

51

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

51

) 1992
20 25

Verskillende mestgiften met de
zodebemester en sleepvoetenmachine
op grasland

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

dlo



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Verschillende mestgiften met de
zodebemester en sleepvoetenmachine
op grasland

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

Meetploeg verslag 34506-5400/5500
November 1992

De uitkomsten van dit onderzoek gelden alleen voor de omstandigheden waaronder de experimenten plaats vonden. Vergelijking is derhalve niet zonder meer mogelijk en is voorbehouden aan de rapporteur.

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59
6700 AB Wageningen

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

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Methode	3
	2.1 Inleiding	3
	2.2 Opzet	3
	2.3 Uitvoering	4
3	Resultaten zodebemester	5
	3.1 Inleiding	5
	3.2 Bodemgesteldheid en grashoogte	5
	3.3 Weersomstandigheden	5
	3.4 Mestsamenstelling	6
	3.5 Ammoniakemissie	6
4	Resultaten sleepvoetenmachine	8
	4.1 Inleiding	8
	4.2 Bodemgesteldheid en grashoogte	8
	4.3 Weersomstandigheden	8
	4.4 Mestsamenstelling	8
	4.5 Ammoniakemissie	9
5	Discussie	11
6	Conclusies	12
	Literatuur	13
Bijlage I	Micrometeorologische massabalansmethode	14
Bijlage II	Schema proefvelden 17 t/m 21 juni 1992	17
Bijlage III	Weersomstandigheden zodebemester	18
Bijlage IV	Emissiesnelheid per meetperiode zodebemester	21
Bijlage V	Schema proefvelden 23 t/m 27 juni 1992	24
Bijlage VI	Weersomstandigheden sleepvoetenmachine	25
Bijlage VII	Emissiesnelheid per meetperiode sleepvoetenmachine	28

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 variërende hoeveelheden dunne rundermest met een zodebemester en een sleepvoetenmachine op kleigrasland.

De emissiereductie bij gebruik van de zodebemester berust op het verkleinen van het emitterende mestoppervlak door de mest in de grond te brengen. De sleufdiepte en -breedte zijn afhankelijk van de bodemconditie. Als teveel mest met de zodebemester wordt toegediend, zullen de sleuven overstromen en zal het effect van de verkleining van het emitterend oppervlak deels te niet worden gedaan.

De emissiereductie bij gebruik van de sleepvoetenmachine berust eveneens op het verkleinen van het emitterende mestoppervlak doordat de mest in strookjes tussen het gras wordt geplaatst. Naarmate het gras langer is, wordt de mest beter afgeschermd van de lucht. Bij grotere mestgiften kunnen de strookjes mest breder worden en kan het gras worden besmeurd. Hierdoor zal de ammoniakemissie naar verwachting toenemen.

Uit windtunnelonderzoek is gebleken dat, naarmate de mestgift bij bovengronds breedwerpig verspreiden groter werd (10, 30 en 90 m³/ha), de absolute emissie (kg/ha) eveneens groter werd. De relatieve emissie (percentage van toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof) werd echter lager (Pain en Klarenbeek, 1988). Uit resultaten van vorige experimenten met de sleepvoetenmachine (Bode, 1990a; Bode, 1990b; Hol, 1991; Hol, 1992a; Hol, 1992b; Mulder en Hol, 1992), waarbij de mestgiften tussen 8-25 m³/ha lagen, bleek echter dat een toename van de mestgift een toename van zowel de absolute als de relatieve emissie tot gevolg had. Bij vorige experimenten met de zodebemester lagen de mestgiften tussen 18-20 m³/ha, zodat op basis daarvan niets kan worden gezegd over het effect van bijvoorbeeld een mestgift van 30 m³/ha.

De experimenten met de zodebemester en met de sleepvoetenmachine zijn in twee opeenvolgende weken uitgevoerd. In dit rapport wordt verslag gedaan van twee afzonderlijke experimenten. De resultaten gelden slechts voor de omstandigheden waaronder is gemeten.

2 Methode

2.1 Inleiding

De ammoniakemissie van een bemest veld werd 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. Een proefveld was bij benadering cirkelvormig en had een oppervlakte van ca. 0,15 ha. Voor deze meetmethode zijn concentratie- en windsnelheidsmetingen op bepaalde hoogten nodig. In bijlage I wordt een korte toelichting op deze methode gegeven.

De meetmethode was 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 - werd een reductiepercentage berekend. De ammoniakemissie werd uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof.

2.2 Opzet

De experimenten werden in twee opeenvolgende weken 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 gebruikte dunne rundermest was bij beide experimenten afkomstig van dit bedrijf. In beide weken werden vijf proefvelden bemest op grasland, dat enkele dagen voor het experiment was gemaaid. Op één van deze velden werd de mest bovengronds, breedwerpig toegediend met een vacuümtank. In beide meetweken was de mestgift op het referentieveld 15 m³/ha. De werkbreedte van de vacuümtank was ca. 8,5 m. In Tabel 1 zijn de gegevens van de zodebemester en sleepvoetenmachine samengevat.

Tabel 1. Mestgiften en werkbreedte van toedieningsmachines in twee experimenten op kleigrasland.

Toedieningsmachine	Werkbreedte [m]	Mestgiften [m ³ /ha]			
		Veld 1	Veld 2	Veld 3	Veld 4
Zodebemester	5,6	15	20	30	30
Sleepvoetenmachine	5,0	15	15	30	30

Om de emissie van de vijf velden van één experiment te kunnen vergelijken, werden de factoren die de emissie kunnen beïnvloeden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten werden ongeveer gelijktijdig gestart, zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen konden worden uitgesloten.

Uit voorgaand onderzoek bleek 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 na het moment van toedienen werden gekozen:

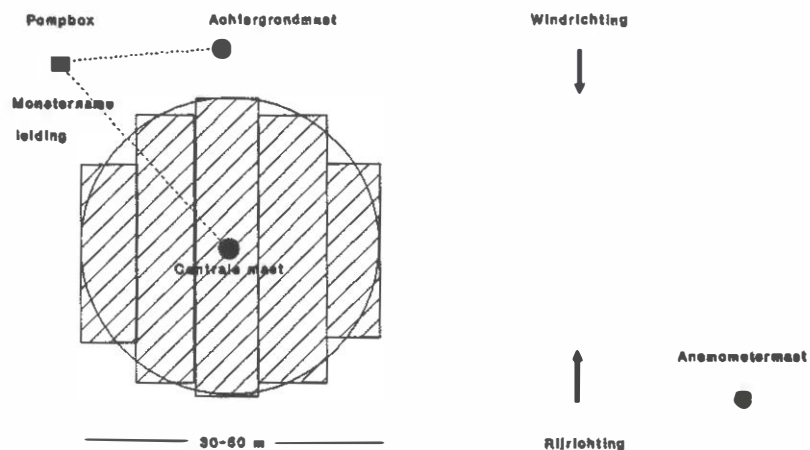
- Eerste dag: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-zonsopkomst;
- Tweede dag: zonsopkomst-36 uur, 36-48 uur;
- Derde dag: 48-72 uur;
- Vierde dag: 72-96 uur.

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

2.3 Uitvoering

In Figuur 1 is een proefveld schematisch gegeven. Tevens zijn de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast gegeven. Nadat de helft van een proefveld was bemest 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 gaswasflesjes met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp werd lucht door de gaswasflesjes 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 Spw) de hoeveelheid ammonium in het salpeterzuur bepaald.

Uit deze hoeveelheid en de flow door de fles, die voor en na een monsternameperiode was gemeten, werd de ammoniakconcentratie in de lucht bepaald. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentratie kon vervolgens de hoeveelheid ammoniak worden berekend die uit de mest was verfluchtigd.



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

Voor de start van het experiment werden per proefveld ca. 30 grondmonsters gestoken van de bovenste 5 cm van de bodem. Hiervan werd het bodemvochtgehalte op basis van het droog gewicht bepaald door de monsters 24 uur bij 105°C te drogen. De grashoogte werd ca. 10 keer per veld met een eenvoudige grashoogtemeter gemeten. De mest werd voor het uitrijden in viervoud bemonsterd. De mestmonsters werden geanalyseerd op het gehalte aan ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

Gedurende de hele meetperiode werden 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 zodebemester

3.1 Inleiding

Het experiment was uitgevoerd van 17 tot en met 21 juni 1992. Op 17 juni werden de vijf velden tussen 8:00 en 9:30 uur bemest. In bijlage II is schematisch de ligging van de proefvelden gegeven.

Het uitrijden van de mest op het referentieveld vond plaats tegen de heersende noordelijke windrichting in om een zo goed mogelijke verdeling van de mest te krijgen. De werkdiepte van de zodebemester was op alle velden vrij groot, maar was niet opgemeten. Op het veld met een mestgift van 15 m³/ha was de mest nauwelijks zichtbaar in de sleuven. Bij een mestgift van 20 m³/ha lag zichtbaar meer mest in de sleuven dan bij 15 m³/ha. Het verschil tussen 20 en 30 m³/ha was klein. Bij geen van de mestgiften waren de sleuven overstroomd, hoewel bij 30 m³/ha de mest af en toe tot aan de rand van de sleuf stond.

