

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van toediening van dunne
rundermest met de
sleufvoetenmachine op kleigrasland

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

Meetploeg verslag 34506-4800
juli 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.

2199797

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Methode	3
	2.1 Inleiding	3
	2.2 Opzet	3
	2.3 Uitvoering	4
3	Resultaten	5
	3.1 Inleiding	5
	3.2 Bodemgesteldheid en grashoogte	5
	3.3 Weersomstandigheden	5
	3.4 Mestsamenstelling	6
	3.5 Ammoniakemissie	6
4	Discussie	8
5	Samenvatting en conclusies	10
	Literatuur	11
Bijlage I	Micrometeorologische massabalansmethode	12
Bijlage II	Schema proefvelden 14 t/m 18 april 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 toediening van dunne rundermest met de sleufvoetenmachine op kleigrasland.

De sleufvoetenmachine houdt het midden tussen de zodebemester en de sleepvoetenmachine. De zodebemester snijdt sleuven van 7 cm diep in de zode, waar de mest in wordt geplaatst. Met de sleepvoetenmachine wordt de mest in smalle strookjes onder het gras gelegd. De sleufvoetenmachine duwt het gras opzij en trekt sleuven van 2-3 cm, waarin de mest wordt gelegd. Net als bij de sleepvoetenmachine kan de mest worden afgedekt door het gras, waardoor het contactoppervlak tussen mest en lucht vermindert.

De ammoniakemissie na toediening van dunne rundermest met de zodebemester op klei- en veengrasland werd in eerder proeven van de veldmeetploeg met 82-98% gereduceerd ten opzichte van bovengronds breedwerpig toedienen (Hol, 1989a; Hol 1989b; Hol, 1990; Mulder en Hol, 1992). De emissiereducties na toediening van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine in kort gras (< 8 cm) op kleigrond bedroegen in eerdere metingen ten opzichte van bovengronds breedwerpig verspreiden 52-77% (Bode, 1990a; Bode, 1990b; Hol, 1991a; Hol, 1991b). Toepassing van de sleepvoetenmachine in lang gras (> 10 cm) leverde een reductie op van 87% ten opzichte van bovengronds breedwerpig verspreiden van mest op kort gras (Hol, 1991a).

Net als bij de sleepvoetenmachine wordt van de sleufvoetenmachine verwacht dat verschil in emissiereductie optreedt als gevolg van verschil in grashoogtes. Daarom is in dit experiment deze machine ingezet in kort en lang gras.

In dit rapport wordt verslag gedaan van één experiment. De resultaten gelden 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 bij benadering cirkelvormig en heeft in het algemeen een oppervlakte die tussen 0,15 en 0,20 ha ligt. Voor deze meetmethode zijn concentratie- en windsnelheidsmetingen op bepaalde hoogten nodig. In bijlage I wordt een korte toelichting op deze methode gegeven.

De meetmethode is geschikt om onder praktijkomstandigheden de ammoniakemissie van proefvelden met verschillende mesttoedieningstechnieken te vergelijken met de emissie van bovengronds breedwerpig toegediende mest. Ten opzichte van het laatste 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 is uitgevoerd op kleigrasland van het IMAG-DLO-proefbedrijf 'de Vijf Roeden' in Duiven. Dit is een melkveehouderijbedrijf, waar de mest onder de stallen wordt opgeslagen. De in dit experiment gebruikte dunne rundermest was afkomstig van dit bedrijf. In totaal zijn drie proefvelden bemest, waarvan twee op kort gras, dat een dag voor de start van de proef was gemaaid. In Tabel 1 staan de gebruikte mesttoedieningsmachines.

Tabel 1. Overzicht van de gebruikte toedieningsmachines.

Veld	Toedieningsmachine	Grashoogte	Kenmerken
1	vacuumtank	kort	werkbreedte 8,5 m; referentie
2	sleufvoetenmachine	kort	werkbreedte 5 m
3	sleufvoetenmachine	lang	werkbreedte 5 m

Op twee velden werd de mest ^{toegebracht} verspreid met een zogenaamde sleufvoetenmachine. Deze machine bestaat uit torpedovormige sleepkouters die het gras iets optillen en sleuven trekken van 2-3 cm, ^{dun} waarin de mest wordt geplaatst (Anoniem, 1992). In bijlage II is de ligging van de velden geïllustreerd. Bij de toediening is uitgegaan van mestgiften van 20 m³/ha mest.

Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden moeten voor de drie velden zoveel mogelijk gelijk worden 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 monsternamperiodes 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 monsternamperiodes 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.

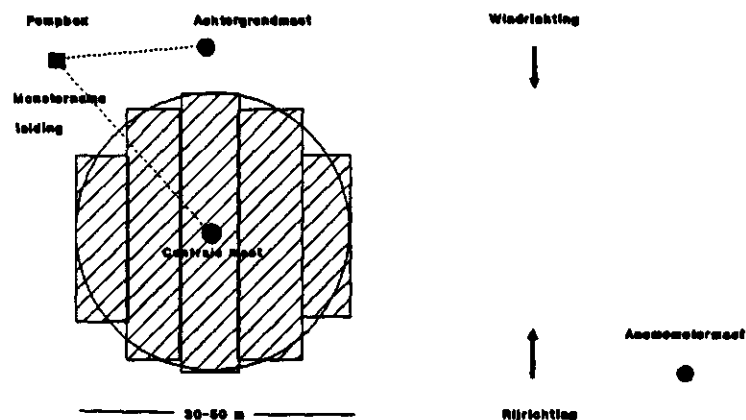
In het algemeen treedt 40-50% van de totale emissie binnen de eerste 6 uur (Jarvis en Pain, 1983) en 80-90% in de eerste 48 uur op (Döhler, 1991). Ook eerdere experimenten hebben uitgewezen dat 96 uur na het uitrijden de emissie nihil is (Bussink et al., 1990).

