53

53
1993
38

Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van toediening van dunne rundermest met de duospraymachine en sleufvoetenmachine op grasland

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

dlo



Meetploegverslag 34506-5700

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 dunne rundermest met een duospraymachine en een sleufvoetenmachine op kleigrasland. In 1992 waren al eerder experimenten uitgevoerd met deze machines.

Met de duospraymachine wordt tijdens het uitrijden gelijktijdig water over de mest gespoten in de verhouding 1:1. Door het afspoelen en verdunnen van de mest kan de ammoniakemissie worden verminderd. Bij warm, drogend weer zal veel van het toegevoegde water verdampen, wat de emissiereducerende werking deels te niet zal doen. Toediening van mest met de duospraymachine bleek onder koele omstandigheden in het voorjaar van 1992 in een aanzienlijke emissiereductie te resulteren (75%; Mulder en Hol, 1992c). Dit in tegenstelling tot eerdere metingen in 1990 en 1991, toen onder warme omstandigheden een emissiereductie van 25-42% werd bereikt (Bode, 1990a; Bode, 1990b, Bussink en Tjalma, 1991). Naast de andere weersomstandigheden waren ten opzichte van de situatie in 1990 en 1991 enkele veranderingen aan de duospraymachine doorgevoerd, die de emissiereductie mogelijk gunstig zouden hebben beïnvloed. Naar aanleiding van de goede resultaten in het voorjaar is deze machine nog een keer aan een onderzoek onderworpen.

De sleufvoetenmachine werd in de experimenten, eerder uitgevoerd in 1992 (Mulder en Hol, 1992a; Mulder en Hol, 1992b), geacht 2-3 cm diepe sleuven te trekken. Op grond van de eerdere emissiereducties (82-95%), bestond de indruk dat deze machine even diep (3-5 cm) als een zodebemester had gewerkt. In de eerdere experimenten werd ervan uitgegaan dat de machine op de voorgeschreven diepte werkte en is de sleufdiepte niet gecontroleerd. In het in dit verslag beschreven experiment is dit wel gedaan.

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

2 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. De proefvelden waren afhankelijk van de werkbreedte bij benadering cirkelvormig (werkbreedte < 10 m) of vierkant (werkbreedte ≥ 10 m) en hadden een oppervlakte van ca. 0,15 ha. Voor deze meetmethode zijn concentratie- en windsnelheidsmetingen op bepaalde hoogten nodig. In Bijlage I wordt een toelichting op deze methode gegeven.

Doordat tegelijkertijd op verschillende velden de ammoniakemissie werd gemeten, konden verschillende toedieningstechnieken onder praktijkomstandigheden worden vergeleken met bovengrondse, breedwerpige toediening van mest (referentie). De ammoniakemissie werd uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof. Ten opzichte van de referentie werd een reductiepercentage berekend.

2.2 Opzet

Het experiment werd uitgevoerd op kleigrasland van een naburig bedrijf van het IMAG-DLO-proefbedrijf 'de Vijf Roeden' in Duiven. De mest was afkomstig van het melkveehouderijbedrijf 'de Vijf Roeden', waar de mest onder de stallen wordt opgeslagen. In totaal werden vijf proefvelden aangelegd, twee met de duospraymachine, twee met de sleufvoetenmachine en een referentieveld. Per toedieningstechniek werd getracht een lage en hoge mestgift te geven. In Tabel 1 wordt de proefopzet toegelicht.

Tabel 1. Opzet van het experiment met de duospray- en sleufvoetenmachine.

Veld	Toedieningstechniek	Mestgift [m³/ha]	Kenmerken
1	Vacuümtank	15	werkbreedte ca. 8 m; referentie
2	Duospraymachine-laag	15	werkbreedte ca. 10 m
3	Duospraymachine-hoog	20	werkbreedte ca. 10 m
4	Sleufvoetenmachine-laag	15	werkbreedte 5 m
5	Sleufvoetenmachine-hoog	25	werkbreedte 5 m

Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden zijn zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten zijn 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). 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. 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 dunne mest nihil (Bussink et al., 1990). De volgende monsternameperiodes na moment van toedienen 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;

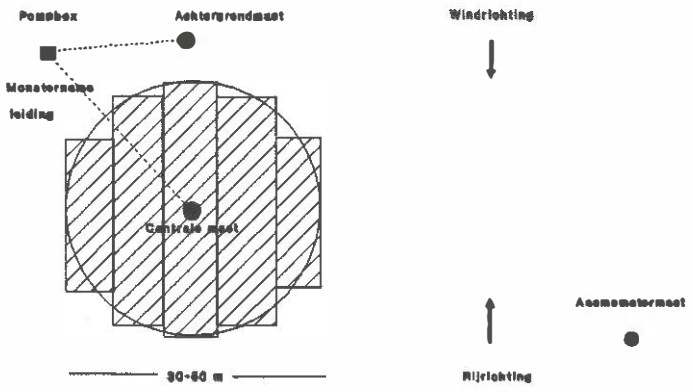
Derde dag: 48-72 uur;
Vierde dag: 72-96 uur.

2.3 Uitvoering

In Figuur 1 is een cirkelvormig proefveld schematisch gegeven. In deze figuur staan ook de posities van de pompbox, de achtergrond- en 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, 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.

Voor het uitrijden van de mest werden vier monsters genomen. De mestmonsters werden geanalyseerd op het gehalte aan ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium[1], pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.



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

Voor een goede beschrijving van de meetomstandigheden werden 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 met een eenvoudige grashoogtemeter gemeten. Vlak na het toedienen van de mest met de sleufvoetenmachine werden de sleufdieptes opgemeten (ca. 50 per proefveld). Gedurende de hele meetperiode werden de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd (hoogte t.o.v. maaiveld):
- windsnelheid op 0,2; 0,3; 0,9; 1,4; 2,4 en 3,7 m hoogte;
- windrichting op 3,9 m hoogte;
- hoeveelheid neerslag op 40 cm hoogte;
- luchttemperatuur aan de grond en op 1,5 m hoogte;
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte;
- globale straling op 1,5 m hoogte.