3.2 Bodemgesteldheid en grashoogte

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als komklei geklassificeerd (74-78% afslibbaar). Voorafgaande aan de meetperiode was het langdurig droog geweest, maar in de week voor het experiment viel een zware regenbui. Het bodemvochtgehalte van de bovenste 5 cm lag tussen 28-30%.

Het gras werd de dag voor het starten van het experiment gemaaid en weggehaald. De hoogte van het gras varieerde van 5,0 tot 8,7 cm en was gemiddeld 7,0 cm.

3.3 Weersomstandigheden

In bijlage III staan in Figuur 6 t/m 11 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 10 staat geen schaalverdeling bij de y-as, omdat de metingen van stralingsmeter niet betrouwbaar waren. Deze figuur is toch in de bijlage opgenomen als indicatie voor de bewolking.

De eerste dag was vrijwel onbewolkt. De windsnelheid was op 2,4 m hoogte ca. 5 m/s. De windrichting was eerst oostelijk, maar draaide al snel naar noord. De temperatuur op waarnemingshoogte (1,5 m) liep op tot 25°C en aan de grond zelfs tot 28°C. De relatieve luchtvochtigheid bedroeg 50%. In de nacht nam de wind af tot 1-2 m/s, daalde de temperatuur tot 11°C en steeg de relatieve luchtvochtigheid naar 90%.

De tweede dag was frisser en meer bewolkt dan de eerste dag. In Figuur 10 is te zien dat de bewolking zwaarder was dan de eerste dag, maar wel af en toe dun of onderbroken. De maximumtemperatuur was 20°C. De relatieve luchtvochtigheid varieerde van 100% bij bewolking tot 60% tijdens opklaringen. De windsnelheid was 4-6 m/s uit noordelijke richting. Tegen de avond viel er 0,4 mm regen.

Op de derde dag was het warmer dan op de tweede dag: de temperaturen liepen op tot 20°C op 1,5 m en tot 23°C aan de grond. De relatieve luchtvochtigheid was ca. 60%. De wind was gemiddeld 4,5 m/s op 2,4 m hoogte en draaide vanuit het noorden over het westen, zuiden en oosten weer naar het noorden. Gedurende de nacht daalde de temperatuur naar ca. 15°C, steeg de luchtvochtigheid naar 100% en nam de wind af tot zwak. In totaal viel 1 mm regen verspreid over dag en nacht.

Op de laatste dag was de wind toegenomen tot 6-8 m/s op 2,4 m hoogte (vrij krachtig) en kwam uit oostelijke richting. De temperatuur liep op tot ca. 27°C en de relatieve luchtvochtigheid was 40%.

3.4 Mestsamenstelling

In Tabel 2 staan de gemiddelde analyseresultaten van vier mestmonsters in vergelijking met de gemiddelde samenstelling van dunne rundermest (Hoeksma, 1988). De samenstelling week in sommige opzichten af van die uit de literatuur. Opvallend is de lage pH van de gebruikte dunne rundermest, die net binnen de spreiding van de gemiddelde pH-waarde viel. De gehalten aan ammonium- en totaalstikstof, kalium, droge stof en ruw as waren lager dan de gemiddelde waarden, maar vielen wel binnen de spreiding.

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]	2,0	2,4 (0,2 - 4,4)*
totaalstikstof	[g/kg]	4,1	4,9 (2,4 - 7,8)
fosfor	[g/kg]	0,8	0,9 (0,3 - 3,4)
kalium	[g/kg]	3,6	5,1 (1,0 - 6,4)
pH	[-]	7,1	8,2 (7,0 - 8,8)
droge stof	[g/kg]	84,3	96 (34 - 200)
ruwe as	[% van ds]	23,5	28 (11 - 136)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	8,3	-**

* 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 mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per mesttoedienings-techniek en mestgift opgenomen.

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

Toedieningstechniek	Giften			Ammoniakemissie			Reductie tov. referentie
	mest	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N	N-tot		
mestgift	[m ³ /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	[%]
Referentie	13,8	28,1	56,1	32,4	> 100	57,7	-
Zodebemester							
15 m ³ /ha	15,6	30,6	61,2	3,0	9,9	4,9	91
20 m ³ /ha	20,6	41,8	83,6	6,4	15,2	7,6	87
30 m ³ /ha I	30,8	62,4	124,8	8,8	14,0	7,0	88
30 m ³ /ha II	31,3	63,7	127,2	10,1	15,8	7,9	86

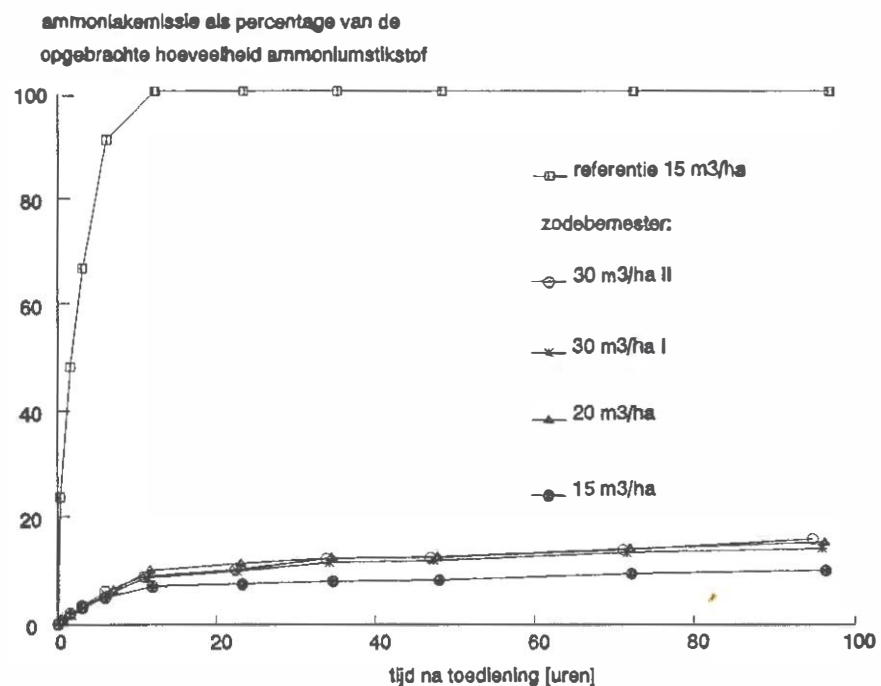
De mestgiften waren bij alle proefvelden gelijk aan de beoogde mestgift. De emissie van het referentieveld (bovengrondse, breedwerpige toediening) bedroeg

meer dan 100% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof, hetgeen te verklaren is als meetfout. De emissie werd op 100% gesteld. Reductiepercentages werden berekend ten opzichte van de gemeten emissie.

Toediening van mest met de zodebemester reduceerde de ammoniakemissie aanzienlijk. De emissie was bij een mestgift van 15 m³/ha 10% en bij een mestgift van 20 m³/ha 15% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De ammoniakemissie bij een mestgift van 30 m³/ha was 14% en 16% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof.

De absolute emissie (in kg/ha) was lager naarmate de mestgift geringer was. De relatieve emissie verschilde nauwelijks bij mestgiften van 15 m³/ha hoger. Bij toediening van 20 en 30 m³/ha was het verschil in relatieve emissie nihil.

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



Figuur 2. Stikstofverlies als functie van de tijd na toediening van verschillende mestgiften met de zodebemester in vergelijking met bovengronds breedwerpig toedienen van onbehandelde mest in kort gras.

Uit het figuur en bijlage IV blijkt dat gedurende de eerste 12 uur de emissiesnelheid van het referentieveld aanzienlijk hoger was dan van de met de zodebemester bemeste velden. Het grootste deel van de emissie van het referentieveld vond dan ook plaats in het eerste etmaal: na 12 uur was 87% en na 48 uur 95% van de totale emissie opgetreden. De emissies van de met de zodebemester toegediende mest verliepen geleidelijker dan de emissie van het referentieveld: na 12 uur was 56-71% en na 48 uur 78-84% van de totale emissie opgetreden.

4 Resultaten sleepvoetenmachine

4.1 Inleiding

Het experiment werd uitgevoerd van 23 tot en met 27 juni 1992. Op 23 juni werden de vijf velden tussen 8:30 en 10:00 uur bemest. In bijlage V is schematisch de ligging van de proefvelden gegeven.

Het uitrijden van de mest op het referentieveld vond plaats tegen de heersende noordoostelijke windrichting in om een zo goed mogelijke verdeling van de mest te krijgen. Bij 15 m³/ha toegediend met de sleepvoetenmachine was de mest niet goed zichtbaar in het korte gras. Na toedienen van 30 m³/ha met de sleepvoetenmachine was de mest beter zichtbaar tussen het gras dan bij 15 m³/ha.

4.2 Bodemgesteldheid en grashoogte

De grondsoort waarop de proefvelden lagen, wordt als komklei geklassificeerd. De bodem was door het droge weer voorafgaande aan de meetperiode droog met af en toe scheuren. Het bodemvochtgehalte lag tussen 23-26%.

