

50

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

50

Dunne varkensmest in mais

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

dlo



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Dunne varkensmest in mais

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

Meetploeg verslag 34506-5300
Oktober 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.

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59
6700 AB Wageningen

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

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Methode	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Opzet	3
2.3	Uitvoering	4
3	Resultaten	6
3.1	Inleiding	6
3.2	Bodem- en gewasgesteldheid	6
3.3	Weersomstandigheden	6
3.4	Mestsamenstelling	7
3.5	Ammoniakemissie	7
4	Discussie	9
5	Samenvatting en conclusies	10
	Literatuur	11
Bijlage I	Micrometeorologische massabalansmethode	12
Bijlage II	Schema proefvelden 10 t/m 14 juni 1992	15
Bijlage III	Weersomstandigheden tijdens het experiment	16
Bijlage IV	Emissiesnelheid per meetmethode	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 het toedienen en onderwerken van dunne varkensmest in mais in het voorjaar.

De mestregelgeving laat een steeds kortere periode van het jaar toe, waarin dierlijke mest mag worden toegediend. Langzamerhand vindt een verschuiving plaats van najaars- naar voorjaarsbemesting.

Een mogelijkheid om in het voorjaar mest op bouwland toe te dienen is bemesting in een gewas. De toedieningsmachines moeten in rijen kunnen werken en zo licht mogelijk zijn om structuurbederf en insporing te voorkomen. Op dit moment wordt apparatuur ontwikkeld waarmee de mest met behulp van een slangenhaspel bij de toedieningsmachine wordt gebracht. In deze proef is nog gebruik gemaakt van een tank waarachter de toedieningsmachine was bevestigd.

Voor bouwland geldt dat de mest direct na het bovengronds breedwerpig verspreiden van mest moet worden ondergewerkt. In een gewas zou dit betekenen dat na het toedienen van mest met een sleepslangenmachine, ondergewerkt zou moeten worden. Omdat de het onderwerken in een gewas slechts kan worden uitgevoerd met een beperkt aantal ondiep werkende werktuigen, bestond het onderwerken in dit experiment uit een bewerking met een onkruideg, schoffel en rijenfrees. Deze bewerking was dan tegelijkertijd een onkruidbestrijding.

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

2 Methode

2.1 Inleiding

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

Met deze meetmethode kan onder praktijkomstandigheden de ammoniakemissie van proefvelden met verschillende soorten onderwerktechnieken worden vergeleken met de emissie van bovengronds, breedwerpig uitgereden mest op bouwland. Ten opzichte van het laatstgenoemde veld - het zogenaamde referentieveld - wordt een reductiepercentage berekend. De ammoniakemissie wordt uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof.

2.2 Opzet

Het experiment vond plaats op bouwland van het IMAG-DLO-proefbedrijf 'de Oostwaardhoeve' in Slootdorp. De gebruikte mest was afkomstig uit een mestsilo, die was gevuld met dunne mest van een vleesvarkensbedrijf. Het was de bedoeling om het referentieveld op braakliggend terrein aan te leggen. Vanwege ruimtegebrek en omdat de hoogte en bezettingsgraad van de mais op het perceel erg laag waren, is het referentieveld echter aangelegd op een gedeelte waar vrijwel geen mais stond. In totaal is op vier proefvelden in mais bemest. Bij de toediening is uitgegaan van mestgiften 15 m³/ha. In Tabel 1 staan de gebruikte toedieningsmachines en onderwerkmethoden gegeven.

Tabel 1. Overzicht van de gebruikte toedienings- en onderwerk machines.

Veld	Toedieningstechniek	Begroeiing	Kenmerken
1	bovengronds breedwerpig met vacuumentank	mais	werkbreedte ca. 8,5 m; referentie; vrijwel geen gewas.
2	sleepslangenmachine gevolgd door onkruiddeg	mais	werkbreedte sleepslangenmachine 12 m; werkbreedte onkruiddeg 6 m.
3	sleepslangemachine gevolgd door schoffel	mais	werkbreedte schoffel 6 m
4	sleepslangenmachine gevolgd door rijenfrees	mais	werkbreedte frees 4 m

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

Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat de emissie direct na het verspreiden van de mest hoog is (Pain en Klarenbeek, 1988). In het algemeen treedt 40-50% van de totale emissie in de eerste 6 uur op (Jarvis en Pain, 1990) en vindt 80-90% van

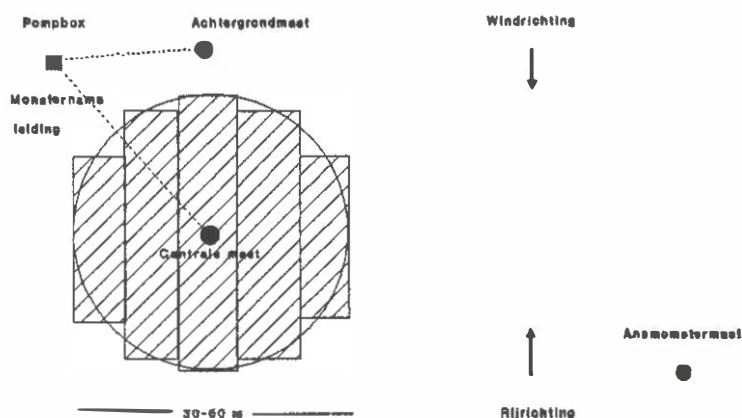
de totale emissie binnen de eerste 48 uur plaats (Döhler, 1991). Eerdere experimenten hebben uitgewezen dat 96 uur na het uitrijden de emissie nihil is (Bussink et al., 1990). Om het verloop van de emissie te meten moeten de monsternameperiodes direct na de mesttoediening kort zijn. Hierna neemt de emissiesnelheid snel af en kan op langere monsterperiodes worden overgegaan. Vaak is de tweede dag nog het verschil tussen de emissie overdag en 's nachts te zien. De volgende monsternameperiodes zijn gekozen:

Eerste dag:	0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-zonsopkomst;
Tweede dag:	zonsopkomst-36 uur, 36-48 uur;
Derde dag:	48-72 uur;
Vierde dag:	72-96 uur.