[1]fosfor en kalium in slechts één monster bepaald.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Het experiment werd uitgevoerd van 16 tot en met 20 september 1992Op de eerste dag van het experiment (16 september 1992) werden de vijf proefvelden tussen 8:40 en 9:30 uur bemest. In Bijlage I is schematisch de ligging van de proefvelden gegeven. In verband met een goede verdeling van de mest, is de mest tegen de wind in uitgereden. Op 16 september werd echter, vanwege de al gemarkeerde velden en een gedraaide wind, vrijwel met de wind mee uitgereden. De windsnelheid was echter zo laag (2,8 m/s op 2,4 m hoogte), dat hiervan weinig hinder werd ondervonden.

De sleufdiepte bedroeg op beide met de sleufvoetenmachine bemeste proefvelden gemiddeld 3 cm (resp. 50 waarnemingen, 0-4,5 cm; 43 waarnemingen, 0-5 cm). Er was een zichtbaar verschil tussen werkdiepte in de sporen en ernaast. Mede door de droge en harde grond lag de mest in de rijsporen vaak op de grond. Naast de sporen bedroeg de sleufdiepte 3-5 cm.

3.2 Bodem- en gewasgesteldheid

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als komklei geklassificeerd. De grond was droog en hard. Het steken van bodemmonsters ging moeizaam. Het bodemvochtgehalte was 23-25%.

De begroeiing bestond uit een graszaadstoppel, die ca. 10 dagen voor het experiment was gemaaid. De hoogte was gemiddeld 9 cm (38 waarnemingen; 7-12 cm).

3.3 Weersomstandigheden

In bijlage III staan Figuren 5 t/m 10 die het verloop van de windsnelheid, de temperatuur, de relatieve vochtigheid, de windrichting en de globale straling weergeven. In Figuur 9 van de globale straling is geen schaalverdeling op de y-as aangebracht in verband met de onnauwkeurigheid van de stralingsmeter. De gegevens in deze figuur kunnen derhalve slechts worden gebruikt als indicatie van bewolking.

Op de dag van het uitrijden was het vrijwel geheel bewolkt, maar de bewolking was dun. De rest van de meetdagen was er minder bewolking, waardoor het 's nachts flink kon afkoelen. De wind was overdag 3-5 m/s en nam af tot 1-2 m/s gedurende de nacht. De maximumtemperatuur aan de grond bedroeg 18-20°C en de minimumtemperatuur 10-15°C. Overdag was de relatieve luchtvochtigheid 60-70% en liep in de nacht op tot 100%. In de koude, windstille en vochtige nachten ontstond dauw op het gras.

3.4 Mestsamenstelling

In Tabel 2 staan de gemiddelde analyseresultaten van de vier mestmonsters en de de mestsamenstelling van dunne rundermest uit het onderzoek van Hoeksma (1988) vermeld. De gehaltes in de dunne runder- en varkensmest van Hoeksma zijn gemiddelden van 429 mestmonsters van bedrijven in Gelderland, Noord-Brabant en Limburg. Van de in dit experiment gebruikte dunne rundermest waren pH, totaalstikstof-, kalium- en drogestofgehalte lager dan gemiddeld. Deze waarden vielen echter wel binnen de spreiding. De andere gehaltes waren vergelijkbaar met de door Hoeksma gevonden gemiddelde mestsamenstelling van dunne rundermest.

Tabel 2. De 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	Hoeksma (spreiding)
ammoniumstikstof	[g/kg]	2,0	2,4 (0,2 - 4,4)
totaalstikstof	[g/kg]	3,5	4,9 (2,4 - 7,8)
fosfor	[g/kg]	0,7	0,9 (0,3 - 3,4)
kalium	[g/kg]	3,8	5,1 (1,0 - 7,6)
pH	[-]	7,3	8,2 (7,0 - 8,8)
droge stof	[g/kg]	69,2	96,0 (34 - 200)
ruwe as	[% van ds]	24,6	28,0 (11 - 136)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	7,0	-[a]

[a] geen waarneming.

3.5 Ammoniakemissie

In bijlage IV staat het emissieverloop van elk proefveld per monsterperiode vermeld. In Tabel 3 staan de mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per proefveld. Het verschil tussen de mestgiften van duospray-laag en duospray-hoog was niet groot.

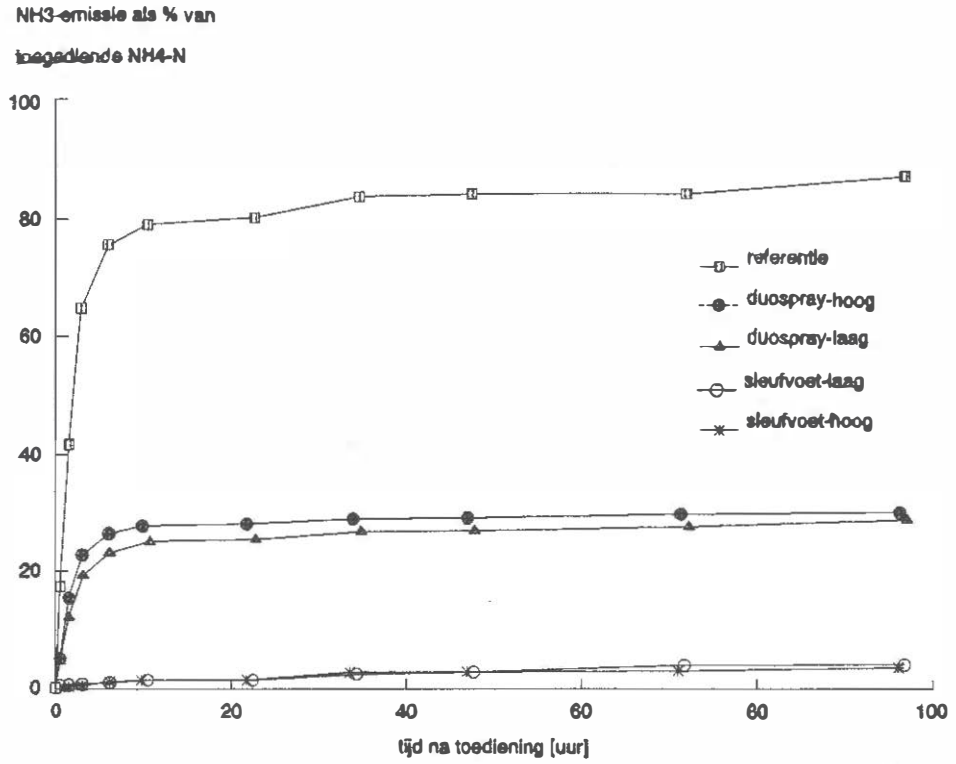
Tabel 3. Giften en ammoniakemissie van bovengronds breedwerpig verspreide onbehandelde dunne rundermest en met de duospray- en sleufvoetenmachine toegediende dunne rundermest.

