28

Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

28

Het effect van toedienen van dunne kippemest met de sleepslangen- en sleepvoetenmachine op bouwland

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

Dienst Landbouwkundig Onderzoek

dlo

Meetploeg verslag 34506-3500
juni 1992

Praktijk onderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van toedienen van dunne kippemest met de sleepslangen- en sleepvoetenmachine op bouwland

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

Meetploeg verslag 34506-3500
juni 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.

Inhoudsopgave

1	Inleiding		2
2	Methode		3
	2.1	Inleiding	3
	2.2	Opzet	3
	2.3	Uitvoering	4
3	Resultaten		5
	3.1	Bodemgesteldheid	5
	3.2	Weersomstandigheden	5
	3.3	Mestsamenstelling	5
	3.4	Ammoniakemissie	6
	3.5	Vergelijking van resultaten	8
4	Discussie		9
5	Samenvatting en conclusies		10
Literatuur			11
Bijlage I	Micrometeorologische massabalansmethode		12
Bijlage II	Weersomstandigheden tijdens het experiment		15
Bijlage III	Emissiesnelheid per meetmethode		18

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 kippemest met de sleepslangen- en sleepvoetenmachine op bouwland op zavelgrond.

De sleepvoetenmachine is ontworpen voor het toedienen van mest op grasland (Huijsmans, 1990), waarbij de mest in smalle strookjes tussen het gras wordt gelegd. Bij gebruik op bouwland brengen de sleepvoeten de mest ongeveer 6 cm diep. Op bouwland kunnen de sleepvoeten- en sleepslangenmachine worden ingezet bij voorjaarstoediening. Gekoppeld aan nog in ontwikkeling zijnde apparaten, die via een slangenhaspel de mest naar de toedieningsmachine voeren, kan structuurbederf van de bodem in het voorjaar worden voorkomen (Huijsmans, 1990). Het toedienen van mest met de sleepslangenmachine en verdunnen met water van de mest via de slangenhaspel zijn goed toepasbare mogelijkheden. Het verdunnen van mest zorgt voor een betere infiltratie in de bodem (Bussink et al., 1990; Amberger, 1991), waardoor de emissie wordt verminderd. Uit de resultaten van dit experiment moet blijken of een aanvullende bewerking nodig is ná de toediening van mest met de sleepvoeten- en sleepslangenmachine en verdunde mest met de sleepslangenmachine. Dit experiment is een vervolg op het experiment met dezelfde opzet, maar waarbij in plaats van dunne kippemest dunne varkensmest is gebruikt (Mulder, 1992).

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

Deze meetmethode is geschikt om de ammoniakemissie van proefvelden met verschillende soorten mesttoediening te vergelijken met de emissie van bovengronds breedwerpig uitgereden mest. Ten opzichte van het laatste 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 is uitgevoerd van 25 tot en met 28 september 1991 op de IMAG-DLO-proefboerderij de 'Oostwaardhoeve' in Slootdorp. In totaal zijn vier proefvelden van ongeveer 0,15 ha op bouwland bemest. Voor het experiment is gebruik gemaakt van kippemest van een bedrijf in de omgeving van Slootdorp. Het uitrijden is pas om 11:15 uur gestart vanwege het verstopt raken van de leidingen van de sleepslangenmachine door de dikke kippemest (drogestofgehalte van 20%), die in eerste instantie is gebruikt. Nadat nieuwe mest was geleverd kon opnieuw het uitrijden van de mest worden gestart.

De toediening van de onbehandelde mest heeft plaats gevonden met de sleepvoetenmachine (werkbreedte 5 m), sleepslangenmachine (werk- breedte 12 m) en vacuumtank (werkbreedte 9 m). Het veld dat met deze laatste machine is bemest, fungeert als referentie. Op het vierde veld is 1:1-verdunde mest met de sleepslangenmachine opgebracht. Bij de toediening is uitgegaan van praktijkgiften (15-20 m^3/ha).

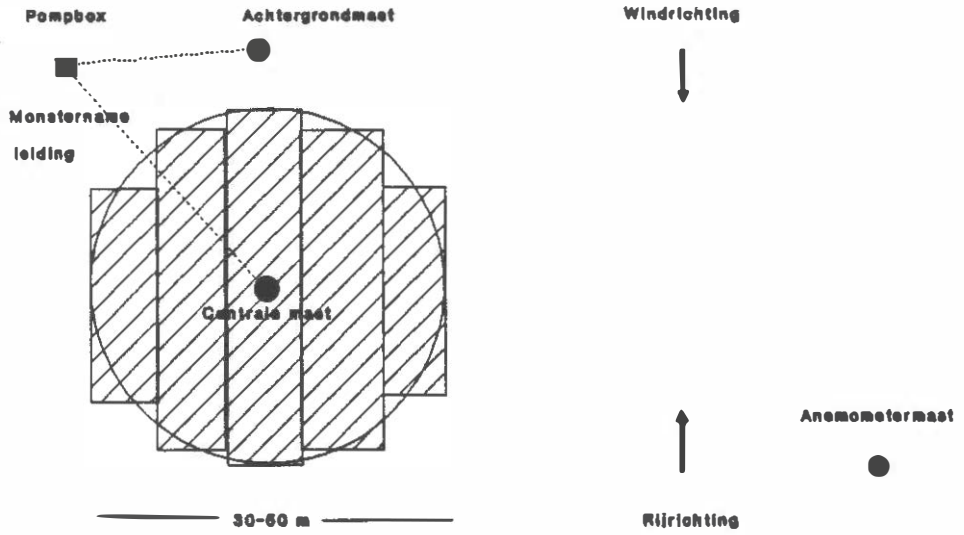
Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden zijn voor de vier velden zoveel mogelijk gelijk worden gehouden. De experimenten zijn ongeveer gelijktijdig gestart, zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen kunnen worden uitgesloten. Op 25 september zijn de vier velden tussen 11:15 uur en 13:40 uur bemest.

Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat de emissie direct na het verspreiden van de mest hoog is (Pain en Klarenbeek, 1988). Om het verloop van de emissie te meten moeten de monsternameperiodes direct na de mesttoediening kort zijn. Hierna neemt de emissiesnelheid snel af en kan op langere monsterperiodes worden overgegaan. De volgende monsternameperiodes zijn gekozen: 0-½ uur, ½-1½ uur, 1½-3 uur, 3-6 uur, 6 uur-schemering, schemering-zonsopkomst, zonsopkomst-48 uur, 48- 72 uur, 72-96 uur. In het algemeen treedt 80-90% van de totale emissie 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, zijn bodemmonsters van de bovenste 5 cm van de proefvelden gestoken. Met behulp van deze monsters kan op gewichtsbasis het vochtgehalte van de bodem worden bepaald. Van de mest die is verspreid is voor het uitrijden een aantal monsters genomen. Deze mestmonsters zijn geanalyseerd op: ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

In Figuur 1 staat een schema van een cirkelvormig proefveld geïllustreerd. In dit experiment is met de sleepslangenmachine gewerkt die een grote werkbreedte heeft (± 12 m), zodat vier uitgereden banen al een voldoend groot oppervlak gaven en de vorm van het veld vierkant maakten. In Figuur 1 staan de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast weergegeven. Nadat de helft van het 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 is gegaan. Met de achtergrondmast, die bovenwinds van de centrale mast stond, is de achtergrondconcentratie gemeten. In de masten zijn op verschillende hoogten flesjes met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp is lucht door de flesjes gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur is achtergebleven. In het laboratorium van het IMAG-DLO is na de meetperiode de hoeveelheid ammonium in het salpeterzuur bepaald. Uit deze hoeveelheid en de flow door het flesje die voor en na een monsternameperiode is gemeten, is de ammoniakconcentratie in de lucht bepaald. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentratie volgt dan de hoeveelheid ammoniak die uit de mest is vervluchtigd.



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

Voor een goede beschrijving van de meetomstandigheden zijn naast de bepaling van het bodemvocht de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd (hoogtes ten opzichte van het maaiveld):
- windsnelheid op 0,3; 0,5; 0,7; 1,2; 2,3 en 3,7 m hoogte;
- windrichting;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur op aan de grond en op 1,5 m hoogte boven maaiveld;
- bodemtemperatuur op 0,05 m beneden maaiveld;
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte;
- instraling;

3 Resultaten

3.1 Bodemgesteldheid

De bodem van de proefvelden kan worden geklassificeerd als zeer lichte zavel (12% afslibbaar) (Kuipers, 1956). Het perceel bestond uit twee zichtbaar verschillende delen. Het ene gedeelte was droger en zandiger dan het andere, kleiïge en natte deel. Dit komt tot uiting in de bodemvochtgehaltes: het droge gedeelte heeft een bodemvochtgehalte van gemiddeld 23% en het vochtigere gedeelte gemiddeld 41%. De velden waarop de kippemest met de sleepvoetenmachine en de verdunde kippemest met de sleepslangenmachine is uitgereden lagen op het drogere deel en de velden die met de sleepslangenmachine en vacuumtank zijn bemest lagen op het vochtigere deel. Het aardappelloof dat op het land lag, is voordat het experiment begon zoveel mogelijk weggehaald.

3.2 Weersomstandigheden

Bij een te harde wind, zoals op dinsdag 24 september het geval was (zie Figuur 4 in bijlage II), kan de mest niet gelijkmatig worden verspreid. Daarom werd de proef uitgesteld tot 25 september. In de nacht voor de proef (24 op 25 september) heeft het 4 mm geregend.

Op de dag van toediening stond er een zwakke wind (1-2 m/s op 2,3 m hoogte) uit zuidelijke richting. De temperatuur was ongeveer 19°C op 1,5 m boven het maaiveld en aan de grond en het was bewolkt. Nadat de metingen waren gestart begon het zacht te regenen. 's Avonds bleek dat die dag ongeveer 1,5 mm was gevallen. In bijlage II staan naast het verloop van de windsnelheid op 2,3 m hoogte, de temperatuur op 1,5 m en aan de grond, de luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte, de globale straling en de windrichting het verloop van de regen in de tijd weergegeven. Na 11:00 uur op 25 september heeft de automatische regenmeter niet meer gefunctioneerd. Vanaf die tijd is de regenmeter een keer per dag afgelezen. Deze waarnemingen zijn in Figuur 9 in bijlage II weergegeven met een stippellijn.

De hele meetperiode is het half- tot zwaarbewolkt geweest met hoge relatieve luchtvochtigheid van 85% overdag en 100% 's nachts. Het dag-nachtritme van de temperatuur was slechts 2°C. De aanwezigheid van een wolkendek verhinderde opwarming overdag en afkoeling 's nachts (zie Figuur 5 en 8 in bijlage II). De temperaturen liepen geleidelijk af van een maximumtemperatuur van 19°C op de eerste dag naar 15°C op de derde dag. De windsnelheid was de tweede dag hoger dan de eerste dag, namelijk 3-7 m/s, maar nam de derde dag weer af tot 1-3 m/s. De windrichting was op de eerste dag zuid en draaide naar noordoost. De tweede dag was de wind verder gedraaid naar het noorden en de derde dag ging de wind via het westen naar het zuiden.