2.3 Uitvoering

In Figuur 1 staat een cirkelvormig proefveld schematisch gegeven. In deze figuur staan ook de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast. Als de helft van het proefveld is uitgereden en evt. ondergewerkt, wordt de centrale mast geplaatst en de meting gestart. Met deze mast wordt de ammoniakconcentratie bepaald in de lucht die over een afstand met de lengte van de straal van het veld gaat. Met de achtergrondmast, die bovenwinds van de centrale mast staat, wordt de achtergrondconcentratie gemeten. In de masten zijn op verschillende hoogten gaswasflessen met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp wordt lucht door de flessen gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur achterblijft. In het laboratorium van het IMAG-DLO wordt 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 fles die aan het begin en aan het eind van een monsternameperiode wordt gemeten, wordt de ammoniakconcentratie in de lucht bepaald. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentraties wordt vervolgens de hoeveelheid ammoniak berekend, die uit de mest is vervluchtigd.



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

Voor de start van het experiment zijn per proefveld ca. 30 bodemmonsters van de bovenste 5 cm gestoken. Door deze monsters minstens 24 uur bij 105°C te drogen, is op gewichtsbasis het vochtgehalte van de bodem bepaald. De mest die is verspreid is voor het uitrijden in vijfvoud bemonsterd. De mestmonsters zijn geanalyseerd op gehalten aan ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

Gedurende de hele meetperiode zijn de volgende meteorologische gegevens

continu geregistreerd (hoogte t.o.v. maaiveld):

- windsnelheid op 0,3; 0,4; 0,9; 1,4; 2,4 en 3,7 m hoogte;
- windrichting op 3,9 m hoogte;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur aan de grond, op 5 cm en op 1,5 m hoogte;
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte;
- globale straling op 1,5 m hoogte.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Het experiment is uitgevoerd van 10 tot en met 14 juni 1992. Op 10 juni zijn de vier velden tussen 8:45 en 10:45 uur bemest. In bijlage II is schematisch de ligging van de proefvelden ten opzichte van elkaar gegeven. De met de sleepslangemachine bemeste velden waren, vanwege de grotere werkbreedte, vierkant en hadden gemiddeld een groter oppervlak dan 0,15 ha, namelijk 0,22 ha.

Het uitrijden met de vacuümtank vond plaats tegen de heersende oostelijke windrichting in om een zo goed mogelijke verdeling van de mest te krijgen. De mest bleef aan de mais kleven en bleef in de sporen staan. Na 2-3 uur was de mest in de sporen opgedroogd.

Na het toedienen met de sleepslangemachine en het bewerken met de onkruideg bleek dat de mest (in de rijsporen) tussen de rijen niet goed was ondergewerkt en als smalle stroken zichtbaar was. De grond werd goed tegen de maisplanten aangeduwd met als gevolg dat de mest tussen de maisplanten wel goed onder de grond lag. De bewerking met de schoffel zorgde ervoor dat de mest (in de rijsporen) tussen de rijen goed was ondergewerkt. Tussen en langs de maisplanten was af en toe mest zichtbaar. Het resultaat na bewerken met de rijenfrees was hetzelfde als na het onderwerken met de schoffelmachine, afgezien van het feit dat overal tussen en langs de maisplanten mest zichtbaar bleef.

3.2 Bodem- en gewasgesteldheid

De grondsoort (8% afslibbaar) waarop de proefvelden lagen, wordt als kleiige zandgrond geklassificeerd (Kuipers, 1956). In het voorgaande jaar waren op het perceel suikerbieten geteeld en na de oogst is de grond met een cultivator bewerkt. Tien weken voor het experiment is op het perceel een ander experiment door de veldmeetploeg uitgevoerd, waarbij op vijf velden 25-30 m³/ha mest is verspreid. Het met de rijenfrees bewerkte veld lag op het zwaarste gedeelte van het perceel.

Met name door de hevige regenval gedurende twee nachten voor de start van het experiment was de bodem vochtig tot nat. Het bodemvochtgehalte van het referentieveld en de met de onkruideg en frees ondergewerkte velden, bedroeg 14-16%. Het veld waar de mest met de schoffelmachine was ondergewerkt was natter dan de rest. Het vochtgehalte was daar 22%.

De hoogte van de maisplanten was niet gelijk op alle velden. Op het veld waar de mest met de schoffel was bewerkt waren de planten langer (33 cm) dan op de andere bewerkte velden (26 cm). Op het referentieveld waren de planten korter (16 cm) dan op de andere velden (26-33 cm). Op sommige stukken stonden geen maisplanten.

3.3 Weersomstandigheden

In bijlage III staan in de Figuren 5 t/m 10, het verloop van de windsnelheid op 2,4 m hoogte, de temperatuur op 1,5 m, 5 cm en aan de grond, de relatieve luchtvochtigheid, de windrichting, de globale straling en de regenhoeveelheid. Omdat de stralingsmeter niet geijkt was, staat er geen schaalverdeling langs de y-as van Figuur 9. Het verloop van de globale straling kan derhalve slechts worden gebruikt als indicatie is voor de bewolkingsgraad.

Op de dag van het uitrijden was het zonnig, warm en droog. De maximumtemperatuur was ca. 25°C en de relatieve luchtvochtigheid 60%. De wind was matig (5-7 m/s op 2,4 m hoogte) uit het oosten. 's Nachts daalde de temperatuur

naar 10°C en steeg de relatieve luchtvochtigheid naar 80%. De wind nam gedurende de nacht af tot 4-5 m/s. De tweede dag en nacht was het weer, afgezien van iets meer bewolking, hetzelfde als de eerste dag.