Mesttoediening	Giften			Ammoniakemissie			Reductie
	mest	NH_4-N	N-tot		NH_4-N	N-tot	tov referentie
	[m³/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	[%]
Referentie	16,3	32,9	57,0	28,7	87,4	50,4	-
Duospray-laag	16,1	38,4	66,5	11,5	30,0	17,3	66
Duospray-hoog	19,0	32,5	56,3	9,3	28,7	16,6	67
Sleufvoet-laag	17,8	35,9	62,2	1,4	3,9	2,3	95
Sleufvoet-hoog	25,0	50,5	87,5	1,7	3,4	2,0	96

Na bovengrondse, breedwerpige toediening van dunne rundermest vervluchtigde 87% van de in de mest aanwezige ammoniumstikstof als ammoniak. Toediening van mest en water met de duospraymachine resulteerde in een emissie van 30% bij een lage mestgift en een emissie van 29% bij een hoge mestgift. Aangezien de mestgiften en emissiepercentages dicht bij elkaar lagen, is het niet mogelijk de invloed van de grootte van de mestgift aan te geven. De emissiereductie bij gebruik van de duospraymachine bedroeg in dit experiment 66-67% ten opzichte van de referentie.

Bij gebruik van de sleufvoetenmachine lagen de mestgiften verder uit elkaar. Niettemin waren de emissiepercentages vrijwel gelijk: 3% en 4% voor resp. een hoge en lage mestgift. De emissiereducties waren resp. 96% en 95%.

In Figuur 3 is het verloop van de emissie gegeven. In Bijlage IV is te zien dat de emissiesnelheid van de referentie hoger was dan die van de duospraymachine. De emissie van de duospraymachine was weer hoger dan die van de sleufvoetenma-



Figuur 2. Ammoniakverlies als functie van de tijd na het toedienen van dunne rundermest met de vacuümtank, duospraymachine en sleufvoetenmachine.

chine. Na 6 uur was van de met de duospraymachine en vacuümtank bemeste velden 80-87% van de totale emissie opgetreden en na 24 uur 89-94%. De emissie van de sleufvoetenmachine verliep geleidelijker: na 6 uur was 25-32% en na 24 uur 34-39% van de emissie opgetreden.

4 Discussie

4.1 Duospraymachine

In Tabel 4 zijn de resultaten weergegeven van eerdere emissiemetingen aan mest, die werd toegediend met de duospraymachine. Alle metingen, behalve de laatste, werden uitgevoerd door de veldmeetploeg. Het laatste experiment in de tabel (Bussink en Tjalma, 1991) werd uitgevoerd door het Nederlands Meststoffen Instituut (NMI) en had niet het gebruikelijke verloop. Tijdens dit experiment werd alleen gedurende de periodes van 0-11 en 22-31 uur na toediening gemeten. In de tussenliggende nacht werden dus geen metingen verricht. De mestgiften bij de referentie waren ongeveer gelijk aan de mestgiften bij de duospraymachine.

Tabel 4. Mestgiften, ammoniakemissies en reductiepercentages bij toediening met de duospraymachine.

Mest-	Mestgift	Water	NH_4-N-gift	Emissie [% NH_4-N]		Reductie	Literatuur
soort	[m³/ha]	[m³/ha]	[kg/ha]	duospray	referentie	[%]	
drm[a]	16,1	19,3	38,4	30	87	66	dit verslag
drm	19,0	22,8	32,5	29	87	67	" "
drm	15,4	16,6	33,9	21	85	75	Mulder en Hol (1992c)
drm	11,3	13,7	25,3	62	83	25	Bode (1990a)
dvm[b]	10,0	13,5	34,6	43	63	32	Bode (1990b)
drm	19,7	21,2	16,7	56	97	42	Bussink en Tjalma (1991)

[a] dunne rundermest;
[b] dunne varkensmest.

Ten opzichte van 1990 is de duospraymachine veranderd. Het water wordt verder over de mest gespoten, waardoor het gras eerst licht wordt bevochtigd. Er wordt iets meer water toegediend en ten slotte is de druk van de spreidplaat van mest verlaagd, waardoor het gras niet wordt plat gespoten. Al deze aanpassingen zouden een betere afspoeling van de mest van het gras bevorderen en daarmee de emissie verminderen.

De laatste twee experimenten met dunne rundermest in Tabel 4 (Bode, 1990a; Bussink en Tjalma, 1991) vonden plaats onder drogende omstandigheden (vrij veel wind, hoge temperaturen en een hoge referentieverdamping). Onder deze omstandigheden waren de emissies van de referenties hoog (83-97% van de toegediende ammoniumstikstof) en was het effect van de verdunning en de afspoeling op de ammoniakemissie klein. Dit resulteerde in emissiereductie van 25-42%. Volgens Bussink en Tjalma (1991) neemt de emissiereductie bij verdunnen ten opzichte van het bovengrondse, breedwerpige toedienen van onverdunde mest toe naarmate de temperatuur daalt. Andersom zal de emissiereductie afnemen bij hogere temperaturen, hetgeen ook uit de vergelijking van de twee experimenten bleek. Verder zouden de aanpassingen aan de duospraymachine een rol hebben gespeeld in de verminderde ammoniakemissie in 1992 ten opzichte van voorgaande jaren.

In het voorjaar van 1992 werd onder koele en vochtige omstandigheden de ammoniakemissie van met de duospraymachine toegediende dunne rundermest gemeten (Mulder en Hol, 1992c). Het bleek dat onder deze omstandigheden de referentie-emissie hoog was (85%). Deze weersomstandigheden tesamen met de aanpassingen aan de duospraymachine zorgden ervoor dat het effect op de emissie groot was. Hierdoor was de emissiereductie aanzienlijk, namelijk 75%.