2.3 Uitvoering

Voor de start van het experiment worden monsters gestoken van de bovenste 5 cm van de bodem. Hiermee wordt het bodemvochtgehalte op basis van het droog gewicht bepaald door de bodemmonsters 24 uur bij 105°C te drogen. De grashoogte wordt ca. 10 keer per veld met een eenvoudige grashoogtemeter gemeten. De mest wordt voor het uitrijden in viervoud bemonsterd. De mestmonsters worden geanalyseerd op het gehalte aan ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

In Figuur 1 staat een proefveld schematisch weergegeven. Tevens staan de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast weergegeven. Nadat de helft van het proefveld is bemest 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, is de achtergrondconcentratie gemeten. In de masten zijn op verschillende hoogten flesjes met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp wordt lucht door de flesjes gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur achterblijft. In het laboratorium van het IMAG-DLO worden 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 het flesje die voor en na een monsternameperiode wordt gemeten, wordt de ammoniakconcentratie in de lucht bepaald. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentratie wordt vervolgens de hoeveelheid ammoniak berekend die uit de mest is vervluchtigd.



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

Gedurende de hele meetperiode worden de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd (hoogte gemeten t.o.v. maaiveld):

- windsnelheid op 0,3; 0,5; 0,8; 1,3; 2,4 en 3,7 m hoogte;
- windrichting op 3,9 m hoogte;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur aan de grond en op 1,5 m hoogte;
- bodemtemperatuur op 5 cm beneden maaiveld;
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte;
- globale straling op 1,5 m hoogte;

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Het experiment is uitgevoerd van 14 tot en met 18 april 1992. Op 14 april zijn de drie velden tussen 8:30 en 9:30 bemest. In bijlage II is schematisch de proefvelden weergegeven. De gemiddelde oppervlakte van de velden was minder dan de geplande 0,15 ha en bedroeg 0,13 ha.

Het uitrijden van de mest op het referentieveld vond plaats tegen de heersende noordwestelijke windrichting in om een zo goed mogelijke verspreiding van de mest te krijgen. Na het mestverspreiden was er een duidelijk verschil tussen de proefvelden. De mest op het referentieveld was duidelijk zichtbaar aan het gras blijven kleven. Dit was bij de velden waar de mest met de sleufvoetenmachine was toegediend niet het geval. De bemesting met de sleufvoetenmachine duurde langer dan bij het referentieveld, omdat de machine langzamer reed en de werkbreedte kleiner was dan van de vacuumtank. Daardoor moesten meer banen worden uitgereden. Onder het lange gras was de mest nauwelijks zichtbaar. In het korte gras waren de sleuven met mest wel te zien.

lijst

mest uit de sleuven?

3.2 Bodemgesteldheid en grashoogte

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als komklei geklassificeerd (74-78% afslibbaar). De bodem was door de regenval in de aan het experiment voorafgaande dagen, vochtig. Het vochtgehalte varieerde van 39 tot 41%.

De hoogte van het gras op het uitgemaaid gedeelte varieerde van 4-8 cm en was gemiddeld 5,5 cm. De grashoogte op het ongemaaid veld lag tussen 8,8-13,8 cm en bedroeg gemiddeld 11,4 cm. Dit gras was bijna hoog genoeg voor een weidesnede.

3.3 Weersomstandigheden

In bijlage III staan in Figuur 5 t/m 10 het verloop van de windsnelheid op 2,4 m hoogte, de temperaturen op 1,5 m, aan de grond en op 5 cm diepte, de relatieve luchtvochtigheid, de windrichting, de globale straling en de regen in de tijd weergegeven. In Figuur 9 staat geen schaalverdeling bij de y-as, omdat de metingen van stralingsmeter niet betrouwbaar zijn. Dit figuur is toch in de bijlage opgenomen als indicatie voor de bewolking.

In de nacht voorafgaande aan de eerste meetdag was ca. 7 mm regen gevallen. Tijdens het uitrijden stond er veel wind (5-6,5 m/s op 2,4 m hoogte) en voelde het onaangenaam aan. Het was aanvankelijk vrijwel geheel bewolkt, maar om ongeveer 9:00 uur was het af en toe zonnig. Aan de horizon waren buien zichtbaar, maar op de proefvelden bleef het de hele eerste dag droog. De temperatuur liep op tot 13°C op 1,5 m boven het maaiveld. De relatieve luchtvochtigheid was 's ochtends 90-100%, maar daalde in de middag naar 55-65%. 's Avonds nam de windsnelheid af tot 1,5-3 m/s en nam de bewolking toe.

De tweede dag was het geheel bewolkt en viel er af en toe wat neerslag. In totaal viel die dag 5 mm regen. Het was vochtig (80-100% relatieve luchtvochtigheid) en de temperatuur steeg tot 10°C aan de grond. De wind was vrij krachtig uit westelijke richting.

De derde dag was vrijwel hetzelfde als de voorafgaande dagen. De wind was vrij krachtig, nu uit noordelijke richting, temperaturen lagen rond 10°C en er was vrijwel volledige bewolking, waar ca. 5 mm regen uit viel. Op de laatste dag veranderde het weer niet, behalve dat de wind afnam tot 2-5 m/s.

?

3.4 Mestsamenstelling

In Tabel 2 staan de gemiddelde analyseresultaten van vier mestmonsters in vergelijking met de gemiddelde samenstelling van dunne rundermest (Hoeksma, 1988). Het blijkt dat de samenstelling nogal wat afwijkt van die uit de literatuur. Opvallend is de lage pH van de gebruikte dunne rundermest, die niet binnen de spreiding van de gemiddelde pH-waarde valt. Alle andere gehalten zijn lager dan de gemiddelde waarden, maar vallen wel binnen de spreiding. De verschillen zijn waarschijnlijk terug te voeren op verschillen in rantsoen en wateropname. Het rantsoen op de proefboerderij "de Vijf Roeden" bestond uit 70% kuil en 30% mais op basis van droge stof.