Hierna werd nam de dunne bewolking verder toe en werd het overdag warmer. De maximumtemperatuur was 25-30°C en de minimumtemperatuur 10°C. De relatieve luchtvochtigheid was overdag ca. 50% en liep 's nachts op tot 100%. De windsnelheid was overdag 3-4 m/s en daalde gedurende de nacht naar 1-2 m/s. De windrichting was noord. De rest van de meetperiode bleef het weer hetzelfde. In de laatste nacht viel 0,2 mm regen.

3.4 Mestsamenstelling

In Tabel 2 staan de gemiddelde analyseresultaten van vijf monsters van de gebruikte mest in vergelijking met de gemiddelde samenstelling van dunne varkensmest (Hoeksma, 1988).

Tabel 2. Gemiddelde samenstelling van de in dit experiment gebruikte dunne varkensmest in vergelijking met de gemiddelde waarden uit Hoeksma (1988).

Grootheid	[eenheid]	Dunne varkensmest	Gemiddeld (spreiding)
ammoniumstikstof	[g/kg]	4,4	3,6 (1,3 - 5,5)
totaalstikstof	[g/kg]	6,4	6,5 (2,5 - 10,6)
fosfor	[g/kg]	1,7	1,7 (0,1 - 5,2)
kalium	[g/kg]	6,1	5,6 (2,0 - 9,0)
pH	[-]	7,9	8,0 (7,3 - 8,6)
droge stof	[g/kg]	77,5	74 (15 - 157)
ruwe as	[% van ds]	34,0	25 (7 - 53)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	3,4	-*

* geen waarneming.

In vergelijking met gemiddelde waarden blijkt dat de samenstelling van de gebruikte dunne varkensmest, met uitzondering van het ammoniumstikstofgehalte en het gehalte ruwe as, goed overeenkomt met de gemiddelde mestsamenstelling van dunne varkensmest. Het ammoniumstikstofgehalte en het ruwe-asgehalte waren hoger dan gemiddeld, maar vielen wel binnen de opgegeven spreiding van de gemiddelde mest. Van het gehalte aan totaalstikstof in de gebruikte mest was 69% als ammoniumstikstof aanwezig.

3.5 Ammoniakemissie

In bijlage IV staat het emissieverloop van elk proefveld per meetperiode gegeven. In Tabel 3 staan gemiddelde mest- en stikstofgiften, alsmede de totale ammoniakemissie per toedienings- en onderwerktechniek vermeld.

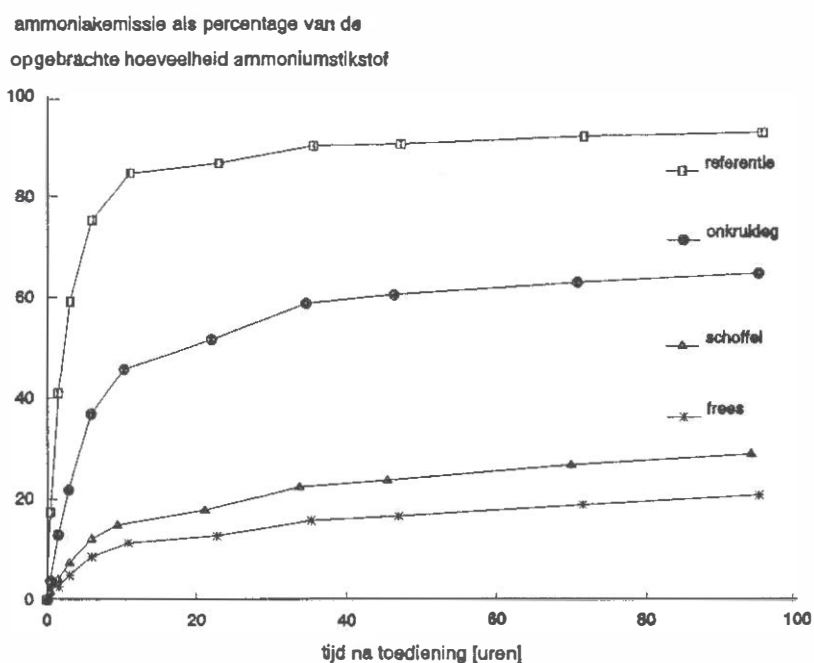
Op alle velden, behalve het referentieveld, was meer mest toegediend dan de beoogde gift van 15 m³/ha. Hierdoor werd 10 tot 20% meer stikstof op het land gebracht.

Tabel 3. Gemiddelde giften en ammoniakemissie van bovengronds breedwerpig verspreide niet ondergewerkte en ondergewerkte dunne varkensmest in mais.

Onderwerktechniek	Giften			Ammoniakemissie			Reductie
	mest	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N		N-tot	tov referentie
	[m ³ /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	[%]
Referentie	15,3	66,9	98,4	62,1	92,7	63,1	-
Onkruiddeg	16,5	72,1	106,1	46,8	64,9	44,1	30
Schoffel	17,3	75,6	111,2	21,9	28,9	28,9	69
Rijenfrees	18,2	79,5	117,0	16,5	20,8	14,1	78

De totale emissie van het referentieveld bedroeg 93% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Door het toedienen van de mest met de sleepslangenmachine gevolgd door een bewerking met de onkruiddeg werd de emissie verminderd tot 65% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissiereductie ten opzichte van het referentieveld bedroeg 30%. De bewerking met de schoffel na het bemesten met de sleepslangenmachine resulteerde in een verdere verlaging van de emissie: deze emissie bedroeg 29% van de toegediende ammoniumstikstof en werd derhalve met 69% gereduceerd ten opzichte van de referentie. Na de mesttoediening door de sleepslangenmachine en bewerking met de frees was de ammoniakemissie 21% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissie werd met 78% verminderd ten opzichte van de referentie.