3.3 Mestsamenstelling

In Tabel 1 staan de gemiddelde waarden van analyseresultaten van de drie monsters van de onbehandelde mest in vergelijking met de gemiddelde samenstelling van dunne kippemest (Hoeksma, 1988). De gegevens van de verdunde mest staan eveneens in Tabel 1 en zijn gemiddelden van drie mestmonsters. Deze mestmonsters zijn tijdens het mestverspreiden genomen door een paar keer een slang van de sleepslangenmachine in een emmer te houden.

Tabel 1. Gemiddelde samenstelling van de in dit experiment gebruikte dunne kippemest in vergelijking met de gemiddelde waarden uit Hoeksma (1988).

Grootheid	[eenheid]	Gemiddeld	Kippemest	
			onverdund	1:1-verdund
ammoniumstikstof	[mg/kg]	5700	7950	3926
totaalstikstof	[mg/kg]	10600	12000	6190
fosfor	[mg/kg]	3452	4590	1675
kalium	[mg/kg]	5063	5630	2435
pH	[-]	7,5	7,2	7,1
droge stof	[mg/kg]	144,0	176,0	74,3
ruwe as	[% van ds]	52	34,9	27,1
vluchtige vetzuren	[mg/l]	-*	38538	17428

* geen waarneming.

Uit Tabel 1 blijkt dat de gebruikte mest hogere gehaltes aan fosfor, kalium, droge stof, ammonium- en totaalstiksof bevat. Deze hogere waarden vallen echter wel binnen de opgegeven spreiding van de gemiddelde mest in de literatuur.

Op basis van de gewogen hoeveelheden water en mest was de verdunning 1,0 deel water op 1,0 deel mest. Dit komt goed overeen met de gegevens van tabel 1 behalve voor het fosfor- en drogestofgehalte, op basis waarvan de verdunning 1,4:1 tot 1,7:1 geweest zou zijn.

3.4 Ammoniakemissie

In bijlage III wordt het emissieverloop van elk proefveld per periode vermeld. In Tabel 2 staan de gemiddelde mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per proefveld.

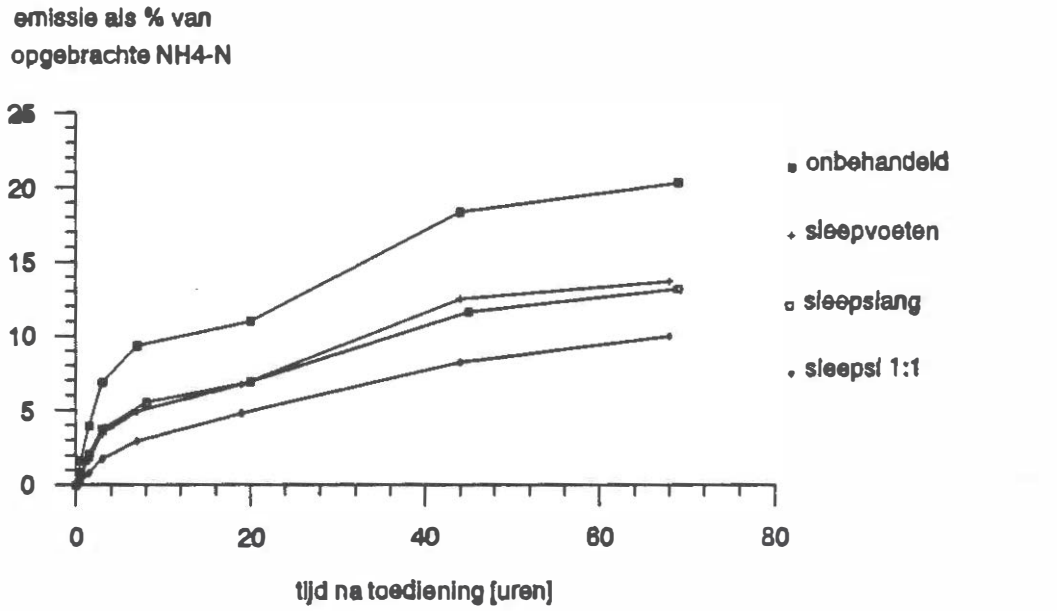
Tabel 2. Gemiddelde giften en ammoniakemissie van kippemest toegediend met de sleepvoeten- en sleepslangenmachine en verdunde kippemest met de sleepslangenmachine in vergelijking met bovengronds breedwerpig toegediende kippemest op bouwland.

Mestsoort	Giften			Ammoniakemissie		
	mest	NH_4-N	N-tot		NH_4-N	N-tot
	[m³/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]
Bovengronds	20,5	162,9	245,8	33,1	20,3	8,3
Sleepvoeten	22,0	175,2	264,4	24,0	13,7	5,2
Sleepslangen	15,3	121,5	183,4	16,0	13,2	7,2
1:1-verdund sleepslangen	29,4	114,9	180,7	11,5	10,0	5,5

De ammoniumstikstofgiften toegediend met de sleepslangenmachine liggen lager dan die toegediend met de sleepvoetenmachine en de vacuumtank. De ammonium- en totaalstikstofgift van de verdunde mest is vergelijkbaar met die van de door de sleepslangenmachine opgebrachte (onverdunde) mest.

