

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

De sleepvoetenmachine in kort en lang
gras op veengrond I

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

Meetploeg verslag 34506-4900a
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'.

2199034

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 Bodemgesteldheid en grashoogte	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 22 t/m 26 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 sleepvoetenmachine op veengrasland.

De bodem van veengrond heeft meer oneffenheden en is minder draagkrachtig dan bijvoorbeeld zandgronden. De sleepvoetenmachine is uitgerust met sleepvoeten, die over de bodem slepen en bodemoneffenheden volgen. Deze machine is niet zo zwaar als een zodebemester en met deze machine wordt niet in de grond gesneden, zodat de trekkracht aanzienlijk kan worden beperkt in vergelijking met zode-injecteurs en zodebemers. Dit biedt voor veengrond goede perspectieven (Buitink en Huijsmans, 1990). De mest wordt door de sleepvoetenmachine op de bodem tussen het gras gedeponerd. Doordat de mest onder het gras wordt gelegd en min of meer van de lucht wordt afgesloten, kan de emissie worden beperkt (Huijsmans, 1991).

Uit eerder onderzoek met de sleepvoetenmachine op kleigrond is gebleken dat de emissiereductie groter is naarmate het gras langer is. Toediening van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine in kort gras (6-8 cm) resulteerde in emissiereducties die tussen 52% en 77% liggen (Bode, 1990a; Bode, 1990b; Hol, 1991a; Hol, 1991b). Toepassing van de sleepvoetenmachine in lang gras (hoger dan 10 cm) reduceerde de emissie met 87% (Hol, 1991a).

In het beschreven experiment is de emissie na toediening met de sleepvoetenmachine in kort en lang gras vergeleken met de emissie na bovengronds, breedwerpig toedienen in kort gras.

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 bij benadering cirkelvormig 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 mesttoedieningstechnieken worden vergeleken met de emissie van bovengronds, breedwerpig uitgereden onbehandelde mest. Ten opzichte van het laatstgenoemde veld - het zogenaamde referentieveld - kan een reductiepercentage worden berekend. De ammoniakemissie wordt uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof.

2.2 Opzet

Het experiment vond plaats op veengrasland van het ROC Zegveld. Dit is een melkveehouderijbedrijf, waar de mest in een silo wordt opgeslagen. De in dit experiment gebruikte dunne rundermest was afkomstig van dit bedrijf. In totaal werden drie proefvelden op grasland bemest. In Tabel 1 staan de gebruikte machines en grashoogten van deze proefvelden gegeven. Bij de toediening werd uitgegaan van mestgiften van 15 m³/ha mest.

Tabel 1. Overzicht van de gebruikte toedieningsmachine en grashoogte per meetobject tijdens het experiment.

Veld	Toedieningsmachine	Grashoogte	Kenmerken
1	Vacuümtank	kort	werkbreedte ca. 9 m; referentieveld; gras gemaaid dag voor proef
2	Sleepvoetenmachine	kort	werkbreedte 5 m; gras gemaaid dag voor proef
3	Sleepvoetenmachine	lang	werkbreedte 5m; gras niet gemaaid

Om de resultaten van de verschillende proefvelden te kunnen vergelijken, zijn de factoren die de emissie kunnen beïnvloeden voor de proefvelden 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). In het algemeen treedt 40-50% van de totale emissie binnen de eerste 6 uur (Jarvis en Pain, 1990) en 80-90% van de totale emissie in de eerste 48 uur op (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 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 monsterna-

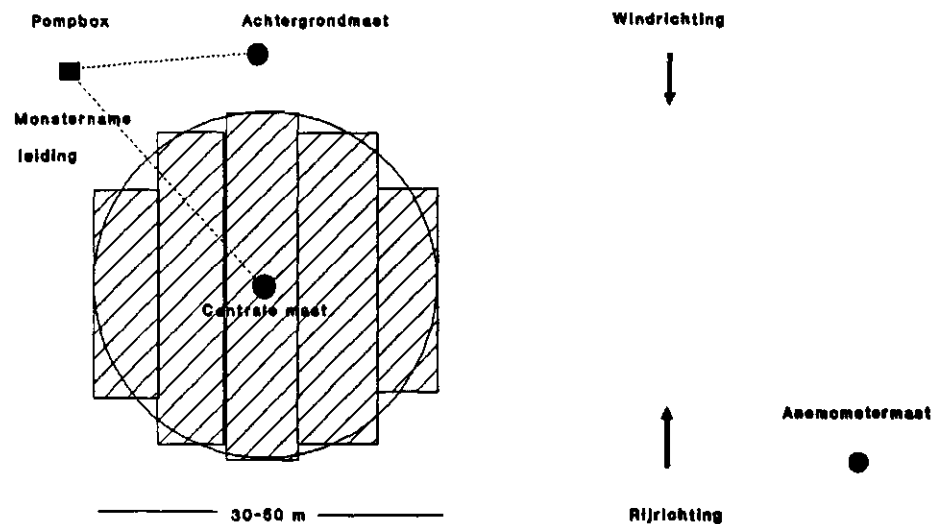
meperiodes na moment van toedienen zijn gekozen:

- 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 staat een schema van een proefveld geïllustreerd. In deze figuur staan ook de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast weergegeven. Nadat de helft van een proefveld is uitgereden, is de centrale mast geplaatst en de meting gestart. Met deze mast is 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 werden op verschillende hoogten gaswasflessen met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp werd lucht door de gaswasflessen gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur achterbleef. In het laboratorium van het IMAG-DLO is, 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 wordt gemeten, wordt de ammoniakconcentratie in de lucht bepaald. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentratie wordt de hoeveelheid ammoniak berekend die uit de mest is vervluchtigd.