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

Grootheid	[eenheid]	Dunne rundermest	Gemiddeld
ammoniumstikstof	[g/kg]	1,8	2,4 (0,2 - 4,4)*
totaalstikstof	[g/kg]	3,6	4,9 (2,4 - 7,8)
fosfor	[g/kg]	0,5	0,9 (0,3 - 3,4)
kalium	[g/kg]	2,9	5,1 (1,0 - 6,4)
pH	[-]	6,9	8,2 (7,0 - 8,8)
droge stof	[g/kg]	67,1	96 (34 - 200)
ruwe as	[% van ds]	23,2	28 (11 - 136)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	8,1	**

* spreiding in waarnemingen;

** geen waarneming.

3.5 Ammoniakemissie

In bijlage IV is het emissieverloop van elk proefveld per periode vermeld. In Tabel 3 zijn de gemiddelde mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per mesttoedieningsmachine opgenomen.

De mestgiften waren bij alle proefveldjes ongeveer de geplande 20 m³/ha.

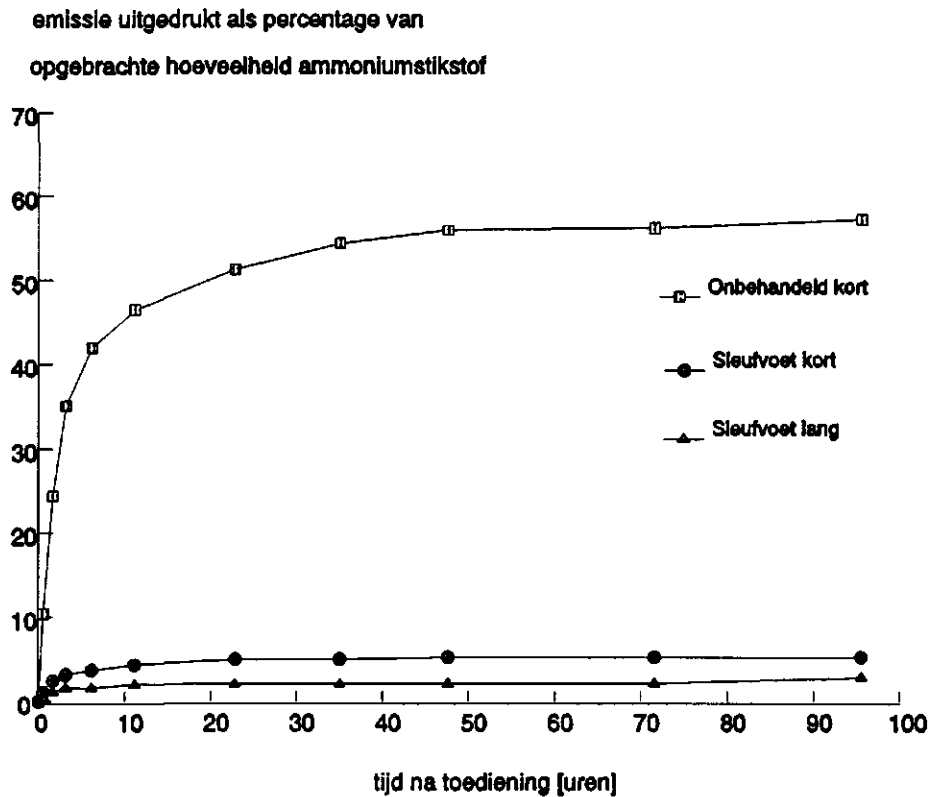
Tabel 3. Gemiddelde giften en ammoniakemissie van bovengronds breedwerpig verspreide en met de sleufvoetmachine verspreide dunne rundermest.

Mesttoediening	Giften			Ammoniakemissie			Reductie
	mest	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N	N-tot	to v. referentie	
	[m ³ /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	
Referentie kort	18,7	34,2	67,3	19,5	57,2	29,1	-
Sleufvoet kort	19,1	34,9	68,6	1,8	5,2	2,6	91
Sleufvoet lang	17,9	32,8	64,5	0,4	2,8	1,4	95

Na bovengrondse, breedwerpige toediening van dunne rundermest (referentie) op kort gras vervluchtigde 57% van de aanwezige ammoniumstikstof. Mest-

toediening in kort gras met de sleufvoetenmachine resulteerde in een verlaging van de emissie tot 5% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissie werd ten opzichte van het referentieveld met 91% gereduceerd. Het toedienen van de mest met de sleufvoetenmachine in lang gras resulteerde in een (grotere) afname van de emissie: er emitteerde 3% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Dit betekent een reductie van 95% ten opzichte van de referentie.

In Figuur 2 is het verloop van de emissie weergegeven. In dit figuur zijn de verschillen in emissieniveau tussen het bovengronds breedwerpig toedienen en het toedienen met de sleufvoetenmachine goed te zien.



Figuur 2. Stikstofverlies als functie van de tijd na toediening van dunne rundermest met de sleufvoetenmachine in kort en lang gras in verg. met bovengronds breedwerpig toedienen van onbehandelde mest in kort gras.

Uit het figuur en bijlage IV blijkt dat het grootste deel van de emissie van het referentieveld plaatsvond in het eerste etmaal: na 24 uur was 90% en na 48 uur 95% van de totale emissie opgetreden. De emissie van de mest met de sleufvoetenmachine in lang gras toegediende mest, verliep langzamer dan van de referentie. Van de totale emissie van het veld op het lange gras vond 72% van de emissie binnen 24 uur plaats. Van het met de sleufvoetenmachine in het korte gras bemeste veld was in 47 uur de totale emissie bereikt.