De totale emissie van het bovengronds opgebrachte veld is laag en bedraagt 20% van de hoeveelheid opgebrachte ammoniumstikstof. Nadat de mest met de sleepvoetenmachine was uitgereden bleef er mest zichtbaar op de grond. De ammoniakemissie bedraagt 14% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof en is niet aanzienlijk verminderd ten opzichte van de bovengronds breedwerpig uitgereden kippemest. Van het veld dat met de sleepslangenmachine is bemest vervluchtigde 13% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissies van mest toegediend met de sleepslangen- en sleepvoetenmachine ontlopen elkaar in dit experiment niet veel en liggen beide dicht bij de emissie van het referentieveld.

De ammoniakemissie van de met de sleepslangenmachine toegediende verdunde mest is 10% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof, wat een reductiepercentage ten opzichte van bovengronds uitgereden mest betekent van 51%. Ten opzichte van de emissie van onverdunde mest met de sleepslangenmachine is de reductie 24%.



Figuur 2. Stikstofverlies als functie van de tijd na toediening van 1:1-verdunde kippemest met de sleepslangenmachine en onbehandelde dunne kippemest met de vacuumtank, sleepvoeten- en sleepslangenmachine.

In Figuur 2 wordt het verloop van de emissies weergegeven. Het blijkt dat de emissie geleidelijk verloopt: na ongeveer 7 uur is 46% van de totale ammoniakemissie van de bovengronds uitgereden mest opgetreden. De sleepslangenmachine en sleepvoetenmachine kende ongeveer hetzelfde verloop als de bovengronds verspreide mest. De emissie van het veld met de verdunde mest kwam langzaam op gang, maar emitteerde langer door; na 7 uur is slechts 29% van de totale emissie opgetreden.

3.5 Vergelijking van resultaten

In Tabel 3 worden de reductiepercentages ten opzichte van bovengronds breedwerpig verspreide mest vermeld. Hierin staan ook de gegevens van het experiment met dezelfde opzet waarbij dunne varkensmest is uitgereden (Mulder, 1992).

Tabel 3. Mestgiften, ammoniakemissies als percentage van de hoeveelheid opgebrachte ammoniumstikstof en reductiepercentages.

Toediening	Mestgift [m³/ha]	NH_4-N-gift [kg/ha]	Emissie [%]	Reductie [%]	
Dunne kippemest:					
Bovengronds	20,5	162,9	20,3		
Sleepvoeten	22,0	175,2	13,7	33	
Sleepslangen	15,3	121,5	13,2	35	
Sleepslangen 1:1	29,4	114,9	10,0	51	24**
Dunne varkensmest:					
Bovengronds	15,9	67,6	66,3		
Sleepvoeten	20,3	87,2	18,8	72	
Sleepslangen	12,2	52,0	53,7	19	
Sleepslangen 1:1*	26,6	72,5	41,5	43	25**

* eigenlijk 1 deel mest op 0,5 deel water;

** ten opzichte van sleepslangenmachine met onverdunde mest.

Wat betreft de omstandigheden waaronder deze metingen zijn uitgevoerd zijn er enkele verschillen: in de week waarin dunne varkensmest is uitgereden waaide het harder (met name de eerste en tweede dag), waren de globale straling en de temperaturen hoger, het dag-nachtritme van de temperatuur meer uitgesproken en hiermee samenhangend was het verschil tussen de relatieve luchtvochtigheid 's nachts (100%) en overdag (55-80%) groter dan in de week erna. In de week waarin kippemest werd uitgereden is met name de eerste dag regen gevallen.

Uit Tabel 3 blijkt dat bij gelijke mestgiften de NH_4-N-giften van kippemest ruim twee keer zo hoog zijn. Ondanks de grotere NH_4-N-gift van kippemest zijn de emissieniveau's en -percentages lager. In het geval van varkensmest heeft de sleepvoetenmachine goede en de sleepslangenmachine matig reducerende capaciteiten heeft. In het geval van kippemest is er vrijwel geen verschil in emissiereductie tussen deze twee machines en liggen de reductiepercentages tussen de resultaten van het experiment met varkensmest.

4 Discussie

Thompson et al. (1990) concludeerde uit een windtunnelexperiment op grasland dat de totale emissie na 5 dagen van mest opgebrachte in smalle stroken lager was dan van bovengronds breedwerpig verspreide mest door verkleining van het emitterende oppervlak. Dit heeft waarschijnlijk een rol gespeeld bij de ammoniakvervluchtiging van de velden die met de sleepvoeten- en sleepslangenmachine zijn bemest. Door de sleepvoeten zou de mest tevens onder de grond worden gebracht, waardoor de mest wordt afgesloten van de lucht. Dit zou de reductie moeten vergroten. Uit Tabel 2 blijkt echter dat de emissieniveau's van de velden die zijn bemest met de sleepvoeten- en sleepslangenmachine vrijwel gelijk zijn en niet veel verschillen van het referentieveld. Redenen hiervoor kunnen zijn dat de sleepvoetenmachine de mest niet goed heeft ondergewerkt - er was immers mest zichtbaar -, wat samen met de hogere mest- en NH_4-N-gift voor een bijna even hoge emissie als van de sleepslangenmachine zorgde. De regenval gedurende de hele meetperiode en met name de eerste dag kan ervoor hebben gezorgd dat de mest beter in de grond kon trekken. Dit zorgt voor een verlaging van de emissies en heeft wellicht een grotere invloed op bovengronds verspreide mest dan op ondergewerkte of verdunde mest, met gevolg een verlaging van de reductiepercentages.