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

Voor het uitrijden is de dunne rundermest in viervoud bemonsterd. De mestmonsters zijn geanalyseerd op het gehalte aan ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

Voor een goede beschrijving van de meetomstandigheden zijn de vochtigheid van de bodem en de grashoogte bepaald. Het bodemvochtgehalte is op basis van droog gewicht bepaald. Van de bovenste 5 cm van de bodem zijn ca. 30 monsters per proefveld gestoken, die minstens 24 uur bij 105°C zijn gedroogd. De grashoogte is ca. 10 keer per veld met een eenvoudige grashoogtemeter gemeten.

Gedurende de hele meetperiode zijn de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd (hoogte 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 22 tot en met 26 april 1992. Op 22 april zijn de drie velden tussen 8:40 en 9:25 bemest. In bijlage II staat een schema van de ligging van de proefvelden ten opzichte van elkaar.

Het uitrijden van de mest op het referentieveld vond plaats tegen de heersende westelijke windrichting in om een zo goed mogelijke verdeling van de mest te krijgen. De mest op het referentieveld was zichtbaar, omdat de mest aan het korte gras bleef kleven. Het mesttoedienen met de sleepvoetenmachine duurde enkele minuten langer dan bij het referentieveld, omdat de machine langzamer reed en de werkbreedte kleiner was dan die van de vacuümtank. Daardoor moesten meer banen worden uitgereden. In het lange gras werd de mest door de sleepvoeten onder het gras gelegd, zodat de mest nauwelijks zichtbaar was. In het korte gras bleek dat de sleepvoeten te diep in de grond liepen: de sleepvoeten haalden de grond open, zodat na het uitrijden stukken van de zode op het gras lagen. De afstelling was tussen het uitrijden in lang en kort gras niet veranderd. In tegenstelling tot het korte gras bood het lange gras meer houvast, waardoor de sleepvoeten niet te diep in de grond werden getrokken.

Bij beide met de sleepvoetenmachine bemeste velden was de laatste, op de wind gelegen, baan wegens ruimtegebrek gebruikt om rond te rijden. Hierdoor was het gras platgereden. Het verschil tussen deze baan en de rest van het veld was bij het lange gras groter dan bij het korte gras.

3.2 Bodemgesteldheid en grashoogte

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als bosveen geklassificeerd. Het bodemvochtgehalte bedroeg 66-68%.

Een dag voor de begin van het experiment zijn twee velden gemaaid en is het gras direct weggehaald. De hoogte van het gras op dit gemaaide gedeelte bedroeg 6 cm (10 waarnemingen tussen 4-9 cm). Het gras op het ongemaaide veld was ongelijkmatig (veel bossen). De grashoogte was gemiddeld 11 cm (10 waarnemingen tussen 9-14 cm).

3.3 Weersomstandigheden

In bijlage III staan in de Figuren 5 t/m 9 het verloop van de windsnelheid op 2,3 m hoogte, de temperaturen op 1,5 m, windrichting, globale straling en regen in de tijd weergegeven. In Figuur 8 staat geen schaalverdeling bij de y-as, omdat de metingen van stralingsmeter niet betrouwbaar zijn. De figuur is toch in de bijlage opgenomen en kan worden gezien als indicatie voor de bewolking te fungeren. Vanwege het slecht functioneren van de dataregistratie zijn geen gegevens bekend over de relatieve luchtvochtigheid en temperaturen in de bodem en aan de grond.

Voor het uitrijden stond er weinig wind, was het nevelig en lag er dauw op het gras. Om ongeveer 8:30 uur nam de wind toe (tot 5-6 m/s op 2,3 m hoogte) en kwam bewolking opzetten vanuit westelijke richting. Om 12:00 uur werd de bewolking dikker, maar was wel af en toe de zon te zien. De temperatuur liep op 1,5 m boven het maaiveld op tot 21°C en daalde 's nachts naar 8°C.

De tweede dag was er meer en dikkere bewolking (zie figuur 8 in bijlage III) dan de eerste dag. In de middag regende het en viel er minder dan 0,5 mm regen. De temperatuur steeg tot 17°C en de windsnelheid bleef ongeveer gelijk aan de dag ervoor. 's Ochtends lag er dauw op het gras.

Op de derde dag nam de wind toe tot 6-7 m/s en was het zwaar bewolkt, maar het regende niet. Op de laatste dag veranderde het weer nauwelijks, behalve dat 2 mm regen viel.

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 van de gebruikte mest, afgezien van de pH en het drogestofgehalte, goed overeenkwam met de samenstelling uit de literatuur. De pH en het drogestofgehalte waren lager dan de literatuurwaarden, maar vielen wel binnen de spreiding van de gemiddelde mestsamenstelling. De verschillen zijn waarschijnlijk terug te voeren op verschillen in rantsoen en wateropname. Het rantsoen bestaat op ROC Zegveld uit 100% kuilgras.