Het gras was de dag voor het starten van het experiment gebloot. De hoogte van het gras varieerde van 4,0 tot 9,4 cm en was gemiddeld 6,4 cm.

4.3 Weersomstandigheden

In bijlage VI staan in Figuur 13 t/m 18 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 17 staat geen schaalverdeling bij de y-as, omdat de metingen van stralingsmeter niet betrouwbaar waren. Deze figuur is toch in de bijlage opgenomen als indicatie voor de bewolking.

Tijdens de eerste meetdag was het vrijwel onbewoikt en warm. De temperatuur steeg tot 24°C. De wind was ca. 4,5 m/s op 2,4 m hoogte en kwam uit noord-oostelijke richting. De relatieve luchtvochtigheid was 60%. 's Nachts daalde de temperatuur naar ca. 13°C. De wind nam af tot 2 m/s en de relatieve luchtvochtigheid steeg naar bijna 100%.

De rest van de meetperiode bleef het weer vrijwel gelijk: zonnig en warm. De maximumtemperaturen varieerden van 24-28°C en de minimumtemperaturen van 13-15°C. De wind was overdag 3-4,5 m/s en 's nachts 2-3 m/s uit noord tot noord-oostelijke richting. De relatieve luchtvochtigheid was 50-60% gedurende de dag en 100% in de nacht. Elke ochtend lag er dauw op het gras. Gedurende het experiment is geen regen gevallen.

4.4 Mestsamenstelling

In Tabel 4 staan de gemiddelde analyseresultaten van vier mestmonsters in vergelijking met de gemiddelde samenstelling van dunne rundermest (Hoeksma, 1988). De samenstelling week in sommige opzichten af van die uit de literatuur. Opvallend is de lage pH van de gebruikte dunne rundermest, die net binnen de spreiding van de gemiddelde pH-waarde viel. De gehalten aan ammonium- en totaalstikstof, kalium, droge stof en ruw as waren lager dan de gemiddelde waarden, maar vielen wel binnen de spreiding. De mestsamenstelling kwam goed overeen met de mest van het experiment met de zodebemester in de week voor dit experiment met de sleepvoetenmachine.

Tabel 4. 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]	2,1	2,4 (0,2 - 4,4)*
totaalstikstof	[g/kg]	4,0	4,9 (2,4 - 7,8)
fosfor	[g/kg]	0,9	0,9 (0,3 - 3,4)
kalium	[g/kg]	3,6	5,1 (1,0 - 6,4)
pH	[-]	7,0	8,2 (7,0 - 8,8)
droge stof	[g/kg]	84,5	96 (34 - 200)
ruwe as	[% van ds]	25,0	28 (11 - 136)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	8,5	**

* spreiding in waarnemingen;

** geen waarneming.

4.5 Ammoniakemissie

In bijlage VII is het emissieverloop van elk proefveld per periode vermeld. In Tabel 5 zijn de mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per mesttoedienings-techniek en mestgift opgenomen. De mestgiften waren bij alle proefvelden ongeveer gelijk aan de beoogde mestgift.

Tabel 5. Gemiddelde giften en ammoniakemissie van bovengronds breedwerpig verspreide en met de sleepvoetenmachine toegediende dunne rundermest.

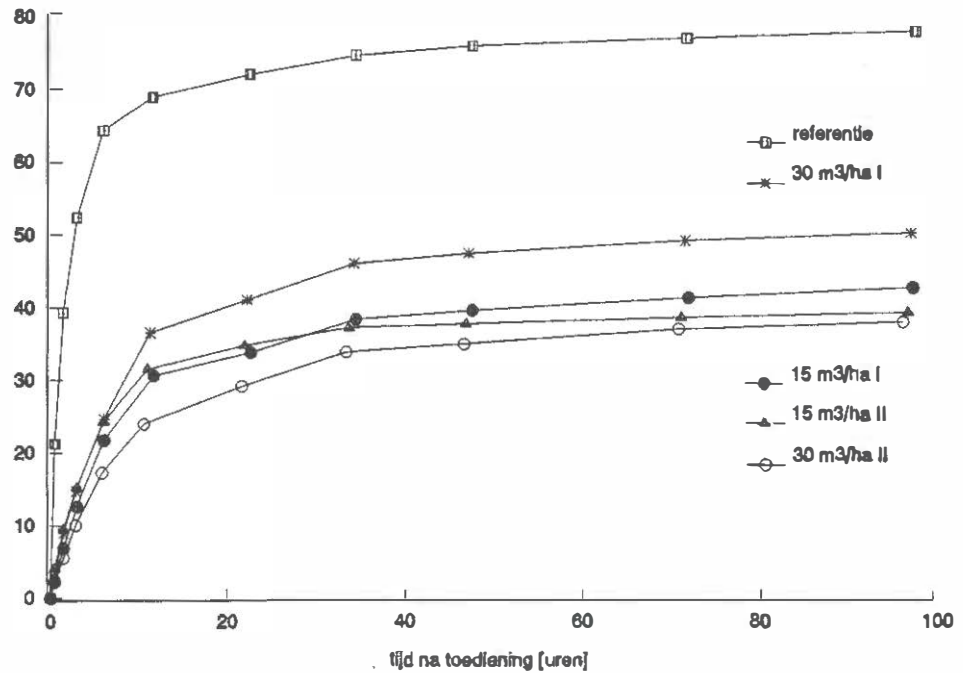
Toedieningstechniek	Giften			Ammoniakemissie			Reductie
	mest	NH ₄ -N	N-tot	NH ₄ -N	N-tot	tov. referentie	
mestgift	[m ³ /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	[%]
Referentie	13,7	28,4	55,3	22,2	78,1	40,1	-
Sleepvoetenmachine							
15 m ³ /ha I	15,0	31,2	60,6	13,4	42,9	22,0	45
15 m ³ /ha II	13,6	28,4	55,3	11,2	39,5	20,3	49
30 m ³ /ha I	28,1	58,5	113,8	29,4	50,3	25,9	36
30 m ³ /ha II	27,1	56,4	109,8	21,5	38,2	19,6	51

De emissie van het referentieveld (bovengrondse, breedwerpig toediening) bedroeg 78% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Door toediening van mest met de sleepvoetenmachine werd de ammoniakemissie gereduceerd. De emissies bij mestgiften van 15 m³/ha waren 40-43% en bij mestgiften van 30 m³/ha 38-50% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof.

De absolute emissie (in kg/ha) was bij 15 m³/ha lager dan bij 30 m³/ha, hoewel het verschil statistisch niet significant was. Bij de relatieve emissie was er geen (significant) verschil tussen 15 m³/ha en 30 m³/ha.

In Figuur 3 is het verloop van de emissie weergegeven. In deze figuur zijn de verschillen in emissieniveau tussen het bovengronds breedwerpig toedienen en het toedienen met de sleepvoetenmachine goed te zien.

ammoniakemissie als percentage van de
opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof



Figuur 3. Stikstofverlies als functie van de tijd na toediening van verschillende mestgiften met de sleepvoetenmachine in vergelijking met bovengronds breedwerpig toedienen van onbehandelde mest in kort gras.

Uit het figuur en bijlage VII blijkt dat gedurende de eerste uren na het toedienen de emissiesnelheid bij het referentieveld vele malen hoger lag dan bij de met de sleepvoetenmachine bemeste velden. Het grootste deel van de emissie van het referentieveld vond dan ook plaats in de eerste 6 uur, namelijk 82% van de totale emissie. De emissies van de met de sleepvoetenmachine toegediende mest verliepen geleidelijker dan de emissie van het referentieveld: na 6 uur was 45-61% van de totale emissie opgetreden. Bij alle velden had na 48 uur meer dan 90% van de totale emissie plaatsgevonden. Wat opvalt is dat de emissie gedurende de eerste nacht (ca. 11-23 uur) even hoog of zelfs hoger was dan de tweede dag, terwijl doorgaans de emissie op de tweede dag hoger is dan voorgaande nacht.

5 Discussie

Uit de twee experimenten bleek dat door gebruik van de zodebemester de emissie meer effectief werd gereduceerd dan met de sleepvoetenmachine. Dit is in overeenstemming met resultaten uit andere proeven. Bij de zodebemester liep de absolute ammoniakemissie (kg/ha) op met toenemende mestgift. De relatieve emissie vertoonde eveneens een toename en dus geen afname zoals uit eerder tunnelonderzoek bij bovengrondse toediening was gebleken (Pain en Klarenbeek, 1988). De ammoniakemissie van de twee proefvelden met een mestgift van 30 m³/ha lagen dicht bij elkaar. De emissiereductie bij de zodebemester was bij deze mestgift nog altijd 84%.

Uit het experiment met de sleepvoetenmachine bleek dat de duplo's van de mestgiften van 15 m³/ha wel en van 30 m³/ha niet dicht bij elkaar lagen. Gemiddeld genomen nam de absolute en relatieve emissie toe met toenemende mestgift. Dit was ook al uit de resultaten van de vorige experimenten gebleken.