In het voorjaar van 1992 was het koel geweest (maximumtemperaturen van 14-17°C) en was de bodem vochtig (vochtgehalte op gewichtsbasis 41%). In het in dit verslag beschreven experiment was het warmer dan in het voorjaar (maxi-

mumtemperaturen 20-23°C) en was de bodem hard en droog (vochtgehalte 23-24%). Van deze factoren zullen een hoge temperatuur (Freney et al., 1983) en een te droge of te natte bodem (Ismail et al., 1991) de emissie bevorderen. Uit bovenstaande opsomming van meetomstandigheden blijkt dat tijdens de twee experimenten elkaar tegenwerkende invloedsfactoren een rol hebben gespeeld, met als resultaat een vrijwel gelijke emissie. Bij het verloop van de emissiesnelheid van de referentievelden was weinig verschil, maar in het in dit verslag beschreven experiment was de emissiesnelheid bij de duospraymachine de eerste 6 uur hoger dan in het experiment in het voorjaar van 1992. De emissiereductie was in het in dit verslag beschreven experiment iets lager (66-67% in vergelijking met 75%).

In dit experiment was er geen invloed van een lagere (ca. 15 m^3/ha) en een hogere (ca. 20 m^3/ha) mestgift op de hoogte van de ammoniakemissie.

4.2 Sleufvoetenmachine

In Tabel 5 staan resultaten van eerdere metingen aan met de sleufvoetenmachine toegediende dunne rundermest op gras op kleigrond, tenzij anders vermeld.

Tabel 5. Mestgiften, ammoniakemissies en reductiepercentages bij toediening met de sleufvoetenmachine op kleigrasland.

Grashoogte	Mestgift	NH_4-N-gift	Emissie [% NH_4-N]		Reductie	Literatuur
[cm]	[m^3/ha]	[kg/ha]	sleufvoeten	referentie	[%]	
9	17,8	35,9	4	87	95	dit verslag
9	25,0	50,5	3	87	96	" "
6	19,1	34,9	5	57	91	Mulder en Hol (1992a)
11	17,9	32,8	3	57	95	" " "
5[a]	17,1	38,8	17	98	82	Mulder en Hol (1992b)

[a] uitgevoerd op veengrond.

Uit deze tabel blijkt dat, ongeacht de meetomstandigheden en de hoogte van de referentie-emissie, de emissievermindering na toediening van mest met de sleufvoetenmachine hoog was, namelijk 82-96%. Wat betreft emissiereductie lijkt de sleufvoetenmachine op een zodebemester, waarmee emissiereducties van 75-100% zijn gemeten. Uit de in dit experiment gemeten sleufdieptes blijkt dat de sleufvoetenmachine (door de fabrikant opgegeven werkdiepte 2-3 cm) wat betreft werkdiepte eveneens op een zodebemester (3-5 cm) lijkt. De gemiddelde sleufdiepte was weliswaar 3 cm, maar hierbij moet worden aangetekend dat de grond droog en hard was. Hierdoor werd de mest in de rijsporen nauwelijks in de grond gebracht. Naast de rijsporen daarentegen, bedroeg de sleufdiepte 3-5 cm.

5 Conclusies

In september 1992 is in een experiment op kleigrasland de ammoniakemissie gemeten van vijf proefvelden, waarop dunne rundermest was toegediend met een duospraymachine, een sleufvoetenmachine en een vacuümtank. Het met de vacuümtank bovengronds, breedwerpig bemeste veld fungeerde als referentie. Met de duospraymachine zouden twee proefvelden met een lage en hoge mestgift worden bemest. De verschillen tussen de mestgiften (16,1 resp. 19,1 m^3/ha) waren echter niet zo groot als gepland. Met de sleufvoetenmachine werden eveneens twee proefvelden met een lage en hoge mestgift bemest (17,8 resp. 25,0 m^3/ha). Gedurende 96 uur werd met behulp van de micrometeorologische massabalansmethode de ammoniakemissie van de proefvelden gemeten.

De emissie van de referentie was na 96 uur meten 87% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissie van de twee met de duospraymachine bemeste velden bedroeg 29-30% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Het verschil in de mestgift op de twee velden was zo klein dat geen invloed kon worden vastgesteld op de ammoniakemissie. De reductie ten opzichte van de referentie was 66-67%. Tijdens eerdere metingen met de duospraymachine zonder de in 1992 ingevoerde aanpassingen, die de afspoeling zouden verbeteren, en onder warme en droge omstandigheden was de emissiereductie 25-42% (Bode, 1990b; Bussink en Tjalma, 1991). Tijdens een eerder experiment in het voorjaar van 1993 was de emissiereductie na gebruik van de aangepaste duospraymachine onder koele en vochtige omstandigheden 75% (Mulder en Hol, 1992). Uit de vergelijking tussen de experimenten met de oude versie van de duospraymachine onder drogende omstandigheden en de experimenten met de aangepaste duospraymachine onder koele omstandigheden blijkt dat de emissiereductie in het laatste geval hoger uitvalt. Welke van de veranderde omstandigheden hiervoor verantwoordelijk waren (weersomstandigheden of aanpassingen aan machine) is niet aan te geven. Het meest waarschijnlijk lijkt een combinatie van deze twee factoren.

Wat betreft de sleufvoetenmachine had de mestgift geen invloed op de emissie. De ammoniakemissie van de twee met de sleufvoetenmachine bemeste velden was 3-4% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De reductie bedroeg 95-96% ten opzichte van de referentie. Uit eerdere experimenten met de sleufvoetenmachine is gebleken dat de emissiereductie 82-96% bedroeg. In dit experiment is tevens de sleufdiepte opgemeten. Als gevolg van de harde, moeilijk doordringbare bodem varieerde deze van 0-2 cm in de rijsporen tot 3-5 cm naast de rijsporen. Gemiddeld was de sleufdiepte 3 cm (93 waarnemingen). De mest werd over het algemeen goed in de sleuven gedoseerd. Gezien de emissiereductie en de werkdiepte lijkt de sleufvoetenmachine op een zodebemester (reductie 75-100%; werkdiepte 3-5 cm).

Literatuur

Bode, M.J.C. de, 1990a, Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending; de ammoniakemissie bij aanwending van rundveemengmest met behulp van de duospraymachine, IMAG-DLO-Meetploegverslag 34506-2000. IMAG-DLO, Wageningen.

Bode, M.J.C. de, 1990a, Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending; de ammoniakemissie bij aanwending van varkensmengmest met behulp van de duospraymachine, IMAG-DLO-Meetploegverslag 34506-2100. 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.