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 (spreiding)
ammoniumstikstof	[g/kg]	2,6	2,4 (0,2 - 4,4)
totaalstikstof	[g/kg]	4,6	4,9 (2,4 - 7,8)
fosfor	[g/kg]	0,6	0,9 (0,3 - 3,4)
kalium	[g/kg]	4,7	5,1 (1,0 - 6,4)
pH	{-}	7,2	8,2 (7,0 - 8,8)
droge stof	[g/kg]	75,8	96 (34 - 200)
ruwe as	[% van ds]	25,8	28 (11 - 136)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	6,0	^a

^a geen waarneming.

3.5 Ammoniakemissie

In bijlage IV is het emissieverloop van elk proefveld per meetperiode weergegeven. In Tabel 3 staan de mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per meetobject.

Tabel 3. Gemiddelde giften en ammoniakemissie van bovengronds, breedwerpig verspreide en met de sleepvoetmachine toegediende dunne rundermest.

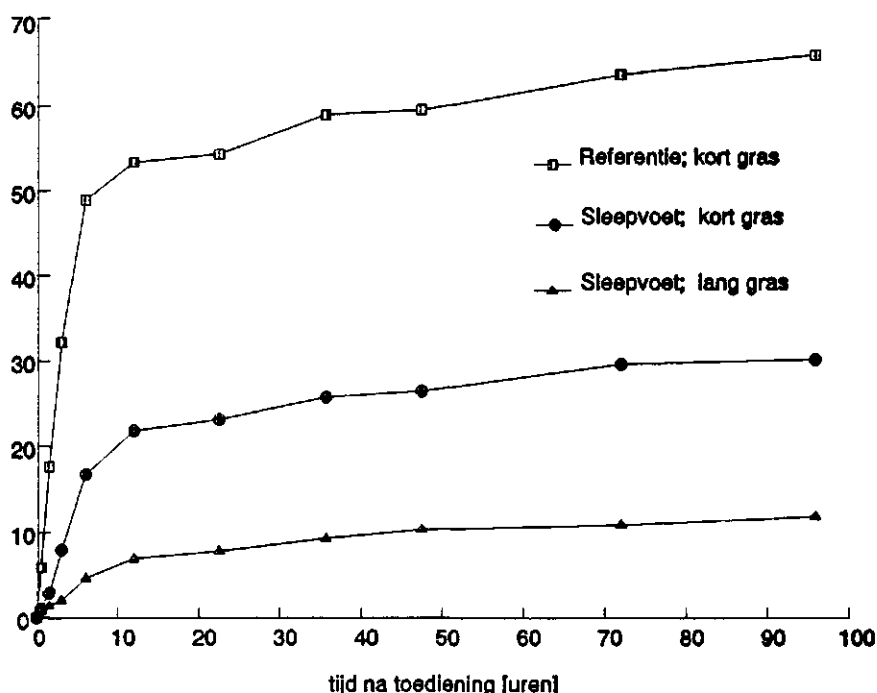
Mesttoediening	Giften			Ammoniakemissie			Reductie
	mest	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N		N-tot	tov referentie
	[m ³ /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	[%]
Onbehandeld kort	24,9	65,9	114,0	43,5	66,0	38,2	-
Sleepvoet kort	13,5	35,7	61,8	10,8	30,1	17,4	54
Sleepvoet lang	14,0	37,0	64,1	4,4	11,9	6,9	82

De mestgift was bij het referentieveld bijna 25 m³/ha en dus veel groter dan de geplande 15 m³/ha. Na bovengrondse, breedwerpige toediening van dunne rundermest op kort gras vervluchtigde 66% van de aanwezige ammoniumstikstof. Toediening van de mest in kort gras met de sleepvoetenmachine resulteerde in een verlaging van de emissie tot 30% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissie werd ten opzichte van het referentieveld met 54% gereduceerd. Het toedienen van de mest met de sleepvoetenmachine in lang gras resulteerde in een grotere afname van de emissie: 12% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof emitterde. Dit betekent een reductie van 82% ten opzichte van de referentie.

In Figuur 2 is het verloop van de emissie weergegeven. In deze figuur komen de verschillen in emissieniveau tussen de bovengronds breedwerpig toegediende mest en van de met de sleepvoetenmachine toegediende mest duidelijk naar voren. Uit deze figuur en bijlage IV blijkt dat de emissiesnelheid gedurende de eerste uren na toediening het hoogst was. Het verloop van de emissies van de referentie en de mest die met de sleepvoetenmachine in kort gras was toegediend verliepen ongeveer gelijk. Na 6 uur was resp. 74% en 76% en na 47 uur resp. 90% en 88% van de totale emissie opgetreden. De emissie na mesttoediening door de sleepvoetenmachine in lang gras verliep vlak na het toedienen geleidelijker dan bij de andere velden. Na 6 uur had 39% van de totale emissie plaatsgevonden. Na 47 uur was dit percentage 86% en bijna gelijk aan dat van de andere velden.

emissie uitgedrukt als percentage van

opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof



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

4 Discussie

Uit Figuur 2 en Bijlage IV blijkt dat na de meetperiode van 96 uur de emissie van het referentieveld doorging, terwijl de emissiesnelheden van de andere velden vrijwel nul waren. Als langer was doorgemeten, zouden de berekende reductiepercentages hoger zijn uitgevallen dan in Tabel 3 en 4 staat.