4 Discussie

De emissie van het referentieveld was in vergelijking met resultaten van eerdere proeven vrij laag, namelijk 57%. Factoren die de emissie bevorderen waren tijdens deze meetperiode: veel wind op de eerste drie dagen, het hoge vochtgehalte van de bodem (ca. 40%) en het feit dat de mest aan het gras bleef kleven. Door de laatste twee aspecten kan de mest niet makkelijk in de grond trekken en kan langere tijd blijven emitteren (Jarvis en Pain, 1990). Naarmate de wind toeneemt, neemt de emissie toe (zie bijlage I; Freney et al., 1983). Door de wind wordt de lucht boven het mest oppervlak ververst, zodat het transport van ammoniak uit de mest naar de lucht kan toenemen. Factoren die niet bevorderlijk zijn voor de emissie waren tijdens deze meetperiode: de lage pH van de mest, de matige temperaturen, de hoge relatieve luchtvochtigheid en de regen (Freney et al., 1983; Jarvis en Pain, 1990). Deze factoren waren blijkbaar van grotere invloed dan de emissie bevorderende factoren: de emissiesnelheid was laag, wat resulteerde in een lage totale emissie.

In Tabel 4 staan resultaten van eerdere metingen aan dunne rundermest die werd toegediend met de zodebemester en met de sleepvoetenmachine in kort en lang gras.

Tabel 4. Mestgiften, ammoniakemissies en reductiepercentages van metingen aan de zodebemester en de sleepvoetenmachine op kleigrasland.

Toediening	grond- soort	Mestgift [m ³ /ha]	Emissie [% NH ₄ -N]		Reductie [%]	Literatuur
			machine	referentie		
Sleepvoetenmachine	kort gras	(5,5 cm)				
	klei	19,1	5,2	57,2	91	dit rapport
Sleepvoetenmachine	lang gras	(11,4 cm)				
	klei	17,9	2,8	57,2	95	dit rapport
Zodebemester	kort gras					
	klei	17,9	3,8	57,2	93	Mulder en Hol (1992)
	klei	20,0	10,0	55,8	82	Hol (1990)
Sleepvoetenmachine	kort gras	(6 - 8 cm)				
	klei	8,4	13,3	55,8	77	Bode (1990a)
	klei	17,3	27,0	55,8	52	" "
	klei	8,6	17,2	52,6	67	Bode (1990b)
	klei	10,7	21,7	80,1	73	Hol (1991a)
	klei	24,6	37,7	97,0	61	Hol (1991b)
Sleepvoetenmachine	lang gras	(± 12 cm)				
	klei	10,6	10,6	80,1	87	Hol (1991a)

De weersomstandigheden waren bij de experimenten van Mulder en Hol (1992), Hol (1990), Bode (1990a), Bode (1990b) en Hol (1991a), afgezien van de lagere windsnelheid, vergelijkbaar met die tijdens het in dit rapport beschreven experiment: temperaturen tussen 15-20°C overdag, bewolkt en weinig of geen regen. De emissies van de referentievelden zijn van vergelijkbaar niveau als de emissie in het hier beschreven experiment, met uitzondering van het experiment van Hol (1991a)

en Hol (1991b). Toen waren de emissie van de referentievelden respectievelijk 80% en 97% van de opgebrachte ammoniumstikstof.

Uit deze cijfers blijkt dat de reductie na toediening van mest met de sleufvoetenmachine, ongeacht de graslengte, vergelijkbaar is met de reductie na toediening met de zodebemester. De emissiereductie na gebruik van de sleufvoetenmachine in kort en lang gras is vooralsnog vergelijkbaar met de emissiereductie na mesttoediening met de sleepvoetenmachine in lang gras, hoewel de mestgift bij de sleufvoetenmachine bijna twee keer zo groot was. In vergelijking met de sleepvoetenmachine in kort gras, reduceert de sleufvoetenmachine de emissie beter.

Op basis van deze proef kan geen verschil in emissiereductie worden onderscheiden tussen het gebruik van de sleufvoetenmachine in kort en lang gras. In tegenstelling tot de sleepvoetenmachine brengt de sleufvoetenmachine de mest enkele centimeters in de grond, waardoor het emitterend oppervlak wordt verkleind. De afdekking door het gras speelt dan blijkbaar geen (grote) rol meer.

*hier niet
vergelijken!*

5 Samenvatting en conclusies

In dit experiment is de emissie van dunne rundermest na toediening door de sleufvoetenmachine in kort en lang gras vergeleken met de emissie na bovengronds breedwerpig toedienen op kort gras. De sleufvoetenmachine is een kruising tussen de zodebemester en de sleepvoetenmachine. De machine tilt het gras iets op en trekt vervolgens sleufen, waarin de mest wordt neergelegd.

De meetperiode werd gekenmerkt door veel wind (5-8 m/s op 2,4 m) tijdens de eerste drie dagen, temperaturen lager dan 13°C, zware bewolking en af en toe regen (ca. 17 mm in totaal).

De emissie van het referentieveld met bovengronds breedwerpige dunne rundermest op kort gras (5,5 cm) bedroeg 57% van de toegediende ammoniumstikstof. Na toediening van de mest met de sleufvoetenmachine in kort gras werd de emissie teruggebracht tot 5% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De reductie bedroeg 91% ten opzichte van de referentie. Na toediening van de mest met de sleufvoetenmachine in lang gras (11,4 cm) was de ammoniakemissie lager dan na toediening in kort gras, namelijk 3% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Dit kwam waarschijnlijk doordat de mest beter kon worden afgesloten van de lucht door het langere gras. Dit betekent een reductie van 95% ten opzichte van het referentieveld. Op grond van de resultaten van deze proef blijkt dat de sleufvoetenmachine in een vergelijking met de zodebemester en sleepvoetenmachine wat betreft emissiereductie dichterbij de zodebemester dan bij de sleepvoetenmachine ligt.

→
gemiddeld als zodebemester?

Literatuur

Anoniem, 1992. Sleufvoetenmachine voor veenweidegebied, Oogst 19, 42.