6 Conclusies

In twee experimenten is de ammoniakemissie van dunne rundermest na toediening door de zodebemester en sleepvoetenmachine vergeleken met de emissie na bovengronds breedwerpig toedienen. Tevens is de invloed van het toedienen van verschillende mestgiften met de zodebemester en de sleepvoetenmachine op de ammoniakemissie bekeken.

Beide meetperiodes werden gekenmerkt door warm en zonnig weer met matige tot vrij krachtige wind. Tijdens het experiment met de zodebemester was het de tweede dag iets koeler (ca. 15°C) en viel er op de tweede, derde en vierde dag wat regen: 1,5 mm in totaal.

Tijdens het experiment met de zodebemester was de emissie van het referentieveld met bovengronds breedwerpige dunne rundermest meer dan 100% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Vanwege meetfouten kan meer dan 100% emissie worden berekend.

Door de toediening van mest met de zodebemester werd de emissie aanzienlijk verminderd. De werkdiepte van de zodebemester was vrij groot, maar is niet opgemeten. De ammoniakemissie bij een mestgift van 15 m³/ha was 10% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof (91% reductie ten opzichte van de referentie). De emissies bij mestgiften van 20 en 30 m³/ha verschilden niet veel: 14-16% (86-88% reductie) van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. De absolute emissie (kg/ha) nam enigszins toe met toenemende mestgift, maar in de relatieve emissie viel weinig tot geen verschil te constateren.

Tijdens het experiment met de sleepvoetenmachine was de emissie van het referentieveld met bovengronds breedwerpige dunne rundermest 78% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Door de toediening van mest met de sleepvoetenmachine werd de emissie verminderd. De emissie bij mestgiften van 15 m³/ha was 40-43% van de opgebrachte hoeveelheid (49-45% reductie). De emissie bij mestgiften van 30 m³/ha was 38-50% van de hoeveelheid opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof (51-36% reductie). De absolute emissie (kg/ha) nam toe met toenemende mestgift, maar het verschil was niet significant. Er was geen verschil in relatieve emissie tussen 15 en 30 m³/ha.

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, DLO-Meetploegverslag 34506-1500. 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, DLO-Meetploegverslag 34506-1700. 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., 1991, Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: het effect van toedienen van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine bij kort en lang gras, DLO-meetploegverslag 34506-3200. DLO, Wageningen.

Hol, J.M.G., 1992a, Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: het effect van toedienen van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine bij kort, DLO-meetploegverslag (nog te publiceren). DLO, Wageningen.

Hol, J.M.G., 1992b, Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: het effect van toedienen van dunne rundermest met de sleepvoetenmachine III, DLO-meetploegverslag (nog te publiceren). DLO, Wageningen.

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

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, De ammoniakemissie na toediening van dunne varkensmest met de sleepvoetenmachine 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.

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:

$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} (\bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) + u'(z) \cdot c'(z)) dz \quad (6)$$

waarin:

F	=	flux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
x	=	aanstroombgengte, 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 ruwheidsgengte (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 diffuatie 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:

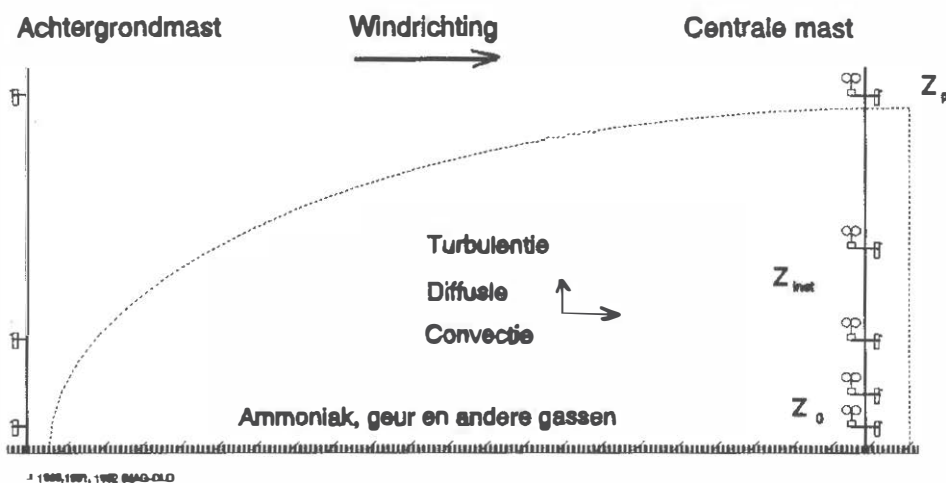
$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (7)$$

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 aanstroombgengte:

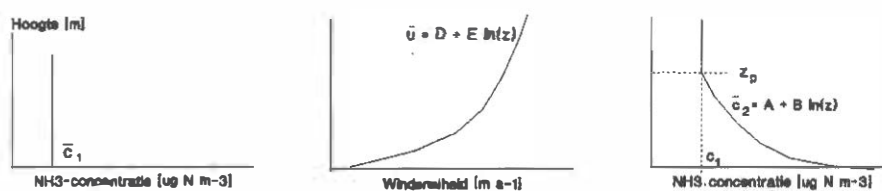
$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (8)$$

waarin:

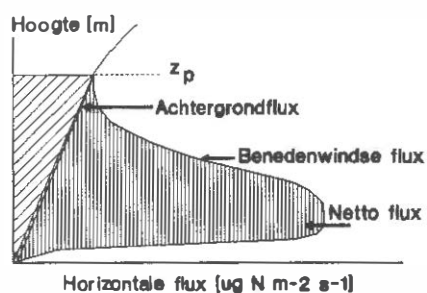
F_N	=	nettoflux [$\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$];
$c_1(z)$	=	de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}];
$c_2(z)$	=	de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}].



(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:

$$u = D + E \ln(z) \quad (9)$$

$$c_2 = A + B \ln(z) \quad (10)$$

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 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.

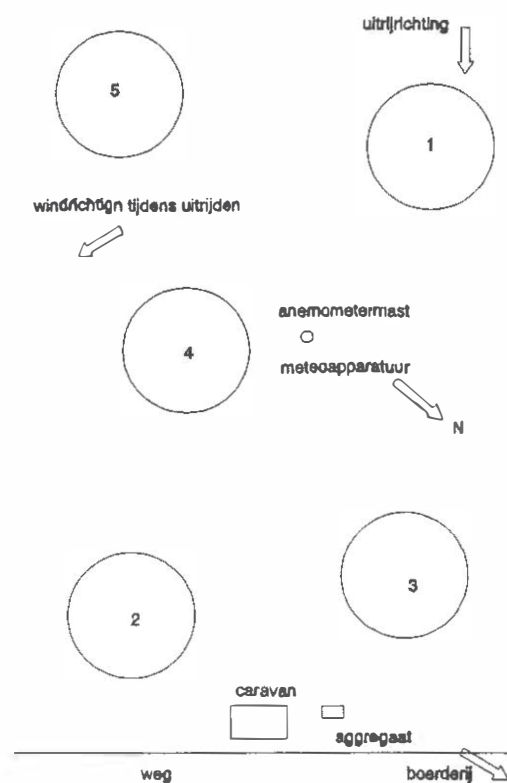
Beauchamp, E.G., G.E. Kidd en G. Thurtell, 1982, Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field, Can. J. Soil Sci. 62, 11-29.

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 17 t/m 21 juni 1992

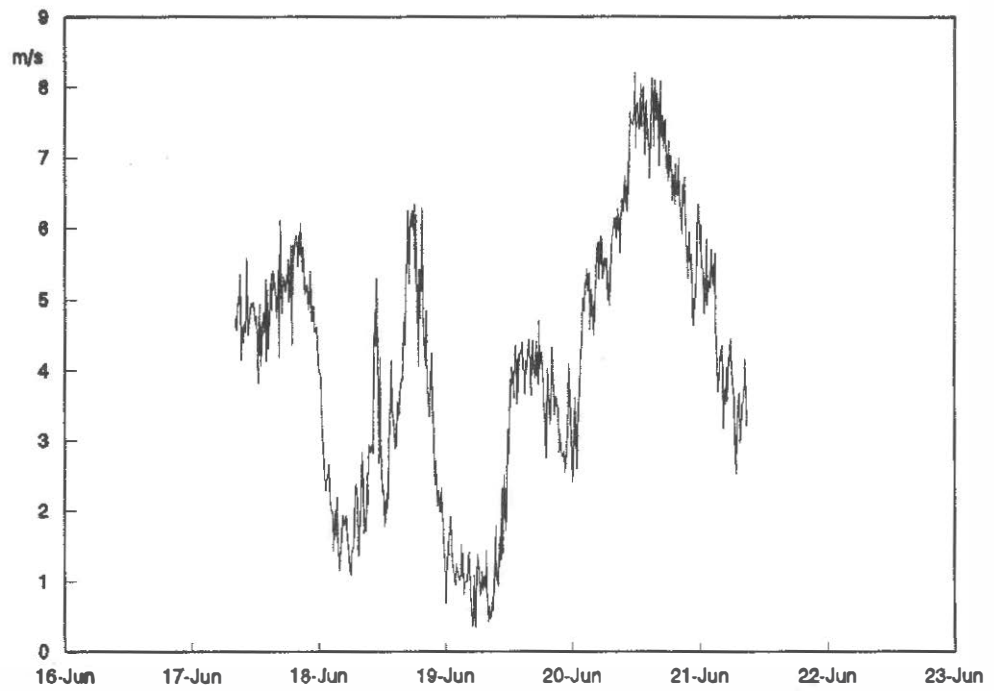


Figuur 5. Onbehandelde bovengronds breedwerpig verspreide mest in kort gras (1), mest verspreid met sleufvoetenmachine in kort gras (2) in lang gras (3).