De laatste baan van het met de sleepvoetenmachine in lang gras bemeste veld, was gebruikt om rond te rijden en was daardoor platgereden. De mest werd niet zozeer onder het gras als wel op het gras gelegd. Ondanks dat de lucht vrijwel de gehele meetperiode over dit gedeelte was aangevoerd, was de reductie nog altijd 82%.

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

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

Grashoogte	Grond- soort	Mestgift [m ³ /ha]	Emissie [% NH ₃ -N]		Reductie [%]	Literatuur
			machine	referentie		
r	veen	13,5	10,8	66,0	54	dit rapport
	klei	8,4	13,3	55,8	77	Bode (1990a)
Kort gras (6-8 cm)	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)
Lang gras (10-12 cm)	veen	14,0	4,4	66,0	82	dit rapport
	klei	10,6	10,6	80,1	87	Hol (1991a)

Uit deze tabel blijkt dat het reductiepercentage na toediening van mest met de sleepvoetenmachine in kort gras op veengrond vergelijkbaar is met de reductie na toediening met dezelfde machine in kort gras op kleigrond. Ook voor lang gras komt de in dit experiment op veengrond gemeten emissiereductie overeen met de reductie na toediening in lang gras op kleigrond.

5 Samenvatting en conclusies

In dit experiment is de ammoniakemissie van dunne rundermest na toediening door de sleepvoetenmachine in kort en lang gras vergeleken met de emissie na het bovengronds, breedwerpig toedienen van dunne rundermest op kort gras.

De meetdagen werden gekenmerkt door veel bewolking, redelijk veel wind (5-8 m/s op 2,3 m hoogte) en middagtemperaturen van 16 tot 21°C. Uit de bewolking viel weinig regen: de tweede dag viel 0,5 mm en de vierde dag 2 mm regen. De windrichting kwam gedurende de meetperiode vrijwel constant uit westelijke richting.

De emissie van het referentieveld met bovengrondse, breedwerpig toegediende dunne rundermest op kort gras (6 cm) bedroeg 66% van de toegediende ammoniumstikstof. Door toediening van de mest met de sleepvoetenmachine in kort gras (6 cm) werd de emissie teruggebracht tot 30% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De reductie bedroeg 54% ten opzichte van de referentie. Door toediening van de mest met de sleepvoetenmachine in lang gras (11 cm) was de ammoniakemissie lager dan na toediening in kort gras. Dit kwam waarschijnlijk doordat de mest kon worden afgedekt door het langere gras. Van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof emitterde 12%. Dit betekent een reductie van 82% ten opzichte van het referentieveld. De gevonden reductiecijfers komen overeen met de resultaten van vorige proeven op kleigrasland.

Literatuur

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.

Hoeksma, P., 1988, De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet, IMAG, 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 en Pain, 1990. Ammonia volatilisation from agricultural land, Proceedings No. 298, The Fertilizer Society, London.

Pain, B.F. en J.V. Klarenbeek, 1988, Anglo-Dutch experiments on odour and odour emissions from landspreading livestock wastes, IMAG-research report 88-2, Wageningen.

Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode

Theorie

De metingen van de ammoniakemissie worden uitgevoerd met de micrometeorologische massabalansmethode. Een uitgebreide beschrijving van deze methode is te vinden in Denmead (1983). Hier wordt volstaan met een beknopte beschrijving. De micrometeorologische massabalansmethode is gebaseerd op het verschil in aan- en afvoer van ammoniak over een proefveld (Figuur 3a). Bij afwezigheid van ammoniak bovenwinds van het proefveld wordt de ammoniakflux F vanaf het veld gegeven door:

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

waarin:

F	=	flux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
x	=	aanstroamlengte, de afstand tussen de plaats waar de wind het veld binnenkomt en de centrale mast [m];
z_p	=	de hoogte waar de ammoniakconcentratie gelijk wordt aan de achtergrond (zie Figuur 3b) [m];
z_0	=	de ruwheidslengte (de hoogte waarop u gelijk aan 0 wordt) [m];
$u(z) \cdot c(z)$	=	de in de tijd gemiddelde horizontale flux veroorzaakt door horizontale convectie op hoogte z van de centrale mast [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
$u'(z) \cdot c'(z)$	=	de turbulente flux veroorzaakt door horizontale diffusie loodrecht op de windrichting [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$].

In het algemeen wordt aangenomen dat de laatste term verwaarloosbaar is ten opzichte van de eerste, convectieve, term (Denmead, 1983; Denmead et al., 1977; Beauchamp et al., 1982; Beauchamp et al., 1987). Vergelijking (1) wordt daarom vereenvoudigd tot:

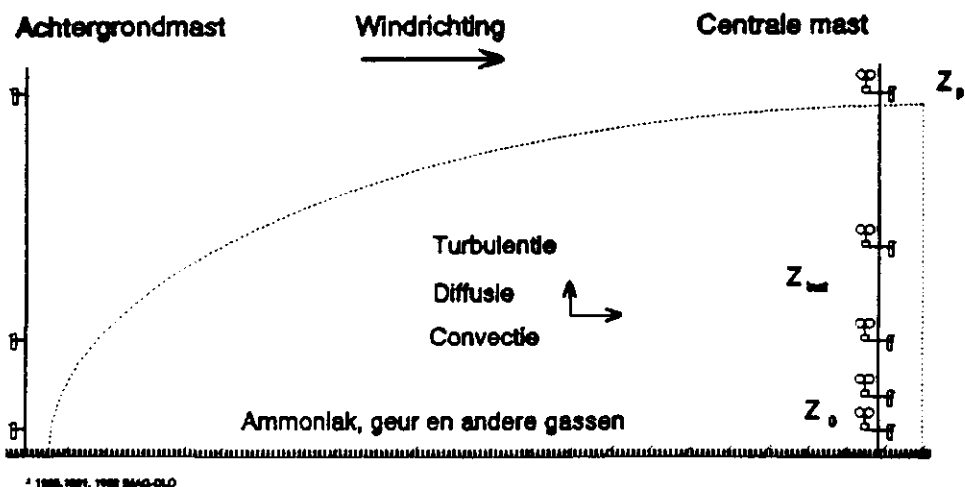
$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (2)$$

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

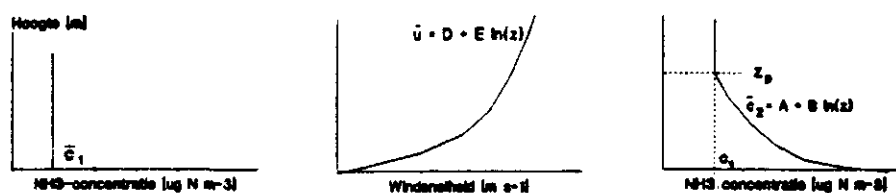
$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

waarin:

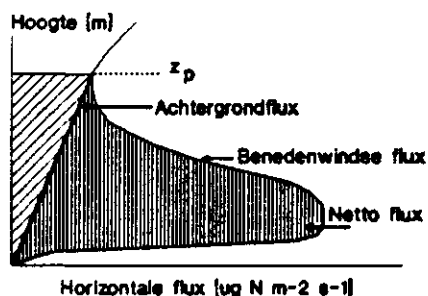
F_N	=	nettoflux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
$\bar{c}_1(z)$	=	de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}];
$\bar{c}_2(z)$	=	de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}].



(a)



(b)



(c)

Figuur 3. Schematisch overzicht van de stappen in de bepaling van ammoniakemissie gebruikmakend van de micrometeorologische massabalansmethode; (a) veldopstelling in relatie tot windsnelheid, (b) typische vormen van de profielen van ammoniakconcentratie en windsnelheid en (c) de profielen van de horizontale flux boven- en benedenwinds van het veld (naar Ryden en McNeill, 1984).

Uit voorgaand onderzoek bleek dat er een lineair verband bestaat tussen de logaritme van de hoogte en de windsnelheid en tussen de logaritme van de hoogte en de ammoniakconcentratie:

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

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

De ammoniakconcentratie in de achtergrondlucht is homogeen over de hoogte verdeeld.

Uitvoering

Bij het uitrijden wordt de mest verspreid zoals in Figuur 1 is weergegeven. De diameter van een veld is ongeveer 45 m. Een cirkelvormig veld vergemakkelijkt de berekening van de emissie. De benedenwindse flux kan dan in het midden van het veld worden gemeten, zodat de fetch voor alle windrichtingen gelijk is.

De ammoniakconcentratie in het midden van het veld is gemeten door zo snel mogelijk na het uitrijden (in ieder geval binnen 15 min) een 3,5 meter hoge mast in het midden van het veld te plaatsen (centrale mast). De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn verdeeld. Een monsternamepunt bestaat uit een wasfles gevuld met met 0,02 M HNO₃ als absorptievloeistof en een impinger. Een impinger maakt het mogelijk door middel van een pomp en aanzuigslangen lucht door de vloeistof te leiden. Het ammoniumgehalte in de absorptievloeistof is met behulp van een ionchromatograaf bepaald. De luchtsnelheid door de absorptievloeistof wordt ingesteld op ca. 2,5 l min⁻¹. De flow wordt aan het begin en eind van een meetperiode gemeten.

De achtergrondconcentratie is gemeten door bovenwinds van het veld een mast te plaatsen van 3,5 m hoogte (achtergrondmast). Vanwege het ontbreken van een profiel is deze mast van slechts 4 monstername punten voorzien. Bij draaiing van de wind wordt de achtergrondmast zo verplaatst dat deze bovenwinds van het veld blijft staan. Naast het proefveld is een mast opgesteld voorzien van 6 anemometers om het windprofiel te meten. Ook de anemometers zijn in hoogte logaritmisch over de mast verdeeld.

Literatuur

Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en Thurtell, 1978, Ammonia volatilization from sewage sludge in the field, J. Environ. Qual. 7, 141-146.

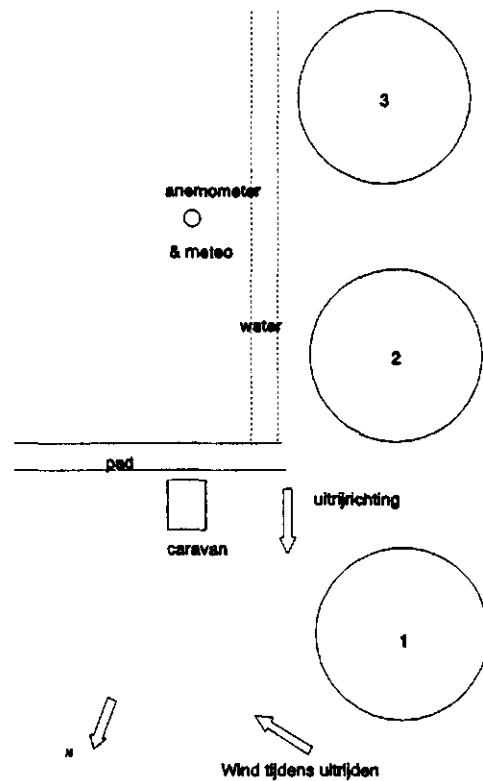
Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.