Bode, M.J.C. de, 1990a. Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending; het effect van een aangepaste sleepslangenmachine bij aanwending van rundveemengmest op kort gemaaid grasland, IMAG-DLO-Meetploegverslag 34506-1500. IMAG-DLO, Wageningen.

Bode, M.J.C. de, 1990b. Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending; het effect van een aangepaste sleepslangenmachine bij aanwending van varkens- en rundveemengmest op kort gemaaid grasland, IMAG-DLO-Meetploegverslag 34506-1700. 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.

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, p1-31. 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., 1990. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: het effect van toedienen van dunne rundermest met de zodebemester III, IMAG-DLO-meetploegverslag (nog te publiceren). IMAG-DLO, Wageningen.

Hol, J.M.G., 1991a. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: het effect van toedienen van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine bij kort en lang gras, IMAG-DLO-meetploegverslag 34506-3200. IMAG-DLO, Wageningen.

Hol, J.M.G., 1991b. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: het effect van toedienen van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine bij kort, IMAG-DLO-meetploegverslag (nog te publiceren). IMAG-DLO, Wageningen.

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

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992. De ammoniakemissie na toediening van dunne varkensmest met de zodebemester en sleufvoetenmachine in kort en lang gras, IMAG-DLO-nota (nog te publiceren). 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.

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 3a). Bij afwezigheid van ammoniak bovenwinds van het proefveld wordt de ammoniakflux F vanaf het veld gegeven door:

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

waarin:

- F = flux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
- x = aanstroamlengte, de afstand tussen de plaats waar de wind het veld binnenkomt en de centrale mast [m];
- z_p = de hoogte waar de ammoniakconcentratie gelijk wordt aan de achtergrond (zie Figuur 3b) [m];
- z_0 = de ruwheidslengte (de hoogte waarop u gelijk aan 0 wordt) [m];
- $u(z) \cdot c(z)$ = 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:

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

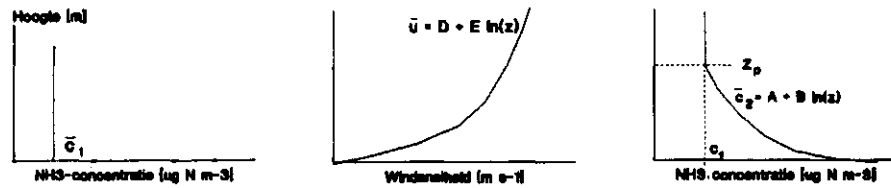
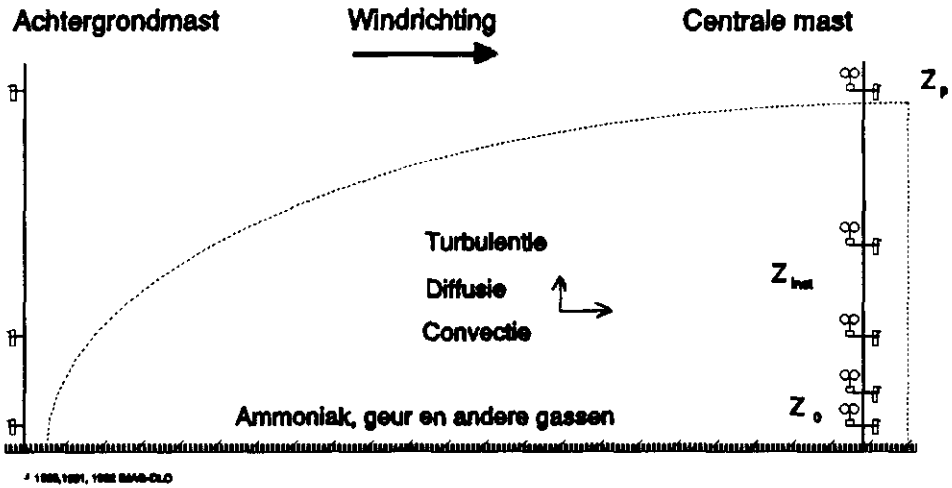
Bij aanwezigheid van ammoniak in de achtergrondlucht moeten zowel boven- als benedenwinds de profielen van de ammoniakconcentratie worden vastgesteld (Figuur 3b). Met deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (zie Figuur 3c). De geïntegreerde horizontale flux over de hoogte levert voor beide meetposities de flux door een vertikaal vlak van eenheidsbreedte. De netto flux van het proefveld is het verschil tussen de fluxen door beide verticale vlakken. De flux kan worden uitgedrukt per landoppervlakte d.m.v. deling door de aanstroamlengte:

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

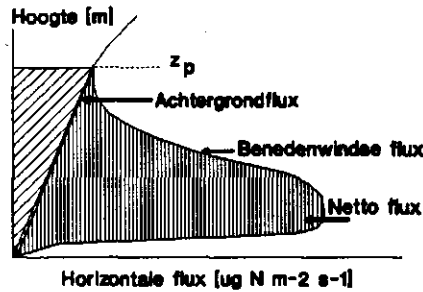
waarin:

- F_N = nettoflux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
- $c_1(z)$ = 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:

$$u = D + E \ln(z) \tag{4}$$

$$c_2 = A + B \ln(z) \tag{5}$$

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.

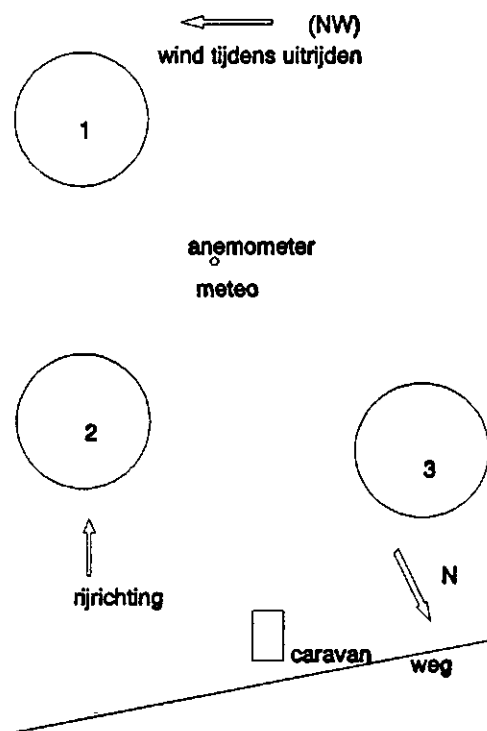
De ammoniakconcentratie in het midden van het veld is gemeten door zo snel mogelijk na het uitrijden (in ieder geval binnen 15 min) een 3,5 meter hoge mast in het midden van het veld te plaatsen (centrale mast). De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn 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.