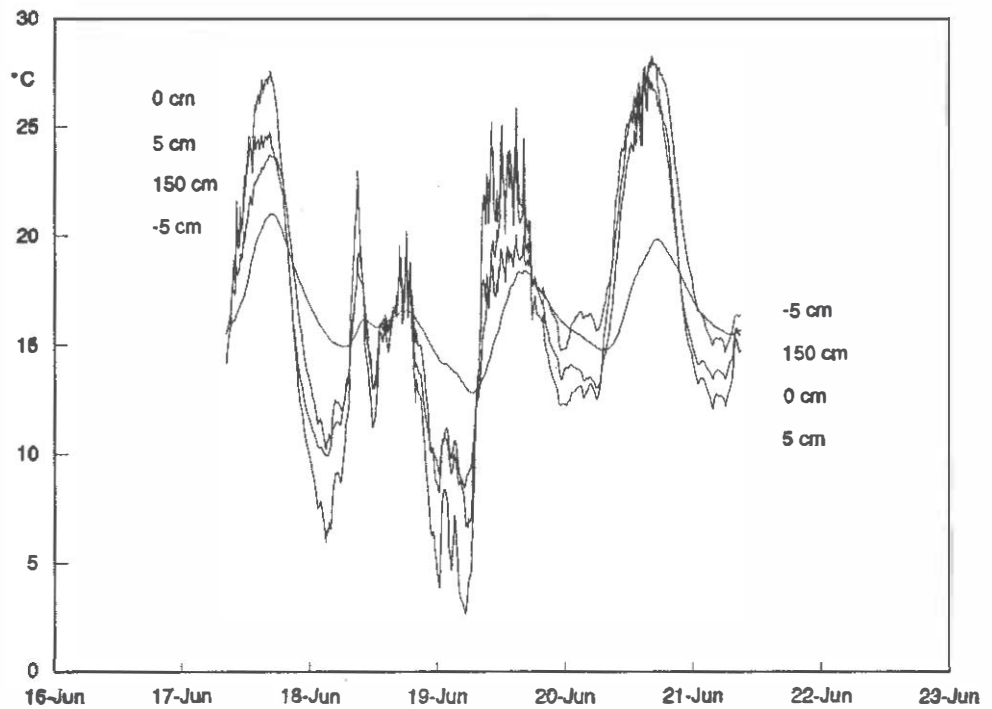
- Veld 1 bovengronds breedwerpig uitgereden mest. De mest was zichtbaar goed verdeeld.
- Veld 2 15 m³/ha met de zodebemester. De mest was nauwelijks zichtbaar in de sleuven.
- Veld 3 20 m³/ha met de zodebemester. Er lag zichtbaar meer mest in de sleuven dan bij 15 m³/ha.
- Veld 4, 5 30 m³/ha met de zodebemester in duplo. Er was zichtbaar meer mest dan bij 15 m³/ha, maar het verschil met 20 m³/ha was klein.

In geen van de gevallen waren de sleuven overstroomd, hoewel bij 30 m³/ha af en toe de mest tot aan de rand van de sleuven stond. Bij alle velden van de zodebemester was aan het begin en eind wat uitloop met mest, die dus niet in sleuven lag, maar bovengronds in stroken.

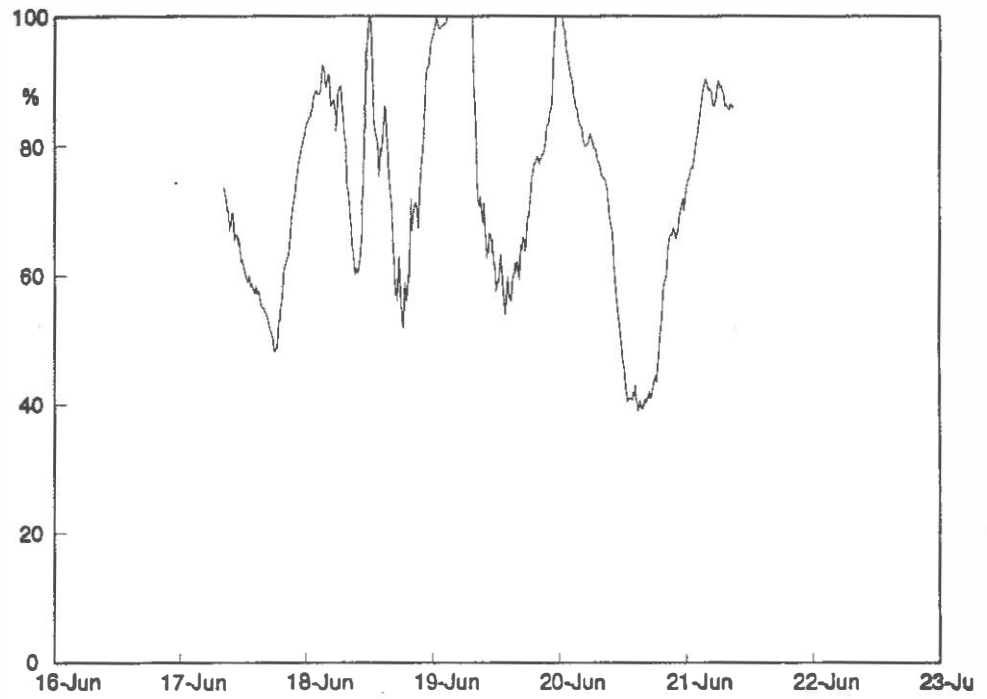
Bijlage III Weersomstandigheden zodebemester



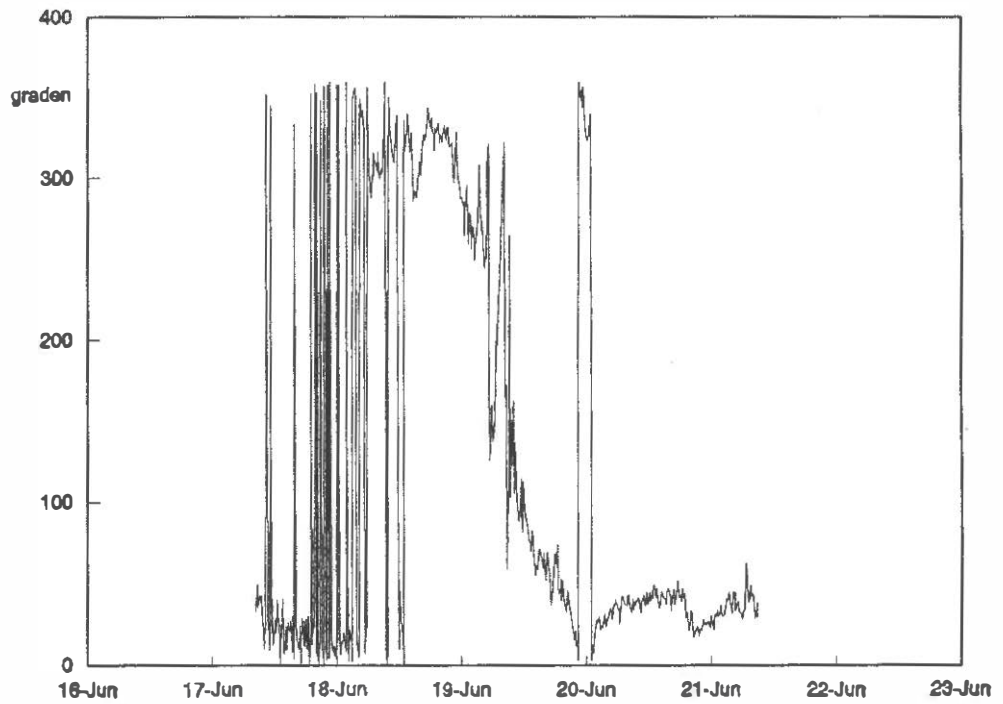
Figuur 6. Windsnelheid op 2,4 m hoogte.