Denmead, O.T., J.R. Simpson en J.R. Freney, 1977, A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia, Soil Sci. Soc. Am. 41, 1001-1004.

Denmead, O.T., 1983, Micrometeorological methods for measuring gaseous losses of nitrogen in the field, in: J.R. Freney en J.R. Simpson (eds), Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Pub., Den Haag.

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

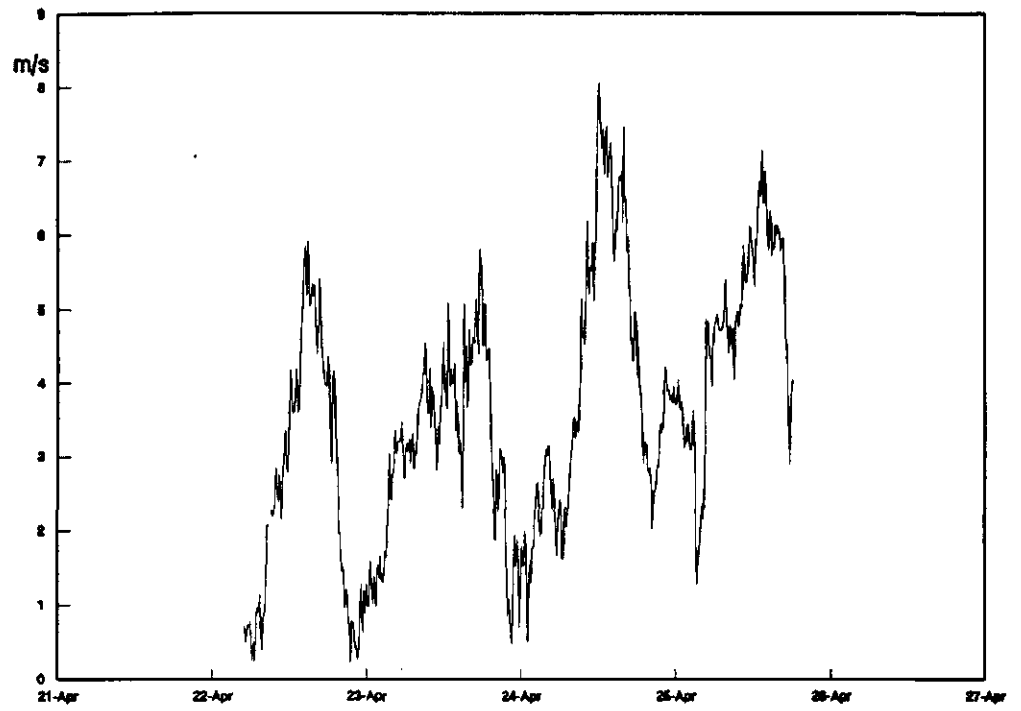
Bijlage II Schema proefvelden 22 t/m 26 april 1992



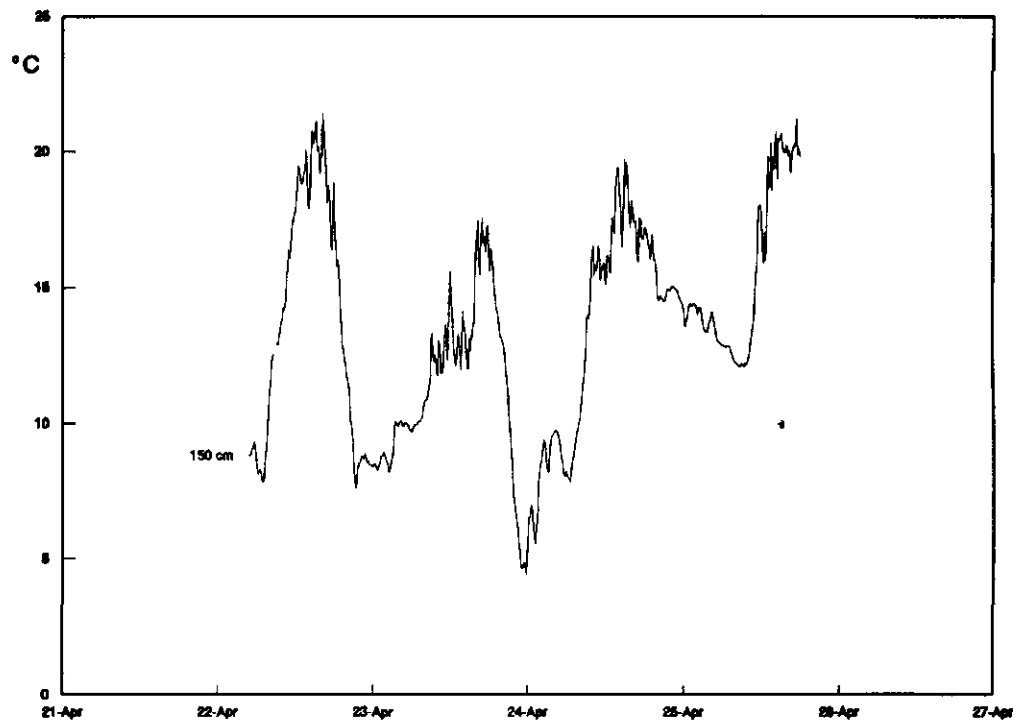
Figuur 4. Onbehandelde bovengronds breedwerpig verspreide mest in kort gras (1), mest verspreid met sleepvoetenmachine in kort gras (2) in lang gras (3).