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.

Hol, J.M.G., 1992. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; het effect van aanzuren van dunne rundermest vlak voor toediening, IMAG-DLO-meetploegverslag 34506-3800. IMAG-DLO, Wageningen.

Ismail, K.M., F.W. Wheaton, L.W. Douglas en W. Potts, 1991. Modeling ammonia volatilization from loamy sand soil treated with liquid urea, Am. Soc. Agric. Eng. 34, 756-763.

Jarvis, S.C. en B.F. Pain, 1990. Ammonia volatilisation from agricultural land, The Fertiliser Society Proceedings No. 298. The Fertiliser Society, London.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992a. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; het effect van toediening van dunne rundermest met de sleufvoetenmachine op kleigrasland, IMAG-DLO-meetploegverslag 34506-4800. IMAG-DLO, Wageningen.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992b. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; de sleepvoetenmachine in kort en lang gras op veengrond II, IMAG-DLO-meetploegverslag 34506-4900b. IMAG-DLO, Wageningen.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992c. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening; het effect van toediening van dunne rundermest met de duospramachine op kleigrasland, IMAG-DLO-meetploegverslag 34506-4600. IMAG-DLO, Wageningen.

Pain, B.F. en J.V. Klarenbeek, 1988, Anglo-Dutch experiments on odour and ammonia 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 II; Influence of application rate, wind speed and applying slurry in narrow bands, 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:

$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} (\bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) + u'(z) \cdot c'(z))\, dz \qquad (1)$$

waarin:

F	=	flux [g $m^{-2}s^{-1}$];
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];
u(z).c(z)	=	de in de tijd gemiddelde horizontale flux veroorzaakt door horizontale convectie op hoogte z van de centrale mast [g $m^{-2}s^{-1}$];
u'(z).c'(z)	=	de turbulente flux veroorzaakt door horizontale diffusie loodrecht op de windrichting [g $m^{-2}s^{-1}$].

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:

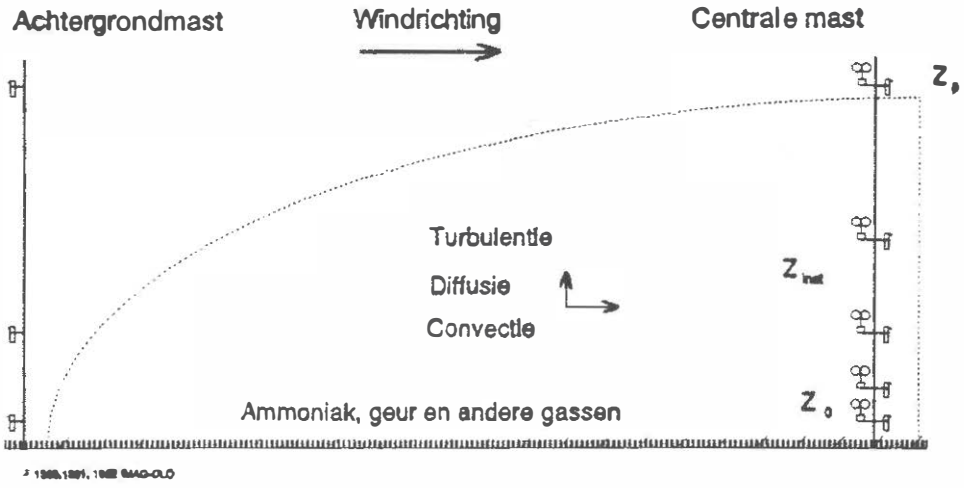
$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z)\, dz \qquad (2)$$

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 vertikale vlakken. De flux kan worden uitgedrukt per landoppervlakte d.m.v. deling door de aanstroomlengte:

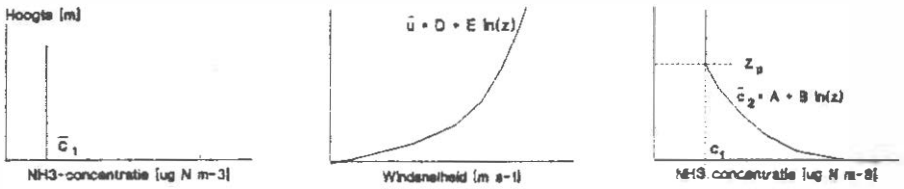
$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z)\, dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z)\, dz \right) \qquad (3)$$

waarin:

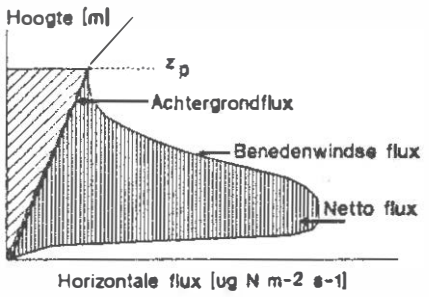
F_N	=	nettoflux [g $m^{-2}s^{-1}$];
$c_1(z)$	=	de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}];
$c_2(z)$	=	de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}].



(a)



(b)



(c)

Figuur 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:

$$u = D + E \ln(z) \qquad (4)$$

$$c_2 = A + B \ln(z) \qquad (5)$$

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 HNO_3 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.

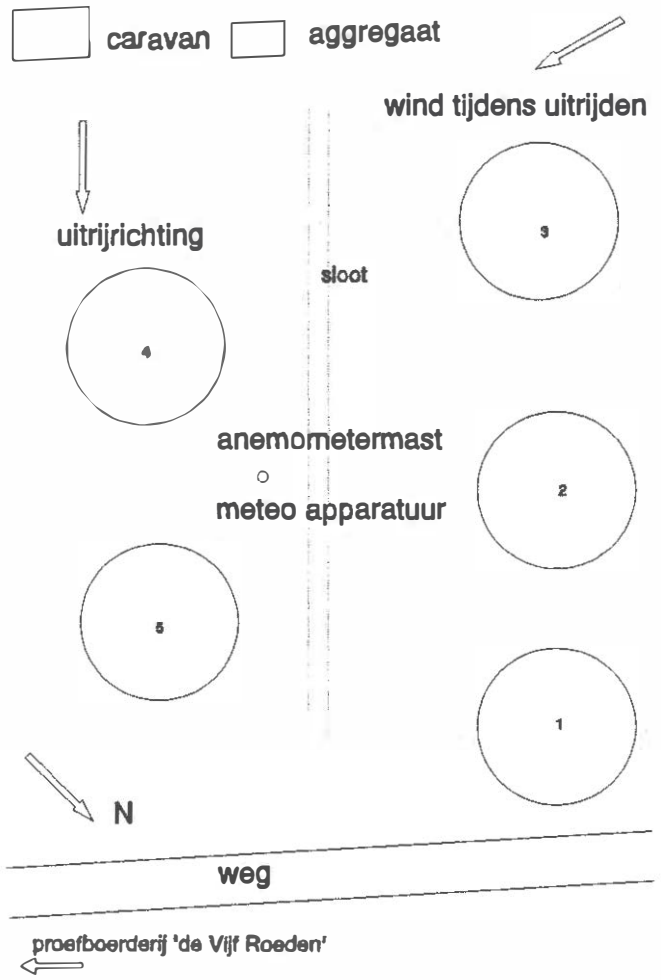
Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.