Uit laboratoriumproeven blijkt dat een verdunning van rundermest met de helft of eenmaal het volume een emissiereductie van ongeveer 25% respectievelijk 50% veroorzaakt (Döhler, 1991). Op grond van de betere infiltratie van verdunde mest in de bodem (Bussink et al., 1990; Amberger, 1991; Döhler, 1991) en de afname van ammoniakvervluchtiging door concentratieverlaging kan worden beredeneerd dat de reductie meer bedraagt dan bovengenoemde percentages. De in dit experiment gebruikte verdunde mest was gezien het ammoniumstikstofgehalte met eenmaal het volume verdund. Ervan uitgaande dat het bovenstaande ook op kippemest van toepassing is, zou de emissiereductie van de met de sleepslangenmachine opgebrachte verdunde mest ongeveer 50% lager moeten liggen dan de emissie van de met de sleepslangenmachine toegediende onverdunde mest. Uit Tabel 2 blijkt dat de reductie minder dan 50% is, namelijk 24%. Dit kan het gevolg zijn van de lage emissieniveau's, waardoor het effect van verdunning moeilijker te onderscheiden was of door de regen die gedurende de hele meetperiode en met name de eerste dag is gevallen. Hierdoor wordt de mest ingeregend, wat een groter effect op onverdunde dan op verdunde mest kan hebben.

5 Samenvatting en conclusies

In dit experiment is de ammoniakemissie na het verspreiden van dunne kippemest met de sleepvoeten- en sleepslangenmachine en van 1:1 verdunde kippemest met de sleepslangenmachine vergeleken met de emissie van bovengronds breedwerpig uitgereden dunne kippemest. Het experiment vond plaats op bouwland op zavelgrond.

De ammoniakemissie van het bovengronds uitgereden veld was laag en bedroeg 20% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Door toediening van de mest met de sleepvoetenmachine werd de emissie verminderd tot 14%, wat een reductiepercentage van 35% betekent. De emissie na toediening met de sleepslangenmachine ligt dicht bij dit emissiecijfer. Van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof vervluchtigde 13%. De toepassing van de sleepslangenmachine met 1:1 verdunde mest gaf een reductie te zien. De emissie bedroeg 10%. Dit betekent een reductie van 51% ten opzichte van bovengronds uitgereden mest en van 24% ten opzichte van met de sleepslangenmachine uitgereden onverdunde mest.

Literatuur

Amberger, A., 1991, Ammonia emissions during and after landspreading of slurry, in: Nielsen, V.C., J.H. Voorburg en P. L'Hermite (eds.), Odour and ammonia-emissions from livestock farming. Elsevier Science Publishers Ltd, Londen.

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.

Huijsmans, J.F.M., 1990, Ontwikkeling van emissie-arme mestoedieningssystemen met betrekking tot de dosering en verdeling van de mest en de toediening op minder draagkrachtige en moeilijk berijdbare gronden, IMAG-DLO-project. IMAG-DLO, Wageningen.

Mulder, E.M., 1992, Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie na mesttoediening: de ammoniakemissie na toediening van dunne varkensmest met de sleepslangen- en sleepvoetenmachine en verdunde mest met de sleepslangenmachine op bouwland, Meetploegverslag 34506-3100. 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:

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

waarin:

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

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

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

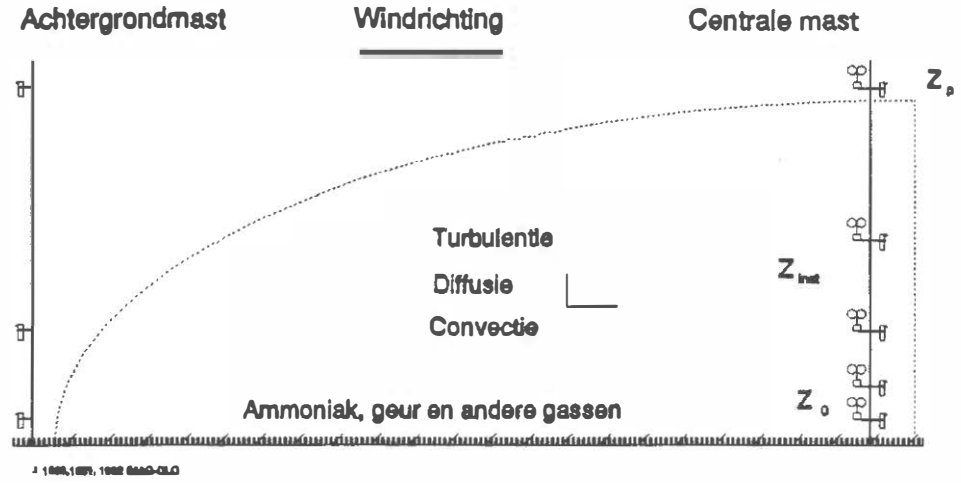
Bij aanwezigheid van ammoniak in de achtergrondlucht moeten zowel boven- als benedenwinds de profielen van de ammoniakconcentratie worden vastgesteld (Figuur 3b). Met deze profielen kan vervolgens het profiel van de horizontale flux worden berekend (zie Figuur 3c). De geïntegreerde horizontale flux over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

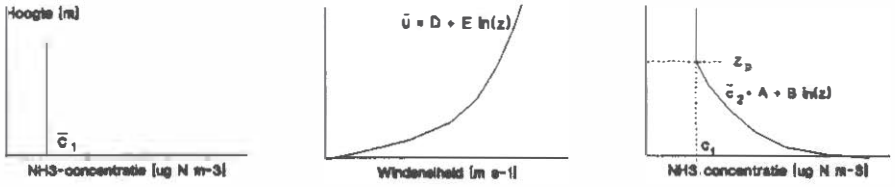
$$F_N = \frac{1}{x} \left(\int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z)\, dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z)\, dz \right) \qquad (3)$$

waarin:

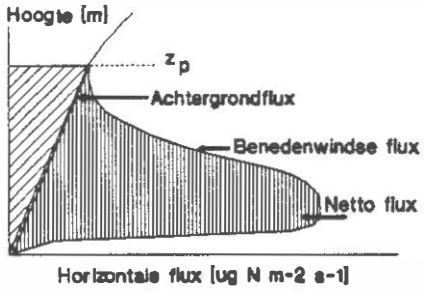
F_N	=	nettoflux [g $m^{-2}s^{-1}$];
$c_1(z)$	=	de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}];
$c_2(z)$	=	de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte z [g m^{-3}].