- Veld 1** De mest op het referentieveld op kort gras was goed verdeeld.
- Veld 2** De sleepvoeten in kort gras haalden de grond open. De machine was waarschijnlijk niet helemaal goed afgesteld. Het laatste baantje werd steeds gebruikt om rond te rijden. Hierdoor was het gras platgereden. Deze baan was van belang, omdat die op de wind lag.
- Veld 3** De mesttoediening met de sleepvoetenmachine in lang gras zag er beter uit dan in kort gras. Hier liepen de sleepvoeten meer dóór het gras dan door de grond. Ook hier was het gras platter op de laatste, op de wind gelegen, baan. Het verschil tussen deze baan en de rest van het veld was door het lange gras groter dan bij het korte gras.

Bijlage III Weersomstandigheden tijdens het experiment

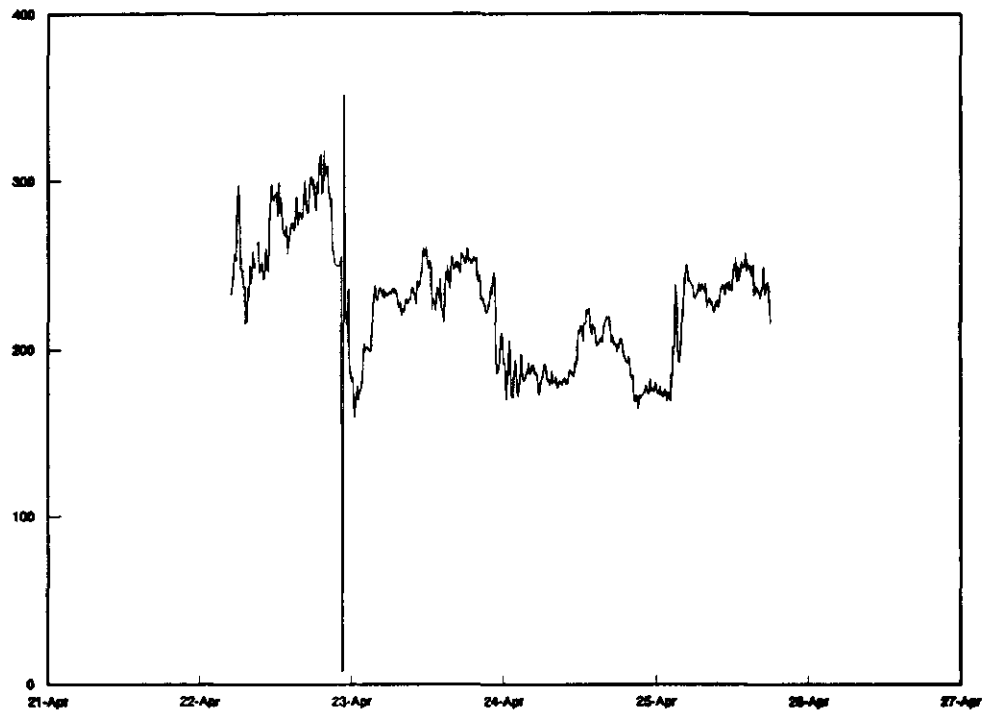


Figuur 5. Windsnelheid op 2,3 m hoogte.