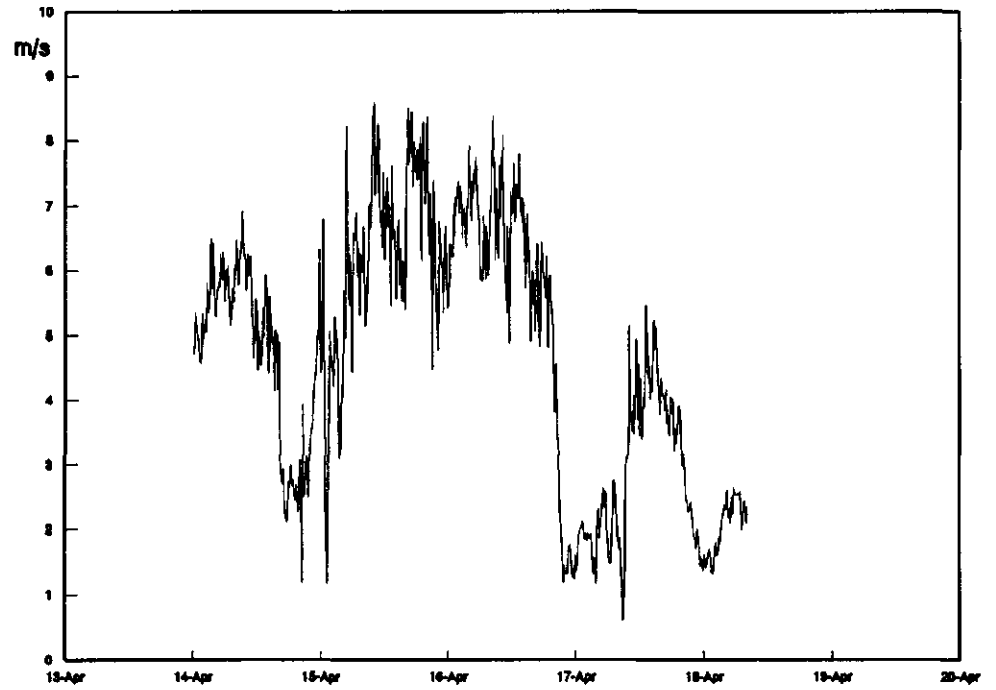
Bijlage II Schema proefvelden 14 t/m 18 april 1992



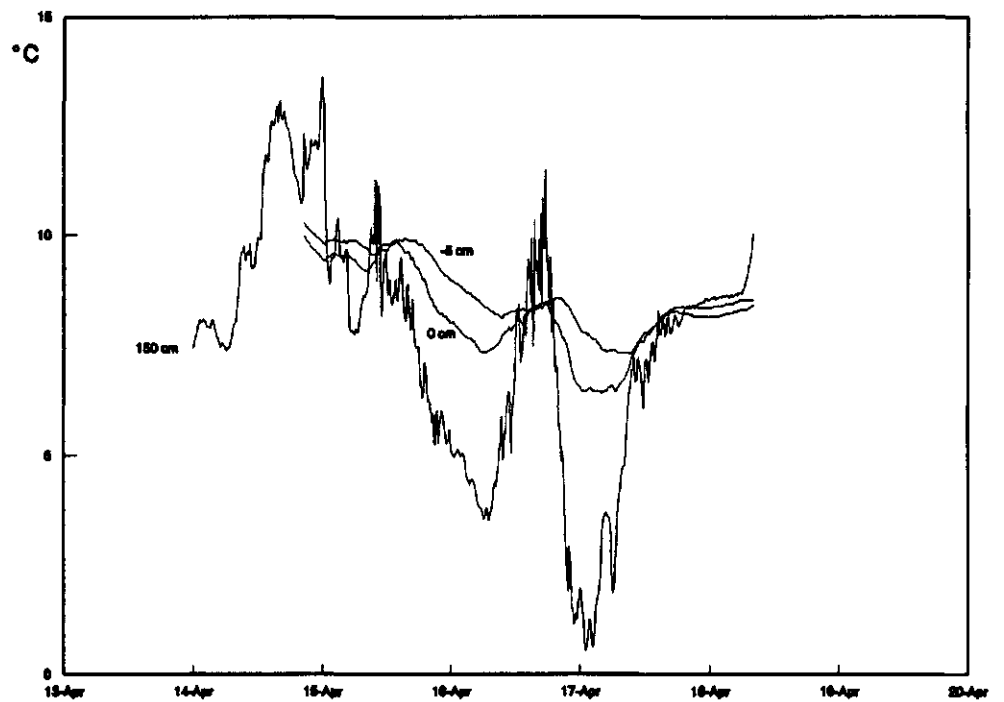
Figuur 4. Bovengronds breedwerpig verspreide dunne rundermest in kort gras (1), dunne rundermest toegediend met de sleufvoetenmachine in kort gras (2) in lang gras (3).