In Figuur 2 wordt het verloop van de emissie gegeven. In deze figuur en Bijlage IV is te zien dat de emissiesnelheid van het referentieveld meteen na het toedienen het hoogst was. Tijdens ongeveer 0-10 uur na toediening was 91% van de totale emissie opgetreden; na 48 uur was dit 93%. Van de totale emissie van het met de onkruiddeg bewerkte veld had na de eerste 10 uur 71% en na 48 uur 93% van de totale emissie plaatsgevonden. De emissies van de met de rijenfrees en schoffelmachine ondergewerkte mest verliepen geleidelijker dan de eerder genoemde velden. Na de eerste 10 uur was ca. 50% en na 48 uur ca. 80% van de totale emissie opgetreden.



Figuur 2. Emissieverloop in de tijd.

4 Discussie

In vorige experimenten, waarbij de emissie van mest, toegediend en ondergewerkt in een gewas werd vergeleken met de emissie van mest die uitgereden was op onbeteeld bouwland (Hol, 1991a; Hol, 1991b; Mulder en Hol, 1992), was het referentieveld op kaal bouwland gesitueerd. In het in dit verslag beschreven experiment werd het referentieveld in het gewas aangelegd, omdat er ruimtegebrek was. Ook was de hoogte en bezettingsgraad van de mais erg laag: de planten waren laag en stonden ver van elkaar, zodat het gewas de grond niet afdekte. In eerdere proeven werd ook altijd een veld aangelegd waar de mest na de sleepslangenmachine niet werd ondergewerkt. Dit werd gedaan om het effect van sleepslangenmachine tussen een gewas ten opzichte van de vacuumentank op onbeteeld land te bepalen. Het in strookjes leggen van de mest (verkleining van het emitterende oppervlak) en het afschermen van de mest door het gewas kunnen de emissie reduceren. In de vorige experimenten (Hol, 1991a; Hol, 1991b) was echter gebleken dat bij een grotere bezettingsgraad en gewaslengthe de emissiereductie 12-52% bedroeg. In het in dit verslag beschreven experiment was de mais zo kort en was de bezettingsgraad zo laag dat (vrijwel) geen afscherming van de mest door de mais plaats vond. Hierom en vanwege het eerder genoemde ruimtegebrek werd in het in dit verslag beschreven experiment geen veld aangelegd waarop de mest met de sleepslangenmachine werd toegediend zonder onder te werken.

De emissie van het referentieveld was hoog, namelijk 93% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Waarschijnlijk werd de emissie door het ten opzichte van de gemiddelde mest hoge(re) ammoniumstikstofgehalte, alsmede de hoge temperaturen en windsnelheden gedurende de eerste dag versterkt (Jarvis en Pain, 1990; Freney et al., 1983). De mest bleef kleven aan de mais die op het referentieveld stond, waardoor de emissie kan zijn bevorderd.

Het onderwerken met de onkruideg ging minder goed dan met de schoffel of frees. De grond werd weliswaar goed tegen de maisplanten aangeduwd, zodat de mest daar goed onder de grond lag, maar tussen de rijen maisplanten, met name in de sporen, werd de mest niet goed ondergewerkt en was de mest zichtbaar. De emissiereductie bleek dan ook lager te zijn dan van de mest die was ondergewerkt met de schoffel of de frees.

De emissies van de met de schoffel en met de frees ondergewerkte mest lagen vrij dicht bij elkaar (resp. 29% en 21% emissie). Door de schoffel en de frees werd de mest tussen de rijen met maisplanten goed ondergewerkt. De mest vlakbij en tussen de maisplanten werd echter niet goed met grond bedekt. Als de schoffelmachine niet uitgerust zou zijn geweest met kappen, dan zou de grond in een rug tegen de mais zijn aangeduwd en de mest ook tussen de maisplanten goed zijn ondergewerkt. Bij de frees zou een bewerking met een aanaarder dit probleem kunnen verhelpen. In een eerder experiment, waarbij dunne varkensmest op gepoot aardappelland met een frees werd ondergewerkt, was de emissiereductie 95% (Mulder en Hol, 1992). De mest werd goed ondergewerkt, vanwege een intensievere menging. Het nadeel hiervan was dat het onderwerken erg langzaam ging, zodat de mest lange tijd bovengronds bleef emitteren.

5 Samenvatting en conclusies

In het in dit rapport beschreven experiment is de emissie na het toedienen en onderwerken van mest in mais vergeleken met de emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende dunne varkensmest op schaars met mais begroeid bouwland op kleiige zandgrond (referentie). De mest werd toegediend met de sleepslangenmachine en ondergewerkt met resp. een onkruiddeg, schoffelmachine en frees. De bezettingsgraad van de mais was laag, waardoor afdekking van de mest door het gewas niet plaatsvond.

Gedurende de meetperiode van 10 tot en met 14 juni 1992 was het onbewolkt en warm en was er veel wind met name de eerste twee dagen en nachten.

De emissie van het referentieveld bedroeg 93% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Na toediening met de sleepslangenmachine, gevolgd door bewerking met de onkruiddeg, was de emissie 65% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof en werd de emissie ten opzichte van het referentieveld met 30% gereduceerd. De onkruiddeg werkte met name in de sporen tussen de rijen maisplanten de mest niet goed onder. Het onderwerken met de schoffel en frees ging beter dan met de onkruiddeg en resulteerde in een emissie van resp. 29% en 21% van de toegediende ammoniumstikstof. Ten opzichte van de referentie werd de emissie dus met resp. 69% en 78% gereduceerd.