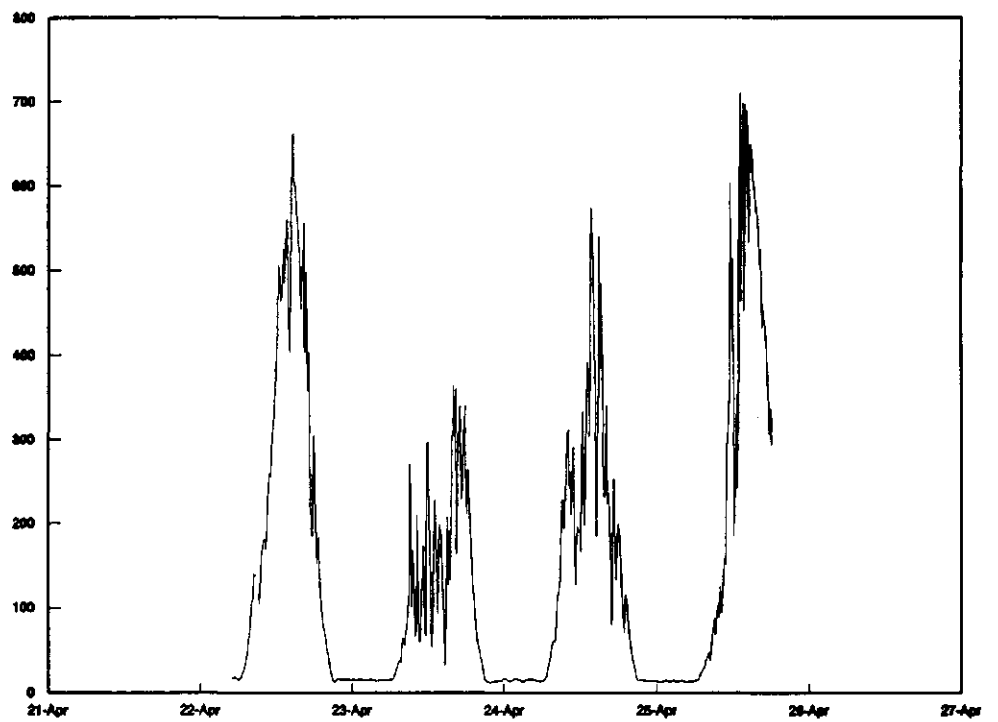


Figuur 6. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte.

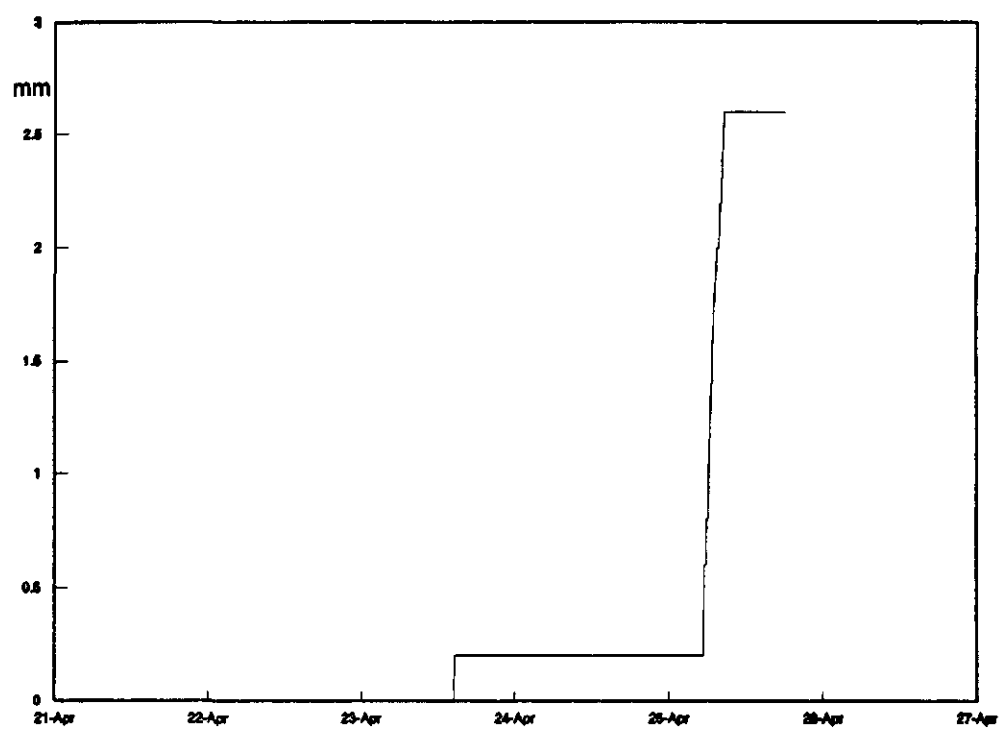
graden



Figuur 7. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 8. Globale straling.



Figuur 9. 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	185,60	3,87	5,87	3,39
½ - 1½ uur	185,84	11,61	17,62	10,18
1½ - 3 uur	156,96	21,20	32,18	18,60
3 - 6 uur	88,71	32,23	48,91	28,27
6 - 12 uur	11,96	35,14	53,33	30,83
12 - 22 uur	1,46	35,78	54,30	31,39
22 - 36 uur	5,57	38,85	58,95	34,08
36 - 47 uur	0,81	39,25	59,55	34,43
47 - 72 uur	2,71	42,01	63,74	36,85
72 - 96 uur	1,51	43,51	66,02	38,17

Sleepvoetenmachine kort gras

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	16,19	0,34	0,94	0,55
½ - 1½ uur	17,57	1,02	2,86	1,65
1½ - 3 uur	27,42	2,83	7,92	4,58
3 - 6 uur	26,89	5,99	16,77	9,69
6 - 11 uur	7,97	7,77	21,77	12,58
11 - 22 uur	1,05	8,24	23,08	13,33
22 - 35 uur	1,70	9,16	25,66	14,83
35 - 47 uur	0,54	9,43	26,41	15,25
47 - 72 uur	1,12	10,58	29,63	17,11
72 - 95 uur	0,18	10,75	30,12	17,40

Sleepvoetenmachine lang gras

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₃ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	13,06	0,27	0,74	0,42
½ - 1½ uur	5,45	0,48	1,31	0,76
1½ - 3 uur	3,54	0,71	1,91	1,10
3 - 6 uur	7,96	1,70	4,60	2,66
6 - 12 uur	3,60	2,55	6,91	3,99
12 - 22 uur	0,76	2,89	7,82	4,51
22 - 35 uur	0,99	3,43	9,27	5,35
35 - 47 uur	0,74	3,79	10,26	5,92
47 - 72 uur	0,20	4,00	10,82	6,24
72 - 96 uur	0,39	4,39	11,87	6,85