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.

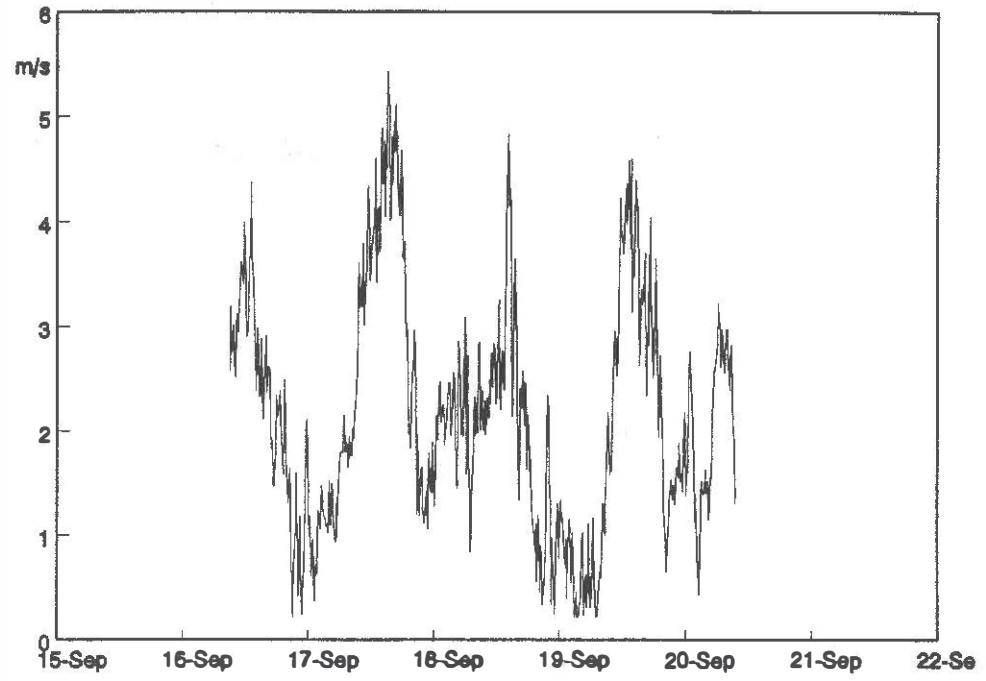
Ryden, J.C. en J.E. McNeill, 1984, Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward, J. Sci. Food Agric. 35, 1297-1310.

Bijlage II Schema proefvelden 16 t/m 20 september

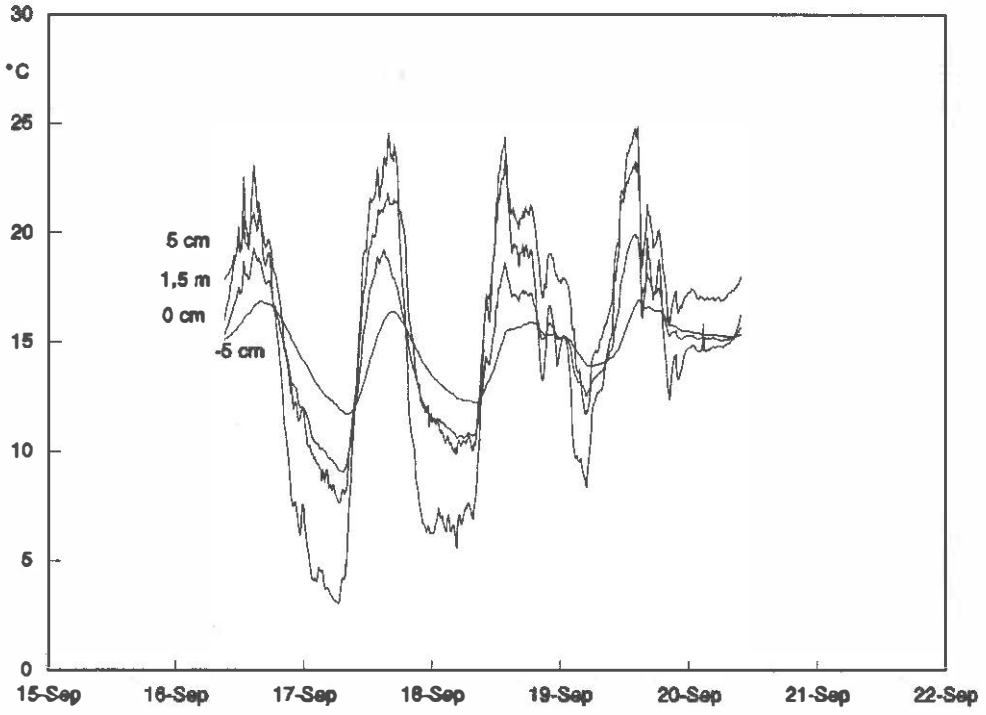


Figuur 4. Schematische voorstelling van proefvelden met dunne rundermest, toegediend met de vacuümtank (1), duospraymachine (2,3) en de sleufvoetenmachine (4,5).