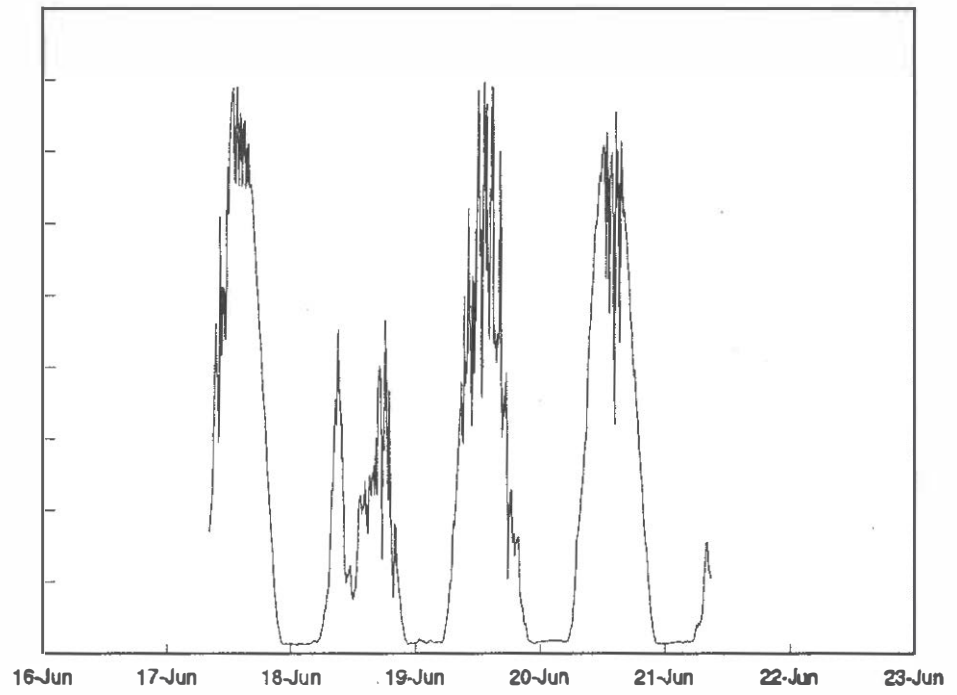
Figuur 7. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte en aan de grond; bodemtemperatuur op 5 cm diepte.



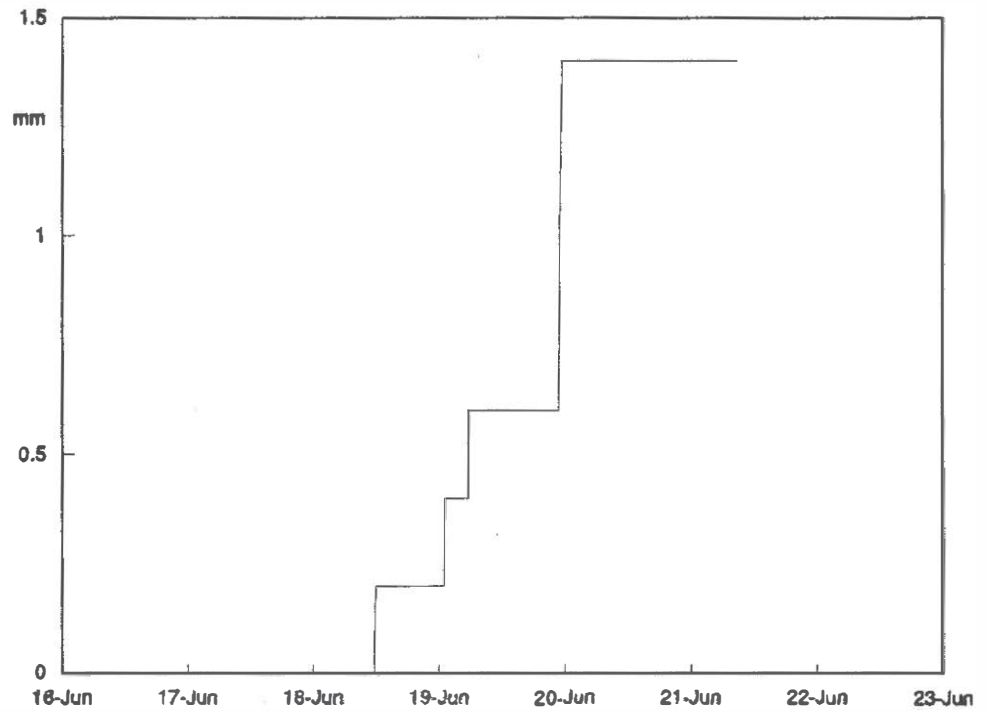
Figuur 8. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.



Figuur 9. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 10. Globale straling.



Figuur 11. Regenhoeveelheid.

Bijlage IV Emissiesnelheid per meetperiode zodebemester

Bovengronds breedwerpig dunne rundermest (referentieveld)

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
na uitrijden			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	478,05	6,64	23,65	11,83
½ - 1½ uur	144,07	13,54	48,23	24,13
1½ - 3 uur	83,35	18,75	66,78	33,41
3 - 6 uur	54,77	25,52	90,90	45,48
6 - 12 uur	10,66	28,25	100,60	50,33
12 - 23 uur	2,18	29,27	104,23	52,15
23 - 35 uur	2,75	30,61	109,01	54,54
35 - 48 uur	0,28	30,76	109,57	54,81
48 - 72 uur	1,02	31,78	113,19	56,63
72 - 97 uur	0,58	32,37	115,30	57,68

Zodebemester 15 m³/ha

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
na uitrijden			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	10,52	0,22	0,72	0,36
½ - 1½ uur	9,29	0,60	1,96	0,98
1½ - 3 uur	5,19	0,91	2,96	1,48
3 - 6 uur	4,88	1,51	4,92	2,46
6 - 12 uur	2,55	2,14	7,00	3,50
12 - 23 uur	0,22	2,24	7,34	3,67
23 - 35 uur	0,39	2,43	7,93	3,97
35 - 48 uur	0,09	2,48	8,10	4,05
48 - 72 uur	0,37	2,85	9,31	4,66
72 - 97 uur	0,17	3,02	9,87	4,94

Zodebemester 20 m/ha

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	6,41	0,13	0,32	0,16
½ - 1½ uur	12,24	0,60	1,44	0,72
1½ - 3 uur	10,06	1,24	2,96	1,48
3 - 7 uur	8,33	2,60	6,22	3,11
7 - 12 uur	7,99	4,16	9,93	4,97
12 - 23 uur	1,13	4,70	11,22	5,62
23 - 34 uur	0,90	5,12	12,24	6,12
34 - 48 uur	0,17	5,22	12,47	6,24
48 - 72 uur	0,63	5,85	13,99	7,00
72 - 96 uur	0,52	6,38	15,24	7,63

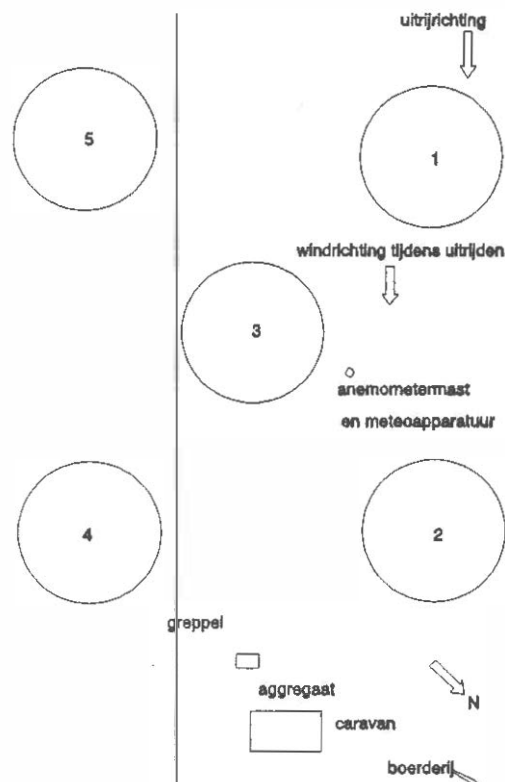
Zodebemester 30 m³/ha I

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	19,73	0,42	0,68	0,34
½ - 1½ uur	13,63	1,08	1,73	0,86
1½ - 3 uur	15,86	1,87	3,00	1,50
3 - 6 uur	12,87	3,50	5,60	2,80
6 - 11 uur	8,55	5,37	18,61	4,31
11 - 22 uur	1,59	6,13	19,81	4,91
22 - 34 uur	1,95	7,06	11,31	5,66
34 - 47 uur	0,50	7,33	11,74	5,88
47 - 71 uur	0,92	8,26	13,23	6,62
71 - 95 uur	0,50	8,77	14,05	7,03

Zodebemester 30 m³/ha II

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	20,06	0,42	0,66	0,33
½ - 1½ uur	18,83	1,20	1,89	0,95
1½ - 3 uur	16,38	2,19	3,44	1,72
3 - 6 uur	13,75	3,87	6,08	3,04
6 - 11 uur	8,29	5,59	8,78	4,39
11 - 22 uur	1,74	6,41	10,08	5,04
22 - 34 uur	2,65	7,67	12,06	6,03
34 - 47 uur	0,30	7,84	12,31	6,16
47 - 71 uur	0,94	8,78	13,80	6,90
71 - 95 uur	1,30	10,06	15,81	7,91