- | | |
|---------------|---|
| Veld 1 | Snel uitgereden en goed verspreid; de mest bleef aan het korte gras kleven; |
| Veld 2 | Goed uitgereden, duurde alleen langer dan referentieveld door grotere werkbreedte en lagere rijnsnelheid. De mest leek goed verdeeld, maar in het korte gras waren de sporen beter zichtbaar dan in het langere gras. |
| Veld 3 | Goed uitgereden, maar eveneens niet snel. De mest was onder het lange gras nauwelijks zichtbaar. |

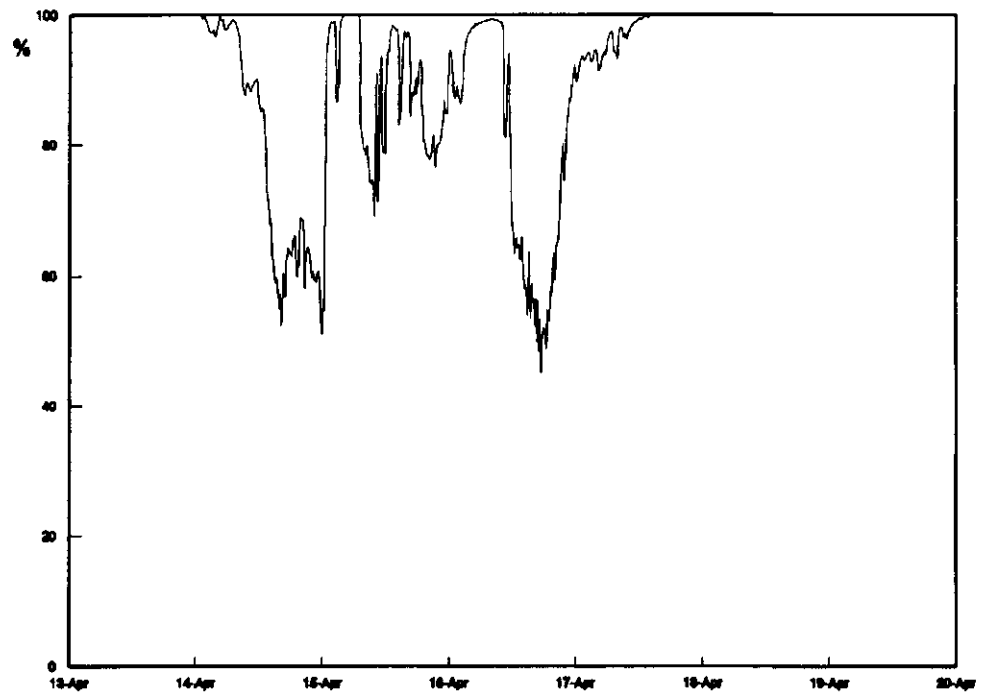
Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment



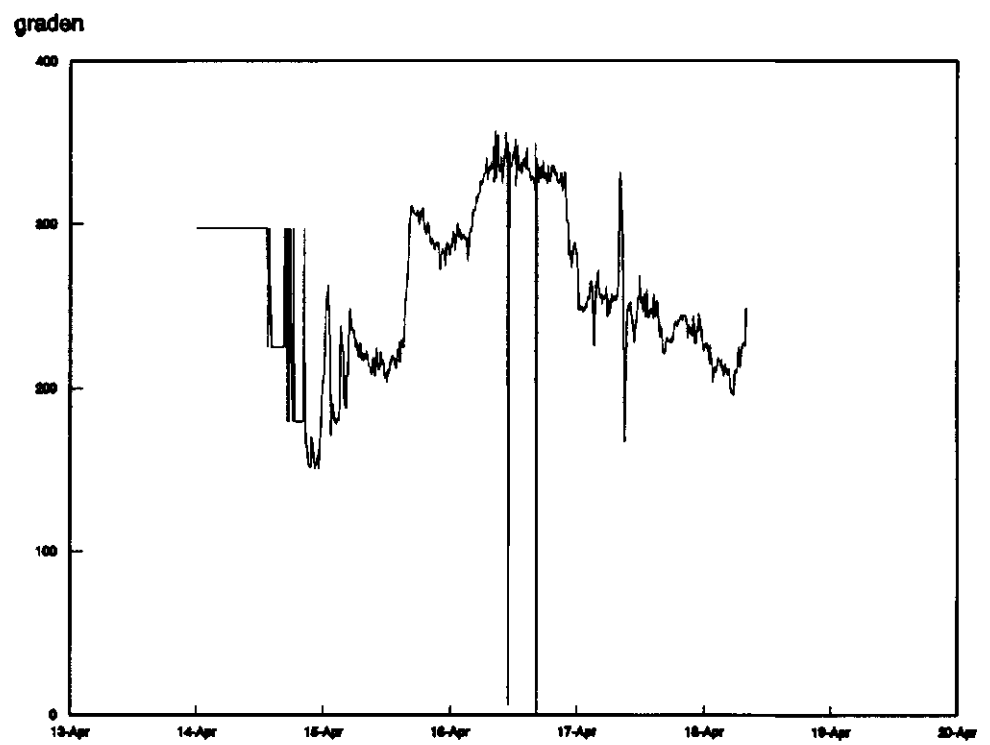
Figuur 5. Windsnelheid op 2,4 m hoogte.



