,62	3,43
½ - 1½ uur	435,09	24,51	20,62	12,57
1½ - 3 uur	200,19	37,16	31,26	19,06
3 - 6 uur	127,66	52,94	44,54	27,15
6 - 10 uur	49,00	60,25	50,69	30,91
10 - 22 uur	9,43	65,09	54,76	33,39
22 - 46 uur	6,28	71,39	60,06	36,62
46 - 70 uur	7,01	78,51	66,04	40,27
70 - 95 uur	4,15	82,84	69,69	42,49

Onderwerpen hoge gift

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	31,20	0,63	0,52	0,31
½ - 1½ uur	111,28	5,03	4,13	2,52
1½ - 3 uur	65,88	9,01	7,39	4,50
3 - 6 uur	57,76	16,64	13,64	8,31
6 - 10 uur	23,22	20,63	16,91	10,31
10 - 23 uur	5,30	23,36	19,15	11,68
23 - 47 uur	3,93	27,30	22,37	13,64
47 - 71 uur	4,62	31,98	26,22	15,98
71 - 96 uur	3,84	35,96	29,48	17,97

Onderwerpen lage gift

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	4,58	0,10	0,19	0,11
½ - 1½ uur	31,73	1,38	2,61	1,59
1½ - 3 uur	3,72	1,60	3,03	1,85
3 - 6 uur	9,86	2,82	5,35	3,26
6 - 11 uur	6,13	4,03	7,63	4,65
11 - 23 uur	0,63	4,35	8,24	5,02
23 - 47 uur	0,46	4,81	9,10	5,55
47 - 71 uur	2,21	6,03	11,42	6,97
71 - 96 uur	0,98	7,05	13,34	8,13