(a)





(b)



(c)

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

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

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

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

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 wasflesje gevuld met met 0,02 M HNO_3 als absorptievloeistof en een impinger. Een impinger maakt het mogelijk door middel van een pomp en aanzuigslangen lucht door de vloeistof te leiden. Het ammoniumgehalte in de absorptievloeistof is met behulp van een ionchromatograaf bepaald. De luchtsnelheid door de absorptievloeistof wordt ingesteld op 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 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.

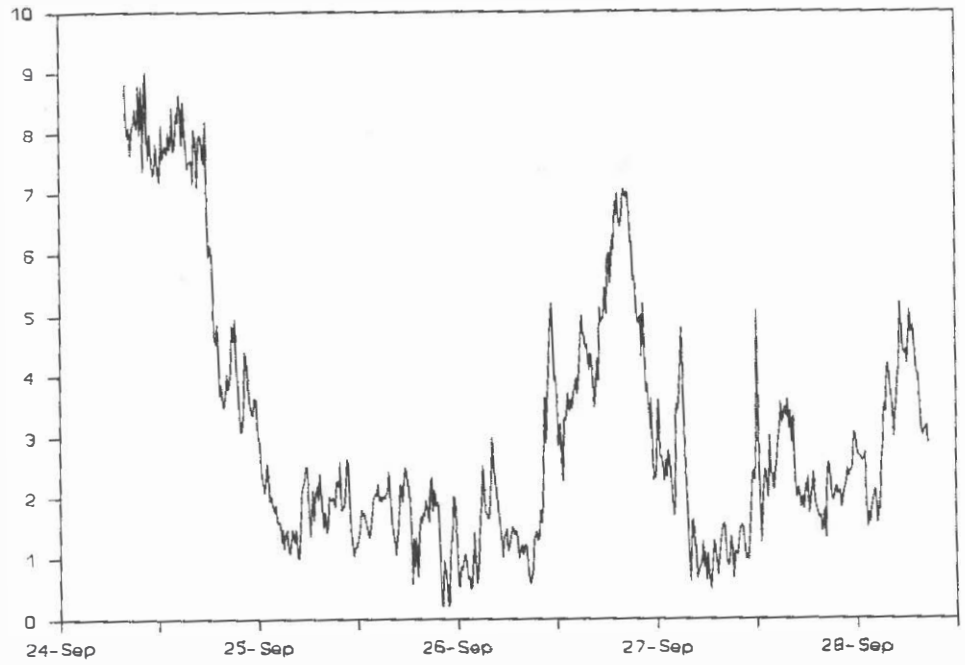
Denmead, O.T., J.R. Simpson en J.R. Freney, 1977, A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia, Soil Sci. Soc. Am. 41, 1001-1004.

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.

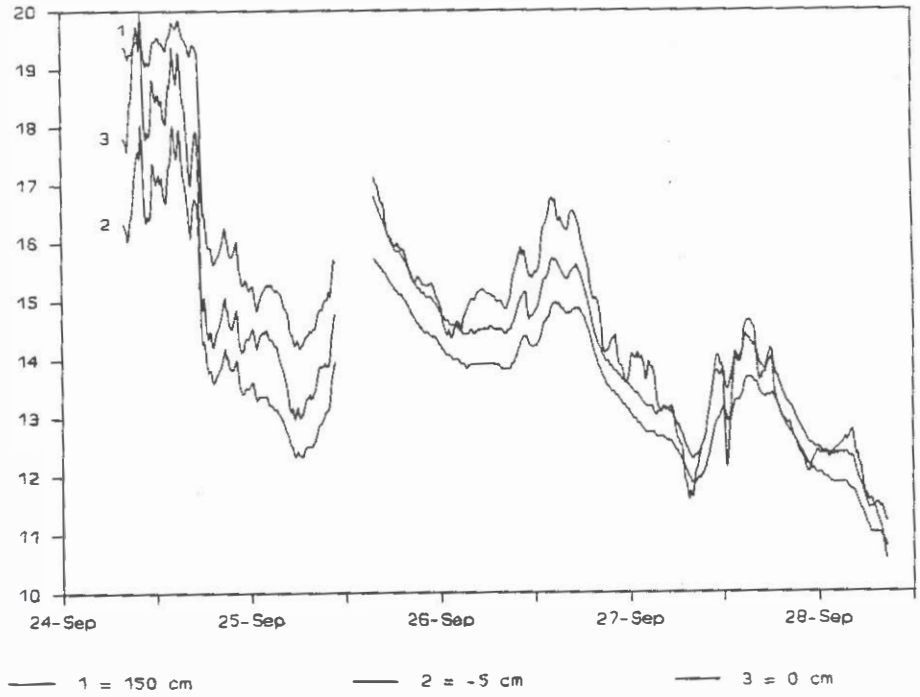
Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment

m/s



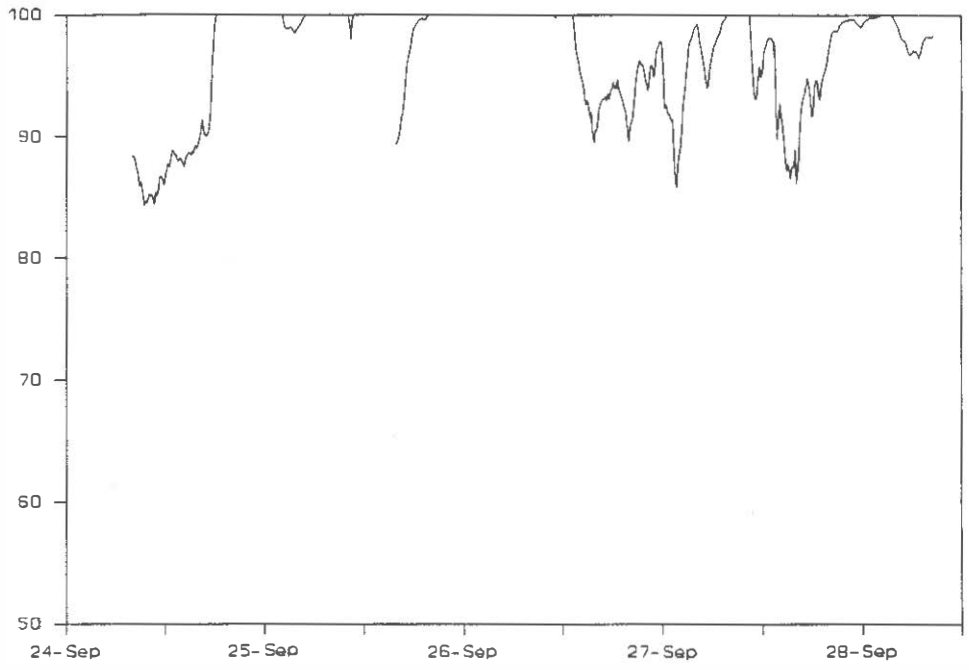
Figuur 4. Windsnelheid op 2,3 m hoogte.

°C



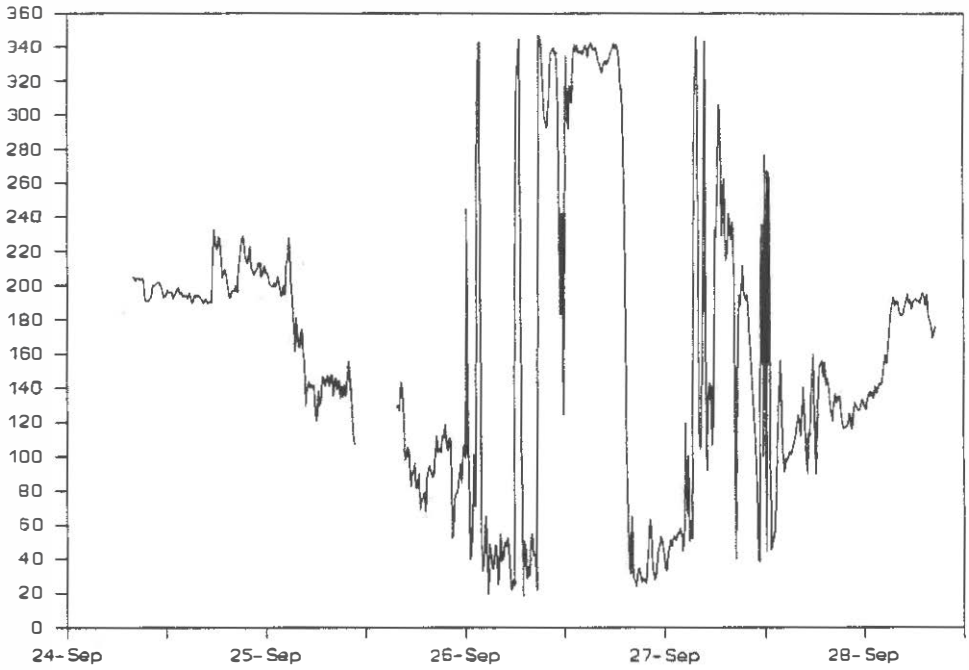
Figuur 5. Luchttemperatuur op 1,5 m hoogte en aan de grond; bodemtemperatuur op 0,05 m diepte.

%



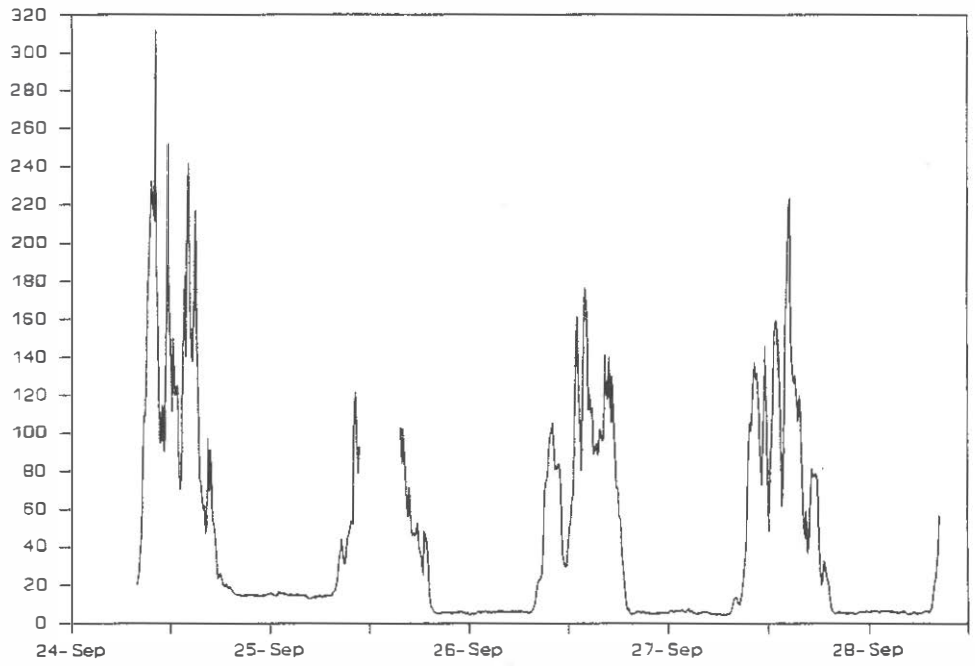
Figuur 6. Relatieve luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte.