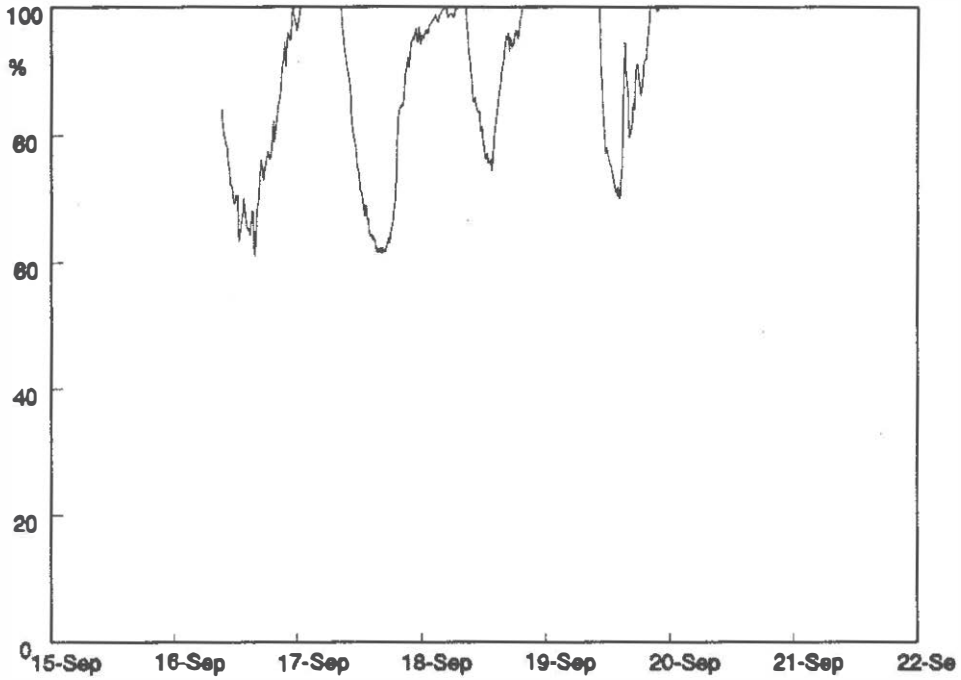
Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment



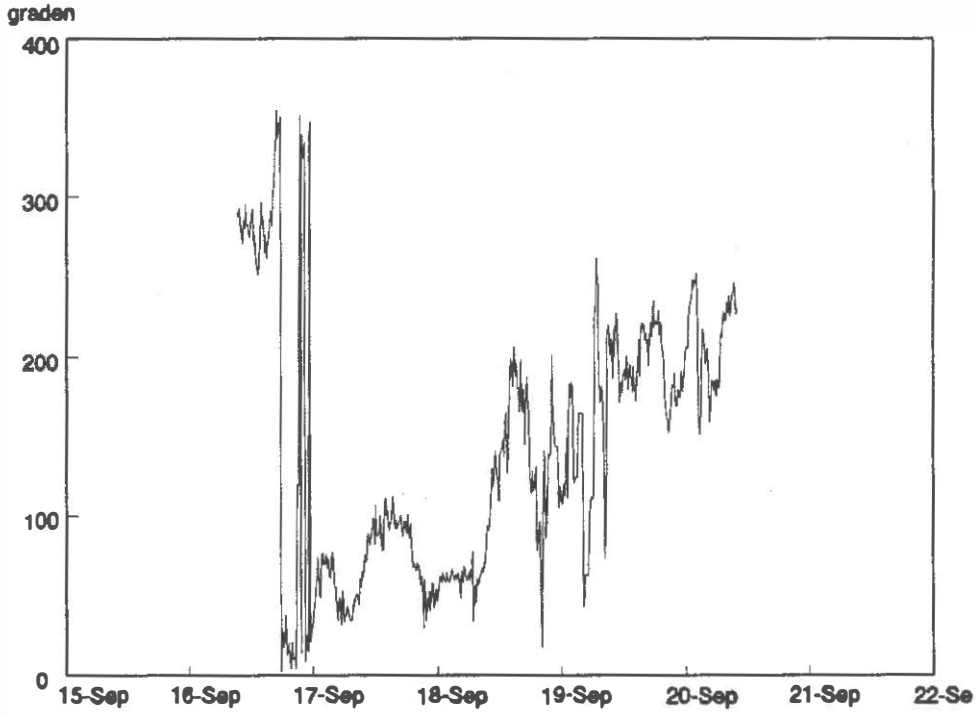
Figuur 5. Windsnelheid op 2,4 m hoogte.



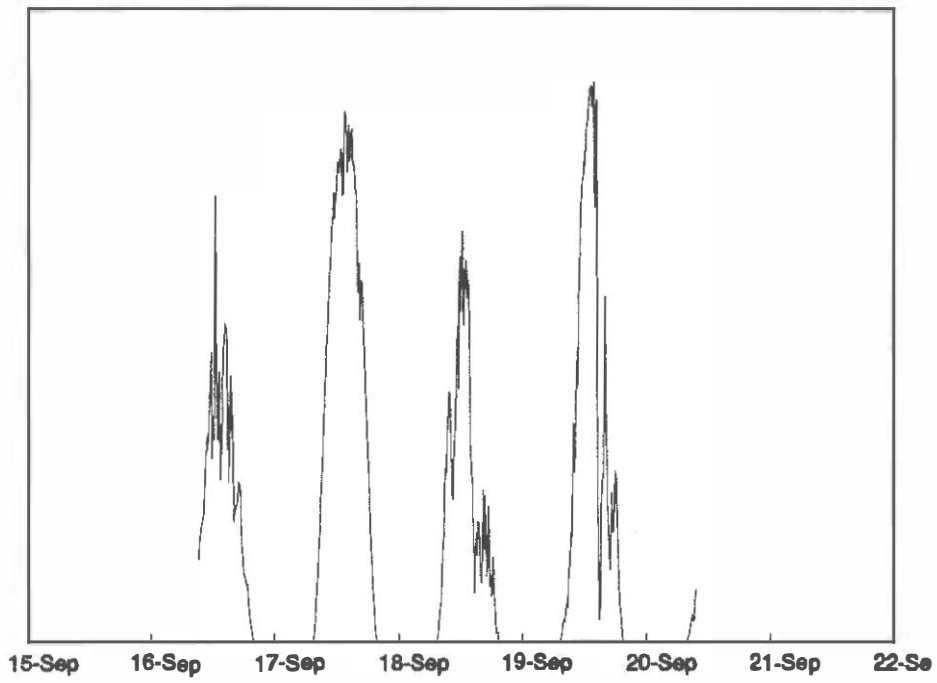
Figuur 6. Luchttemperatuur op 1,5 m, 5 cm en 0 cm hoogte; bodemtemperatuur op 5 cm diepte.