Literatuur

- Amberger, A., 1991, Ammonia emissions during and after land spreading of slurry, in: Nielsen, V.C., J.H. Voorburg en P. L'Hermite, Odour and ammonia emissions from livestock farming.
- Bode, M.J.C. de, 1990a, Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmesttoewending; Het effect van een bouwlandinjecteur, IMAG-DLO-Meetploegverslag 34506-1400b. IMAG-DLO, Wageningen.
- Bussink, D.W., J.V. Klarenbeek, J.F.M. Huijsmans en M. Bruins, 1990, Ammoniakemissie bij verschillende toedieningsmethoden van dunne mest aan grasland, rapport A 89.086, NMI, 's Gravenhage.
- Denmead, O.T., J.R. Freney en J.R. Simpson, 1982. Dynamics of ammonia volatilization during furrow irrigation of maize, Soil Sci. Soc. Am. J. 46, 149-155.
- 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, 1982. Volatilization of ammonia, in: Freney, J.R. en J.R. Simpson (eds), Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems. Martinus Nijhoff/DR. W. Junk Publishers, Den Haag.
- Hoeksma, P., 1988, De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet, IMAG, Wageningen.
- Jarvis, S.C. en B.F. Pain, 1990. Ammonia volatilisation from agricultural land, Proceedings No. 298, The Fertilizer Society, London.
- Kuipers, S.F., 1956, Bodemkunde. Educaboek, Culemborg.
- Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: dunne varkensmest op gepoot aardappelland, IMAG-DLO-Meetploegverslag 34506-5100. IMAG-DLO, 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.
- Thompson, R.B., B.F. Pain en Y.J. Rees, 1990. Ammonia volatilization from cattle slurry following surface application to grassland, Plant and Soil 125, 119-128.

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	=	aanstroomlengte, 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];
$\bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z)$	=	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:

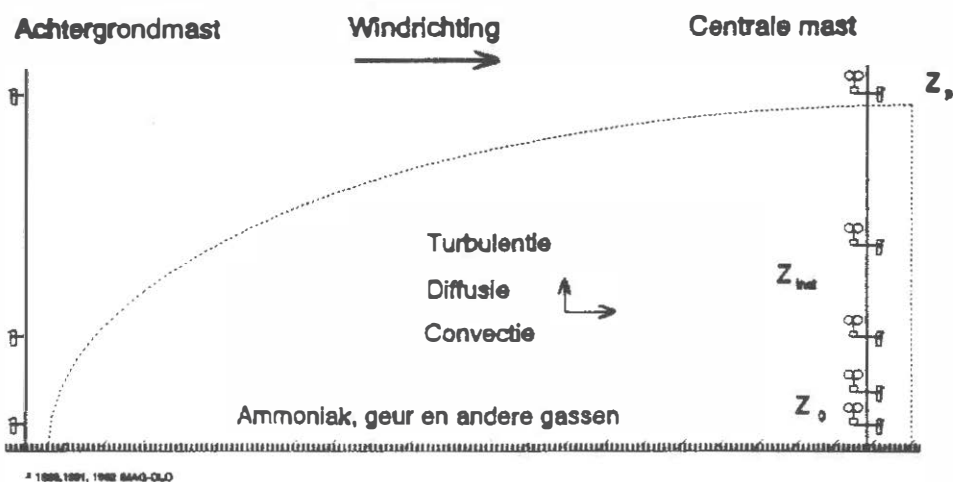
$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (2)$$

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 aanstroomlengte:

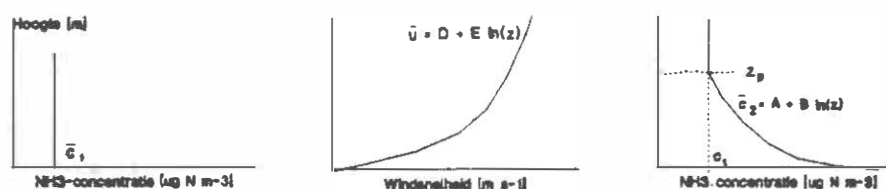
$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

waarin:

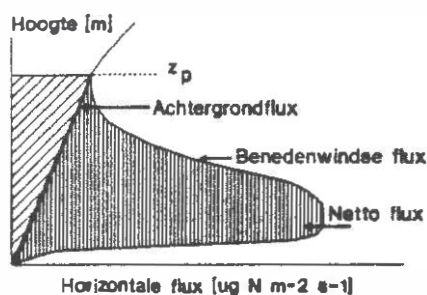
F_N	=	nettoflux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
$\bar{c}_1(z)$	=	de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}];
$\bar{c}_2(z)$	=	de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}].



(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.

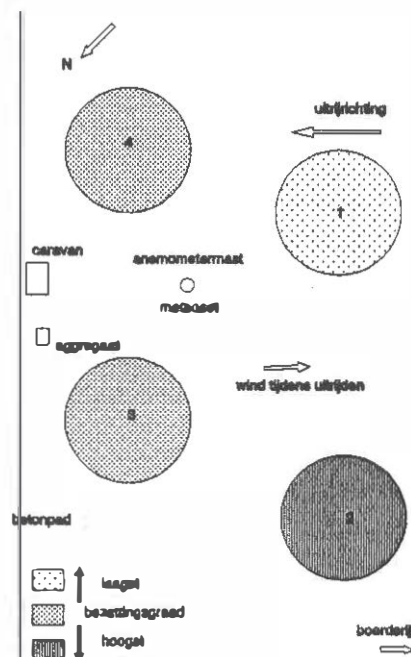
Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.

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.