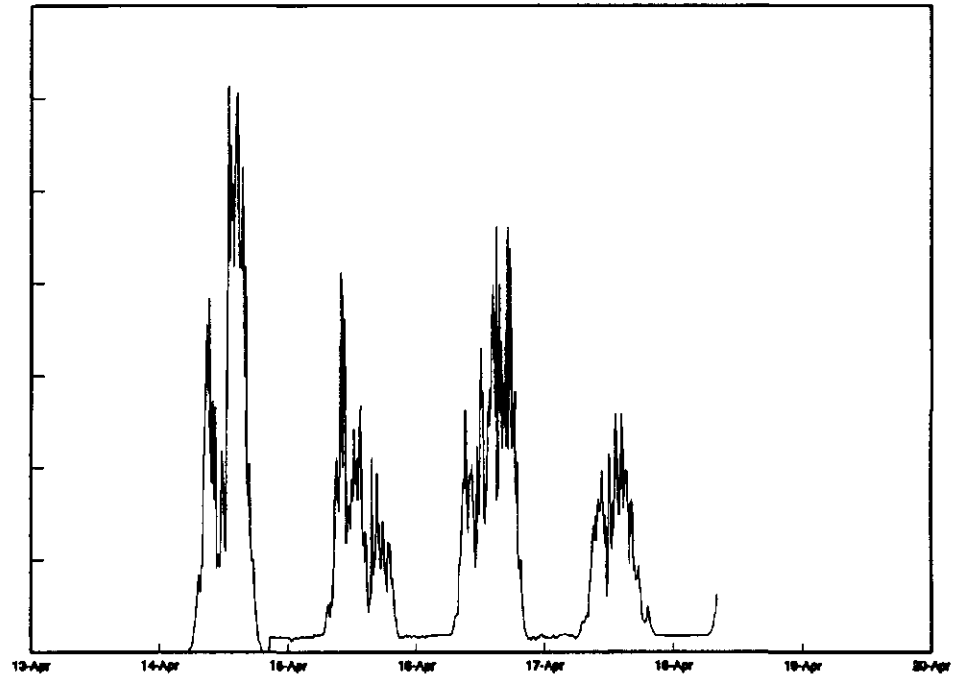
Figuur 6. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte en aan de grond; bodentemperatuur op 5 cm diepte.



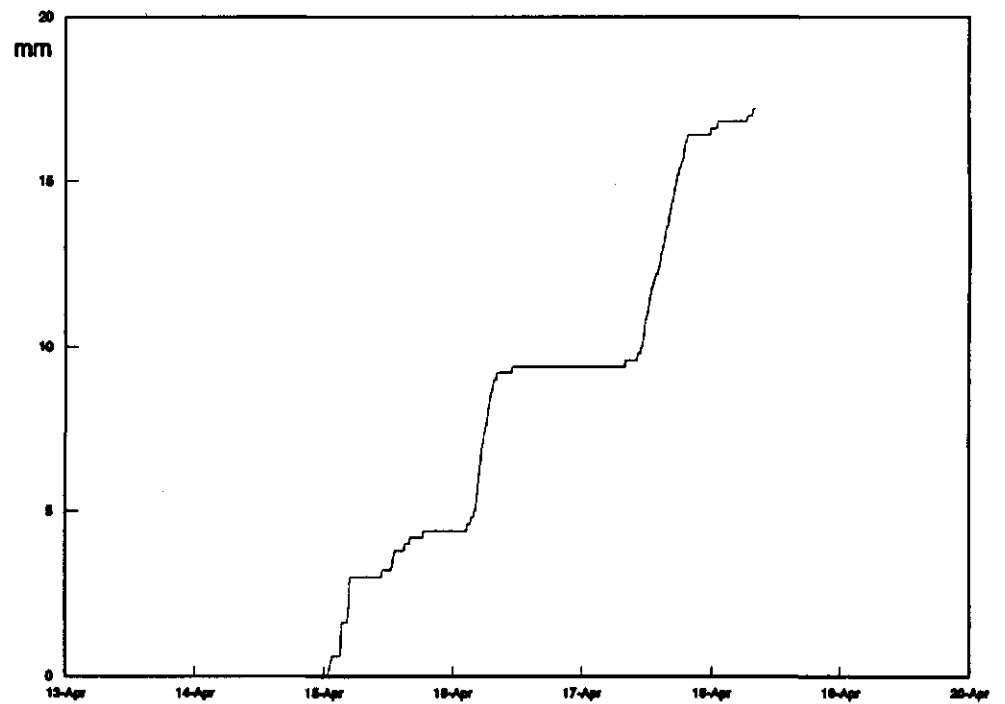
Figuur 7. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.



Figuur 8. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 9. Globale straling.



Figuur 10. Regenhoeveelheid.

Bijlage IV Emissiesnelheid per meetmethode

Bovengronds breedwerpig dunne rundermest kort gras (referentieveld)

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	159,55	3,55	10,36	85,27
½ - 1½ uur	117,18	8,35	24,40	12,40
1½ - 3 uur	58,31	11,99	35,05	17,82
3 - 6 uur	19,08	14,35	41,94	21,32
6 - 11 uur	7,29	15,88	46,43	23,60
11 - 23 uur	3,43	17,55	51,30	26,07
23 - 35 uur	2,06	18,59	54,34	27,62
35 - 48 uur	1,03	19,13	55,92	28,42
48 - 71 uur	0,08	19,20	56,13	28,53
71 - 96 uur	0,35	19,55	57,16	29,05

Sleufvoetenmachine kort gras

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	18,34	0,37	1,06	0,54
½ - 1½ uur	11,35	0,85	2,44	1,24
1½ - 3 uur	4,07	1,10	3,17	1,61
3 - 6 uur	1,29	1,27	3,63	1,85
6 - 11 uur	1,32	1,51	4,33	2,20
11 - 22 uur	0,46	1,73	4,97	2,53
22 - 34 uur	0,00	1,73	4,97	2,53
34 - 47 uur	0,14	1,81	5,19	2,64
47 - 71 uur	0,00	1,81	5,19	2,64
71 - 95 uur	0,00	1,81	5,19	2,64

Sleufvoetenmachine lang gras

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	7,37	0,15	0,45	0,23
½ - 1½ uur	5,65	0,37	1,13	0,58
1½ - 3 uur	2,10	0,51	1,55	0,79
3 - 6 uur	0,03	0,51	1,56	0,79
6 - 11 uur	0,64	0,65	1,97	0,00
11 - 23 uur	0,05	0,67	2,04	1,04
23 - 35 uur	0,00	0,67	2,04	1,04
35 - 48 uur	0,02	0,68	2,08	1,06
48 - 72 uur	0,00	0,68	2,08	1,06
72 - 96 uur	0,25	0,93	2,83	1,44