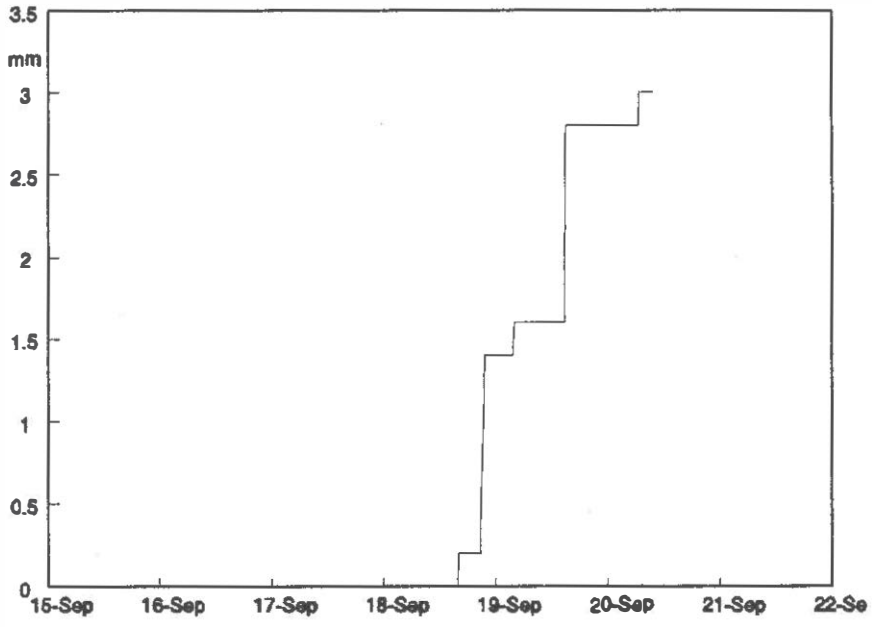
Figuur 7. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.



Figuur 8. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 9. Globale straling.



Figuur 10. Regenhoeveelheid.

Bijlage IV Emissiesnelheid per meetmethode

Bovengronds breedwerpig, dunne rundermest (referentieveld)

periode na uitrijden	emissiesnelheid [kg/ha/dag]	cumulatief verlies [kg/ha]	[%] t.o.v. NH_4-N	[%] t.o.v. N-tot
0 - ½ uur	272,90	5,69	17,28	9,97
½ - 1½ uur	199,67	13,73	41,72	24,08
1½ - 3 uur	128,55	21,32	64,78	37,39
3 - 6 uur	28,61	24,91	75,71	43,69
6 - 10 uur	6,17	26,04	79,14	45,68
10 - 23 uur	0,68	26,39	80,20	46,29
23 - 35 uur	2,32	27,55	83,71	48,31
35 - 48 uur	0,32	27,72	84,23	48,61
48 - 72 uur	0,00	27,72	84,23	48,61
72 - 97 uur	0,99	28,74	87,34	50,41

Duospraymachine, hogere mestgift

periode na uitrijden	emissiesnelheid [kg/ha/dag]	cumulatief verlies [kg/ha]	[%] t.o.v. NH_4-N	[%] t.o.v. N-tot
0 - ½ uur	97,89	1,97	5,14	2,97
½ - 1½ uur	194,26	5,90	15,38	8,88
1½ - 3 uur	146,16	8,72	22,74	13,12
3 - 6 uur	11,35	10,13	26,41	15,24
6 - 10 uur	3,08	10,62	27,69	15,98
10 - 22 uur	0,25	10,75	28,02	16,17
22 - 34 uur	0,67	11,08	28,90	16,68
34 - 47 uur	0,11	11,14	29,06	16,77
47 - 71 uur	0,23	11,38	29,66	17,12
71 - 96 uur	0,11	11,49	29,96	17,29

Duospraymachine, lagere mestgift

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
na uitrijden	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v. NH_4-N	[%] t.o.v. N-tot
0 - ½ uur	70,94	1,48	4,55	2,62
½ - 1½ uur	159,10	3,94	12,12	7,00
1½ - 3 uur	136,58	6,25	19,23	11,10
3 - 6 uur	10,01	7,50	23,06	13,31
6 - 11 uur	3,29	8,13	25,01	14,43
11 - 23 uur	0,24	8,25	25,38	14,65
23 - 35 uur	0,87	8,69	26,72	15,42
35 - 48 uur	0,04	8,71	26,79	15,46
48 - 72 uur	0,23	8,95	27,52	15,88
72 - 97 uur	0,36	9,32	28,68	16,55

Sleufvoetenmachine, hogere mestgift

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
na uitrijden	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v. NH_4-N	[%] t.o.v. N-tot
0 - ½ uur	4,70	0,10	0,19	0,11
½ - 1½ uur	0,39	0,11	0,23	0,13
1½ - 3 uur	1,77	0,22	0,44	0,26
3 - 6 uur	2,53	0,54	1,08	0,62
6 - 10 uur	0,90	0,68	1,34	0,77
10 - 22 uur	0,00	0,68	1,34	0,77
22 - 34 uur	1,33	1,33	2,62	1,51
34 - 47 uur	0,03	1,34	2,66	1,53
47 - 71 uur	0,11	1,45	2,87	1,65
71 - 96 uur	0,26	1,72	3,41	1,97

Sleufvoetenmachine, lagere mestgift

periode na uitrijden	emissiesnelheid [kg/ha/dag]	cumulatief verlies [kg/ha]	[%] t.o.v. NH_4-N	[%] t.o.v. N-tot
0 - ½ uur	8,40	0,17	0,49	0,28
½ - 1½ uur	0,52	0,20	0,55	0,32
1½ - 3 uur	0,45	0,22	0,62	0,36
3 - 6 uur	1,02	0,35	0,98	0,57
6 - 10 uur	0,66	0,47	1,32	0,76
10 - 23 uur	0,01	0,48	1,33	0,77
23 - 34 uur	0,71	0,82	2,29	1,32
34 - 48 uur	0,26	0,97	2,69	1,56
48 - 72 uur	0,41	1,38	3,83	2,21
72 - 97 uur	0,04	1,41	3,94	2,27