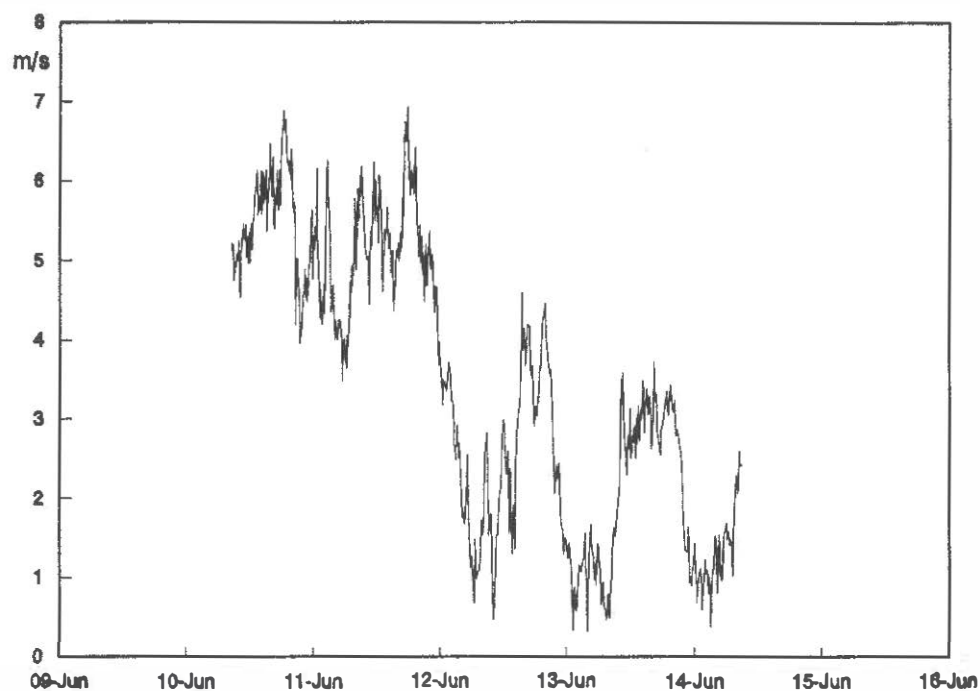
Bijlage II Schema proefvelden 10 t/m 14 juni 1992



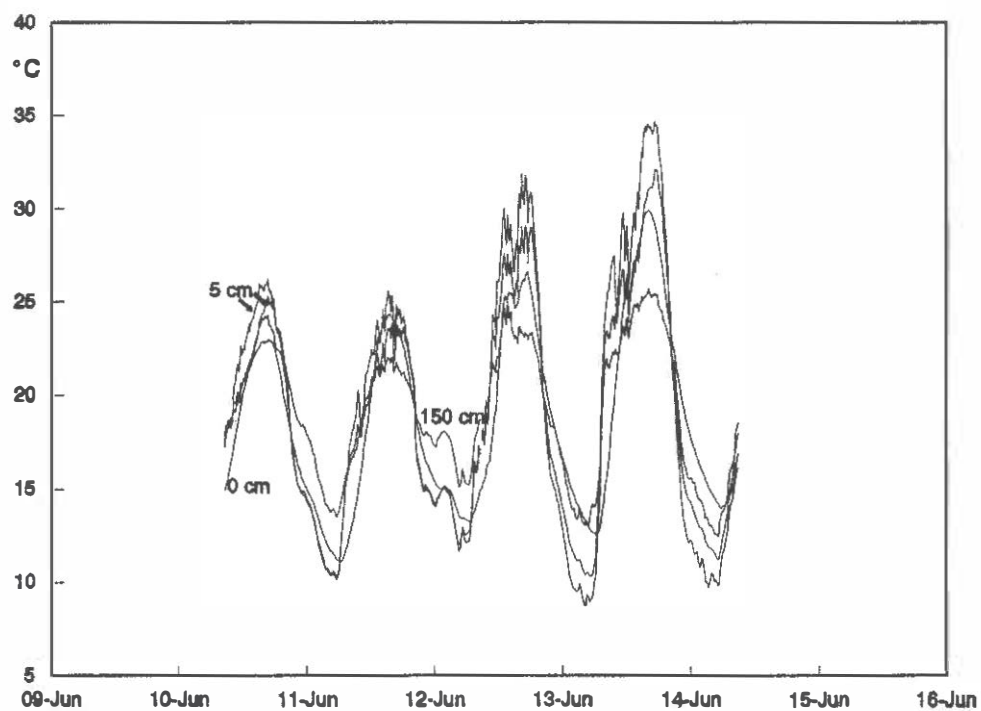
Figuur 4. Schematische voorstelling van proefvelden tijdens het experiment van 10 tot en met 14 juni.

- Veld 1** Bovengronds breedwerpig in vrijwel kaal land. De mest was goed verspreid over het veld en bleef aan de mais, die nog op het veld stond, kleven. De mest lag in de sporen, maar was na 2-3 uur opgedroogd.
- Veld 2** Sleepslangemachine gevolgd door schoffelmachine. Het onderwerken zag er goed uit. In de sporen was de mest goed ondergewerkt, maar langs de mais was af en toe wat mest zichtbaar. Volgens de bedrijfsleider van "de Oostwaardhoeve" had de machine beter gewerkt als de "schotjes" eraf gehaald zouden zijn. Dan zou de grond in een rug tegen de mais zijn aangeduwd.
- Veld 3** Sleepslangenmachine gevolgd door onkruidreg. De mest werd in de sporen niet goed ondergewerkt en was dus zichtbaar in smalle strookjes. De grond werd wel goed tegen de mais aangeduwd met gevolg dat de mest daar goed onder de grond lag.
- Veld 4** Sleepslangenmachine gevolgd door (rijen)frees. Het onderwerken in de sporen zag er goed uit, alleen onder de mais was mest zichtbaar. In de sporen was het goed ondergewerkt. Aanaarden hierna zou dit probleem verholpen hebben.