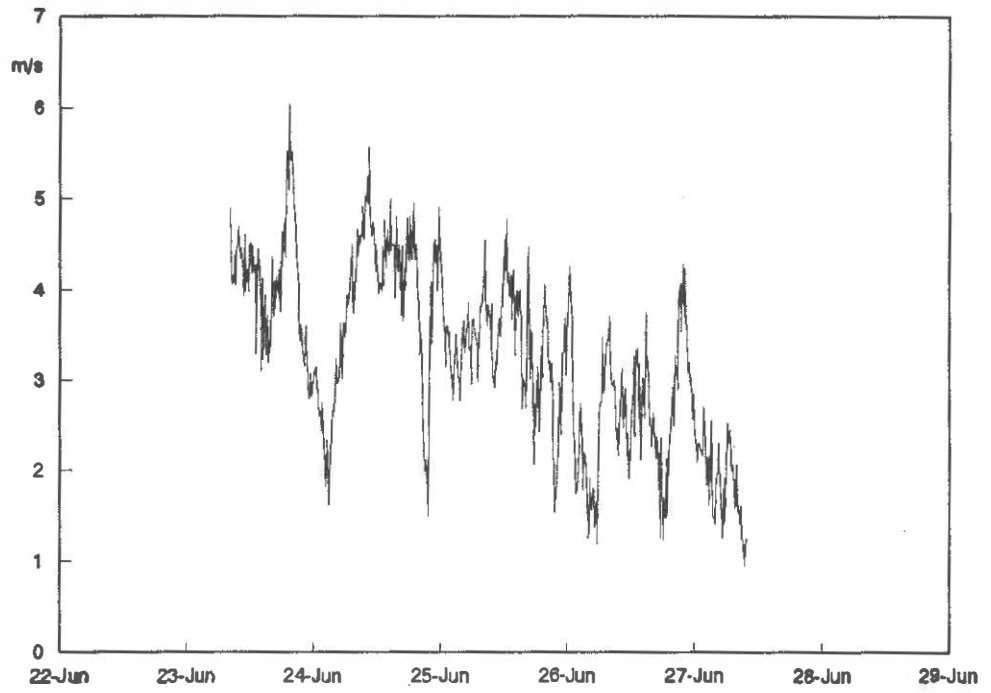
Bijlage V Schema proefvelden 23 t/m 27 juni 1992



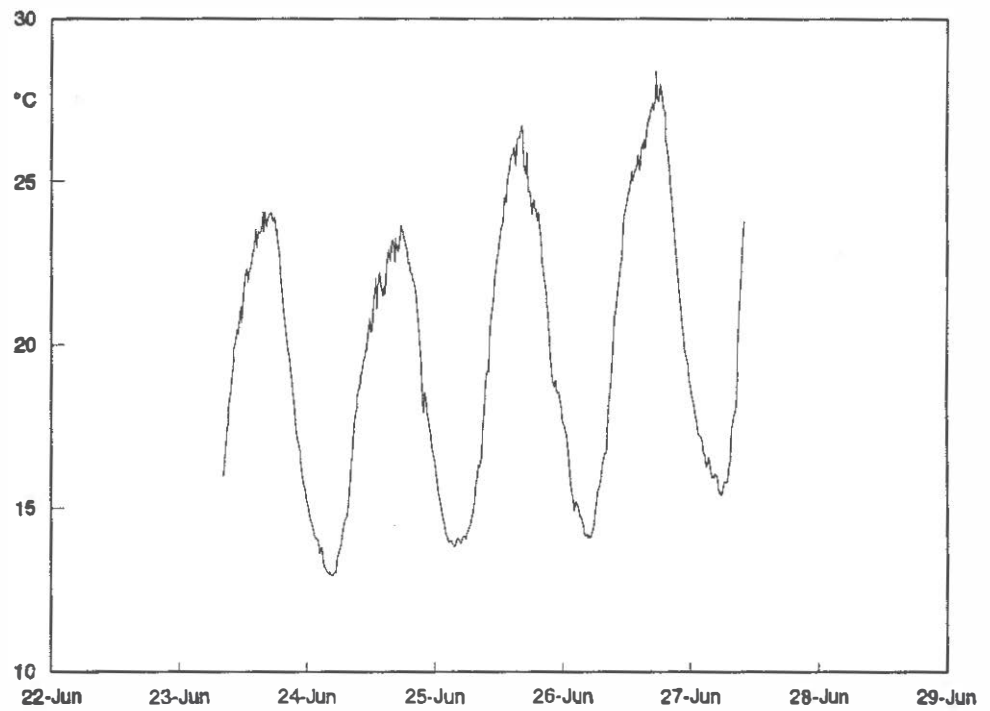
Figuur 12. Onbehandelde bovengronds breedwerpig verspreide mest in kort gras (1), mest verspreid met sleefvoetenmachine in kort gras (2) in lang gras (3).

- Veld 1 Bovengronds breedwerpig verspreide dunne rundermest. De mest was zichtbaar goed verdeeld en bleef aan het gras kleven.
- Veld 2 15 m³/ha met de sleefvoetenmachine toegediend. De mest was niet goed zichtbaar in korte gras;
- Veld 3 30 m³/ha met de sleefvoetenmachine toegediend. De mest was beter zichtbaar tussen gras dan bij 15 m³/ha.
- Veld 4 zelfde als veld 2;
- Veld 5 zelfde als veld 3, alleen aan begin van de baan op de wind veel mest geknoeid bij waarschijnlijk het uitlekken, de mest niet in stroken, maar ongeveer 30*30 cm grote mestvlek. Op het korte uitgemaaide gras was de mest goed zichtbaar.

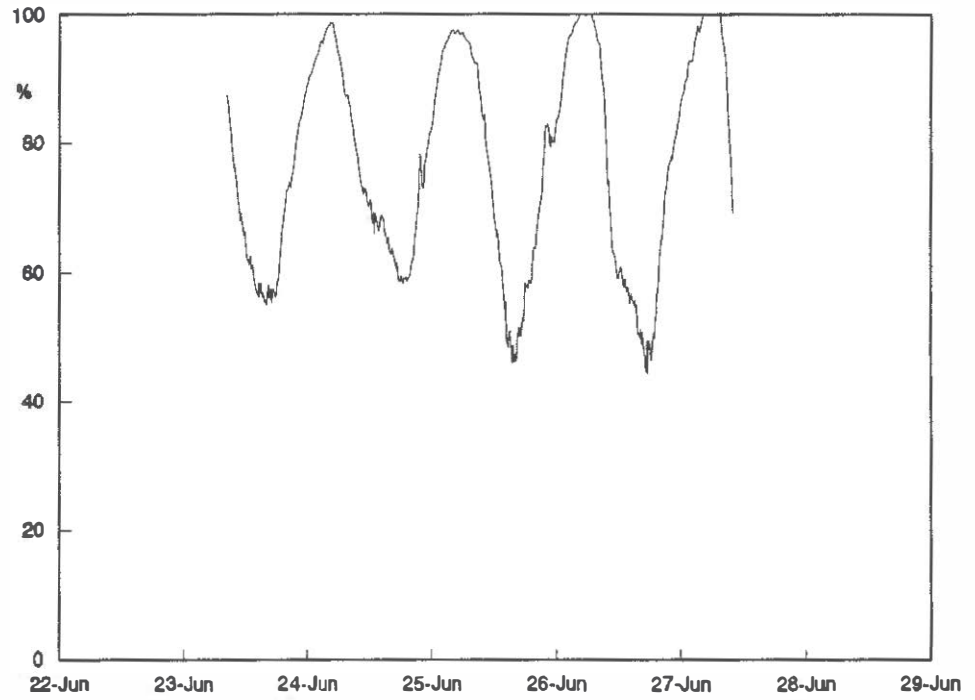
Bijlage VI Weersomstandigheden sleepvoetenmachine



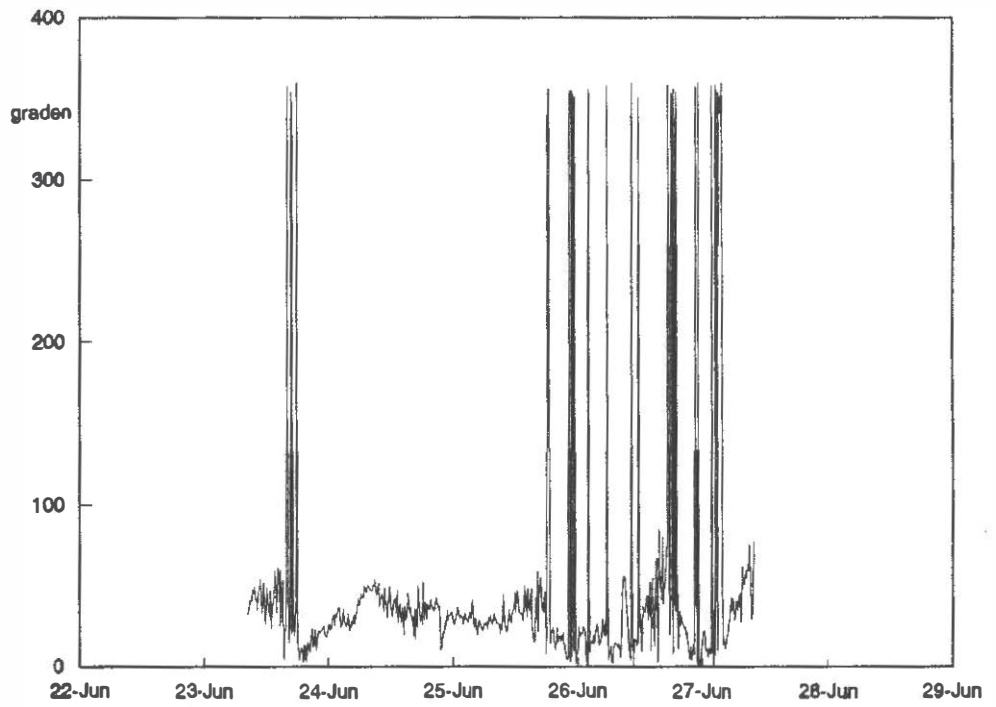
Figuur 13. Windsnelheid op 2,4 m hoogte.