Graden



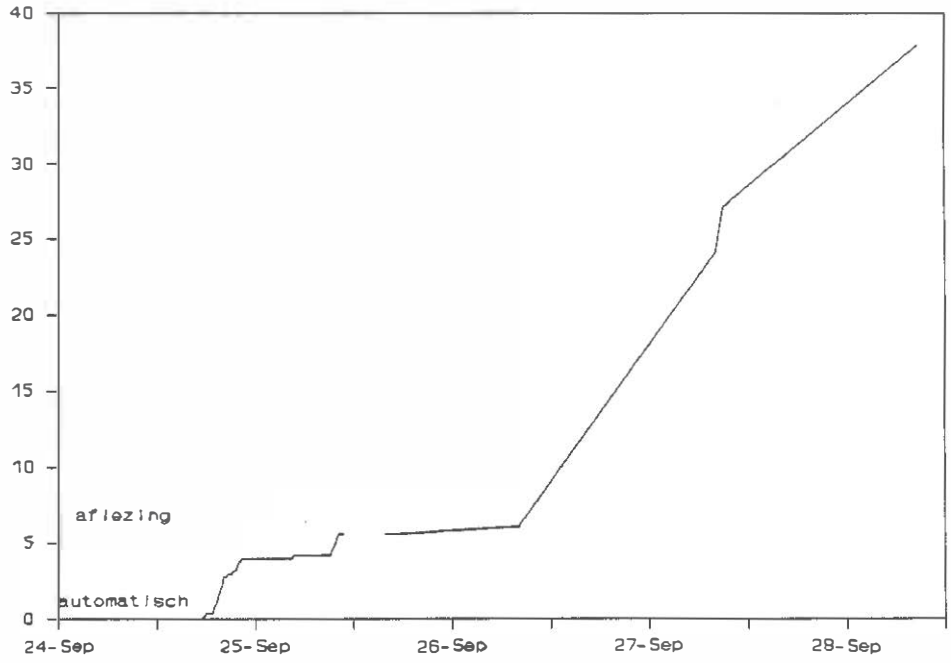
Figuur 7. Windrichting.

W/m²



Figuur 8. Globale straling.

mm



Figuur 9. Regenhoeveelheid.

Bijlage III Emissiesnelheid per meetmethode

Bovengronds breedwerpig dunne kippemest (referentieveld)

periode na uitrijden	emissiesnelheid [kg/ha/dag]	cumulatief verlies [kg/ha]	[%] t.o.v. NH_4-N	[%] t.o.v. N-tot
0 - ½ uur	140,82	2,64	1,62	0,66
½ - 1½ uur	82,18	6,41	3,93	1,60
1½ - 3 uur	74,08	11,14	6,84	2,78
3 - 7 uur	22,83	15,21	9,34	3,80
7 - 20 uur	5,33	17,91	11,00	4,47
20 - 44 uur	11,57	29,86	18,33	7,46
44 - 68 uur	3,26	33,08	20,31	8,26

Sleepvoetenmachine

periode na uitrijden	emissiesnelheid [kg/ha/dag]	cumulatief verlies [kg/ha]	[%] t.o.v. NH_4-N	[%] t.o.v. N-tot
0 - ½ uur	60,36	1,38	0,79	0,30
½ - 1½ uur	34,17	2,85	1,63	0,62
1½ - 3 uur	50,99	6,01	3,43	1,30
3 - 7 uur	15,83	8,63	4,93	1,86
7 - 19 uur	6,17	11,77	6,72	2,54
19 - 44 uur	9,84	21,91	12,50	4,73
44 - 68 uur	2,09	23,99	13,69	5,18

Sleepslangenmachine

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
na uitrijden	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v. NH_4-N	[%] t.o.v. N-tot
0 - ½ uur	40,60	0,99	0,81	0,44
½ - 1½ uur	36,17	2,52	2,07	1,13
1½ - 3 uur	32,89	4,53	3,73	2,03
3 - 8 uur	11,09	6,66	5,48	2,99
8 - 20 uur	3,41	8,39	6,91	3,77
20 - 45 uur	5,55	14,12	11,63	6,34
45 - 69 uur	1,88	16,01	13,18	7,19

Sleepslangenmachine 1:1-verdund

periode	emissiesnelheid	cumulatief verlies		
na uitrijden	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v. NH_4-N	[%] t.o.v. N-tot
0 - ½ uur	11,14	0,22	0,20	0,11
½ - 1½ uur	18,54	0,95	0,82	0,46
1½ - 3 uur	17,04	2,05	1,78	0,98
3 - 7 uur	8,43	3,36	2,93	1,62
7 - 19 uur	4,18	5,50	4,78	2,65
19 - 44 uur	3,83	9,44	8,21	4,55
44 - 68 uur	2,06	11,50	10,00	5,54