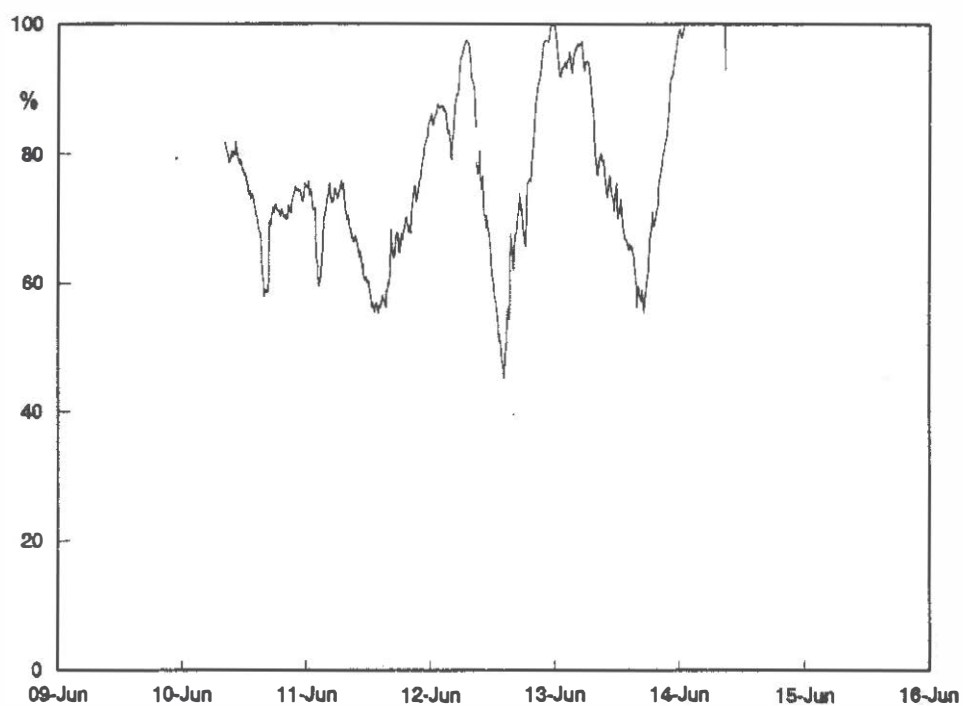
Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment



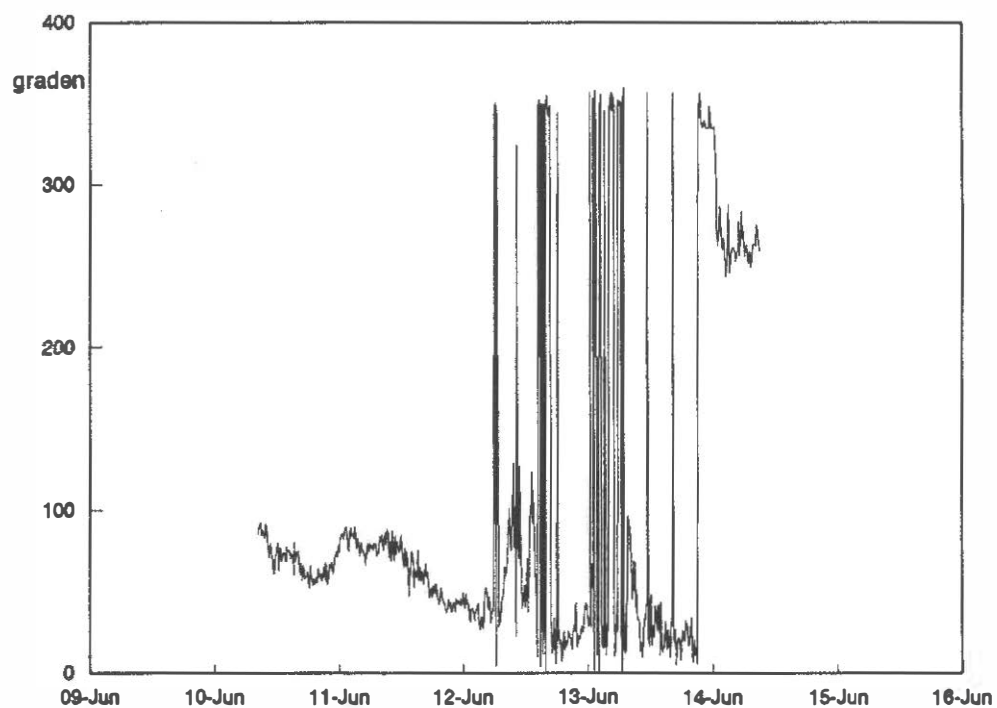
Figuur 5. Windsnelheid op 2,4 m hoogte.



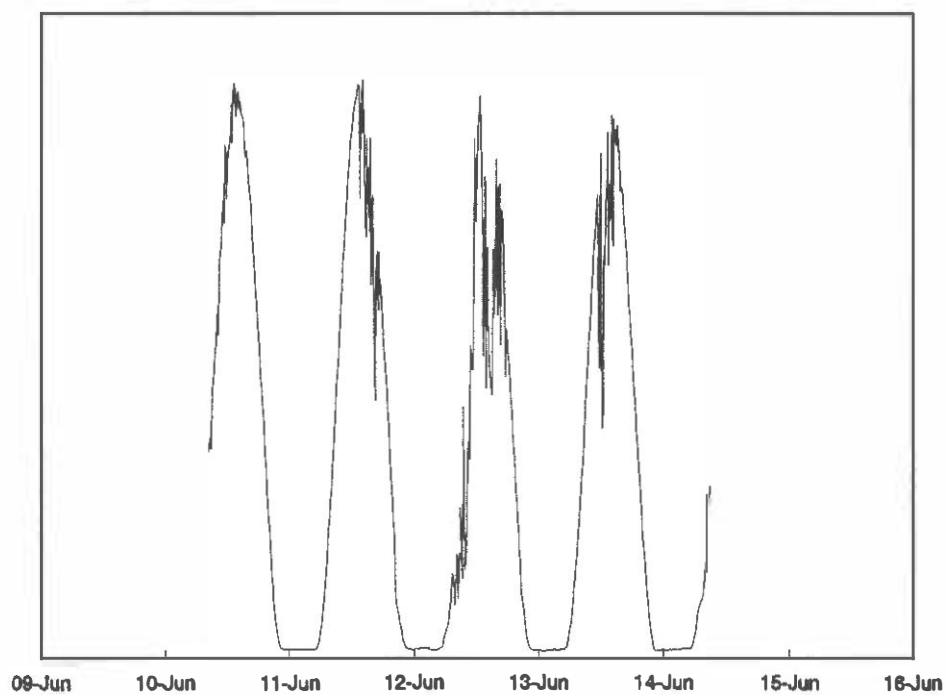
Figuur 6. Luchttemperatuur op 1,5 m en 5 cm hoogte en aan de grond.