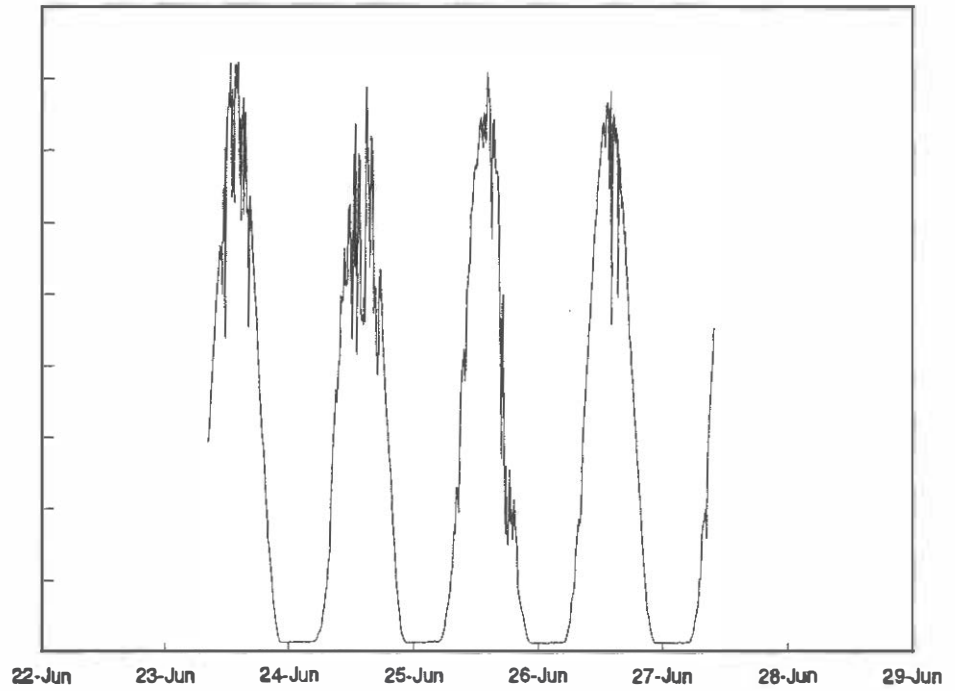
Figuur 14. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte.



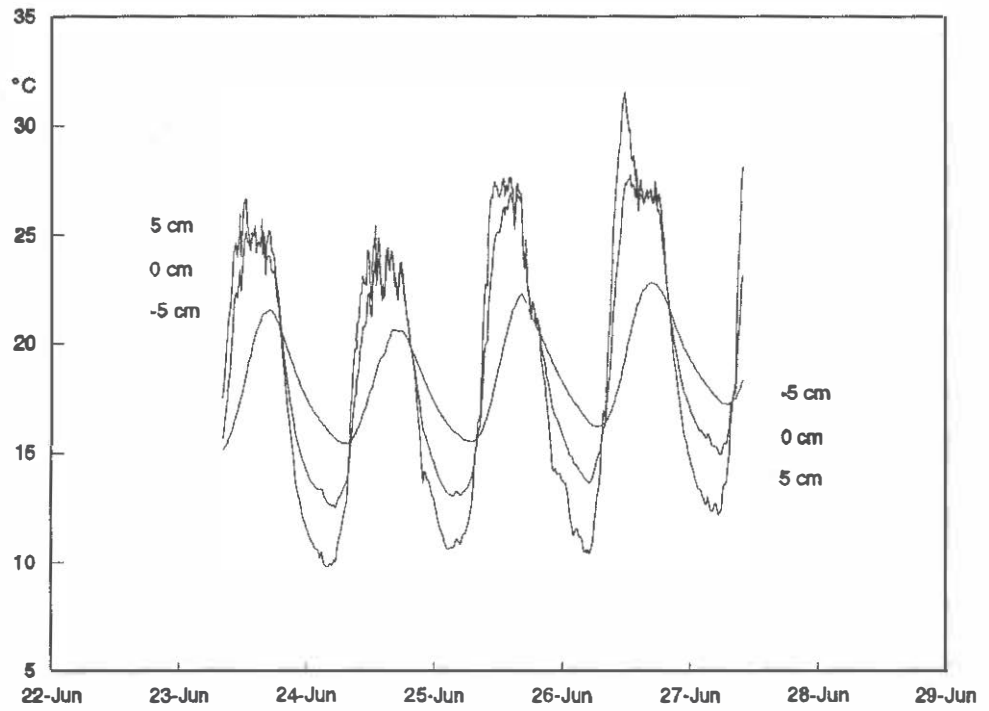
Figuur 15. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.



Figuur 15. Windrichting op 3,9 m hoogte.



Figuur 16. Globale straling.



Figuur 17. Temperatuur op 5 cm boven maaiveld, aan de grond en op 5 cm diepte.

Bijlage VII Emissiesnelheid per meetperiode sleepvoetenmachine

Bovengronds breedwerpig dunne rundermest (referentieveld)

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	289,76	6,04	21,25	10,92
½ - 1½ uur	132,10	11,17	39,33	20,21
1½ - 3 uur	60,49	14,87	52,34	26,90
3 - 6 uur	26,70	18,28	64,35	33,07
6 - 12 uur	5,57	19,58	68,92	35,42
12 - 23 uur	1,96	20,48	72,07	37,04
23 - 35 uur	1,49	21,22	74,67	38,38
35 - 48 uur	0,68	21,59	75,97	39,04
48 - 72 uur	0,30	21,89	77,05	39,60
72 - 97 uur	0,27	22,18	78,06	40,11

Sleepvoetenmachine 15 m³/ha I

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	36,77	0,74	2,38	1,22
½ - 1½ uur	34,79	2,14	6,87	3,53
1½ - 3 uur	29,18	3,92	12,60	6,47
3 - 6 uur	22,00	6,78	21,77	11,19
6 - 12 uur	11,86	9,56	30,68	15,76
12 - 23 uur	2,14	10,53	33,79	17,37
23 - 35 uur	2,94	11,98	38,45	19,76
35 - 48 uur	0,66	12,34	39,60	20,35
48 - 72 uur	0,55	12,90	41,39	21,27
72 - 97 uur	0,44	13,36	42,89	22,04

Sleepvoetenmachine 15 m³/ha II

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	55,31	1,15	4,06	2,09
½ - 1½ uur	37,08	2,70	9,50	4,88
1½ - 3 uur	26,73	4,33	15,26	17,84
3 - 6 uur	20,52	6,88	24,25	12,46
6 - 11 uur	10,12	8,96	31,58	16,23
11 - 22 uur	1,97	9,86	34,75	17,86
22 - 34 uur	1,43	10,56	37,22	19,13
34 - 47 uur	0,30	10,73	37,80	19,42
47 - 71 uur	0,26	10,98	38,70	19,89
71 - 97 uur	0,21	11,21	39,50	20,30

Sleepvoetenmachine 30 m³/ha I

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
0 - ½ uur	82,95	1,73	2,95	1,52
½ - 1½ uur	88,62	5,24	8,95	4,60
1½ - 3 uur	56,26	8,60	14,69	7,55
3 - 6 uur	45,28	14,44	24,69	12,69
6 - 11 uur	31,75	21,39	36,57	18,79
11 - 22 uur	5,77	24,01	41,05	21,09
22 - 34 uur	5,83	26,94	46,05	23,67
34 - 47 uur	1,57	27,79	47,50	24,41
47 - 71 uur	1,01	28,80	49,24	25,30
71 - 97 uur	0,60	29,44	50,33	25,87

Sleepvoetenmachine 30 m²/ha II

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH ₄ -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	56,87	1,22	2,17	1,12
½ - 1½ uur	46,49	3,13	5,55	2,85
1½ - 3 uur	44,00	5,67	10,04	5,16
3 - 6 uur	32,88	9,73	17,24	8,86
6 - 11 uur	19,36	13,53	23,99	12,33
11 - 22 uur	6,36	16,45	29,15	14,98
22 - 33 uur	5,44	19,11	33,87	17,41
33 - 47 uur	1,16	19,75	35,01	17,99
47 - 71 uur	1,19	20,95	37,12	19,08
71 - 96 uur	0,57	21,54	38,18	19,62