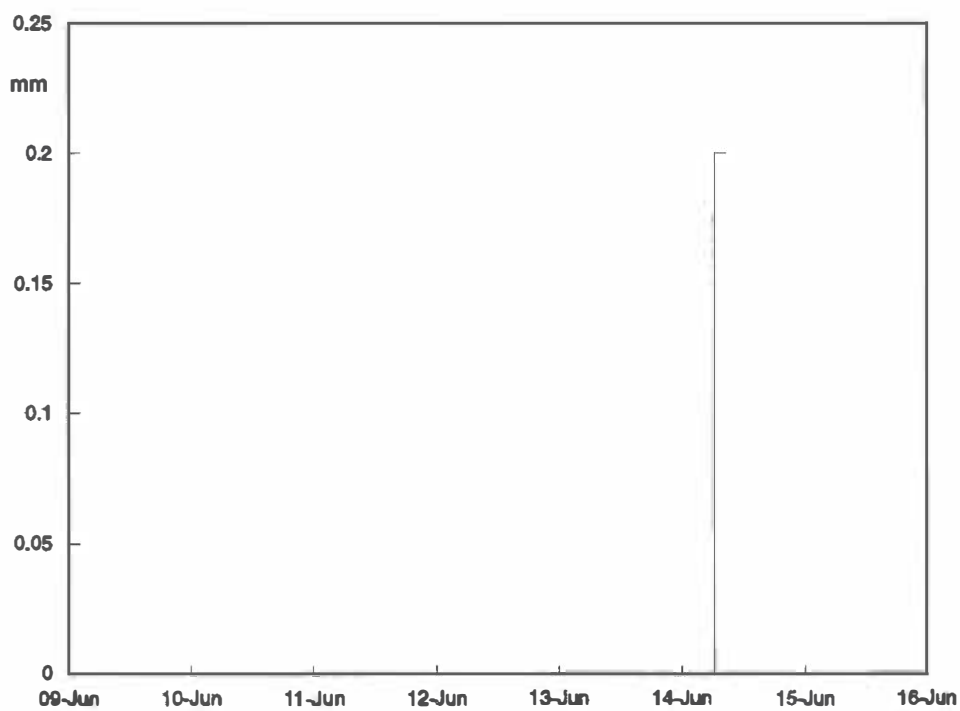
Figuur 7. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.



Figuur 8. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 9. Globale straling.



Figuur 10. Regenhoeveelheid.

Bijlage IV Emissiesnelheid per meetmethode

Bovengronds breedwerpig verspreide dunne varkensmest (referentieveld)

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	557,15	11,61	17,35	11,80
½ - 1½ uur	385,08	27,38	40,93	27,83
1½ - 3 uur	190,55	39,56	59,13	40,40
3 - 6 uur	89,76	50,34	75,25	51,16
6 - 11 uur	28,97	56,64	84,66	57,56
11 - 23 uur	2,66	57,94	86,61	58,89
23 - 36 uur	4,44	60,27	90,09	61,25
36 - 47 uur	0,53	60,53	90,47	61,51
47 - 72 uur	0,96	61,50	91,93	62,50
72 - 95 uur	0,55	62,05	92,74	63,05

Sleepslangemachine gevolgd door onkruiddeg

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	129,70	2,70	3,75	2,55
½ - 1½ uur	157,84	9,28	12,87	8,75
1½ - 3 uur	114,06	15,69	21,77	14,79
3 - 6 uur	86,31	26,60	36,90	25,07
6 - 10 uur	37,02	33,00	45,77	31,11
10 - 22 uur	8,72	37,27	51,70	35,13
22 - 35 uur	9,91	42,44	58,86	40,00
35 - 46 uur	2,51	43,67	60,57	41,16
46 - 71 uur	1,75	45,45	63,04	42,84
71 - 95 uur	1,32	46,78	64,88	44,09

Sleepslangemachine gevolgd door schoffel

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	60,46	1,22	1,61	1,09
½ - 1½ uur	44,33	3,00	3,97	2,70
1½ - 3 uur	39,87	5,47	7,23	4,92
3 - 6 uur	28,73	9,08	12,01	8,16
6 - 9 uur	15,00	11,17	14,78	10,04
9 - 21 uur	4,59	13,42	17,75	12,07
21 - 34 uur	6,66	16,90	22,36	15,20
34 - 46 uur	2,06	17,92	23,70	16,11
46 - 70 uur	2,28	20,23	26,76	18,19
70 - 94 uur	1,62	21,85	28,90	19,64

Sleepslangemachine gevolgd door frees

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	36,19	0,75	0,95	0,64
½ - 1½ uur	31,41	2,08	2,62	1,78
1½ - 3 uur	30,15	3,89	4,89	3,32
3 - 6 uur	22,95	6,77	8,52	5,79
6 - 11 uur	10,81	8,94	11,24	7,64
11 - 23 uur	2,26	10,05	12,64	8,59
23 - 35 uur	4,58	12,44	15,65	10,64
35 - 47 uur	1,51	13,18	16,58	11,27
47 - 71 uur	1,81	15,03	18,90	12,84
71 - 95 uur	1,52	16,51	20,77	14,11