

38

# Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

38

Het effect van onderwerken van  
dunne varkensmest in een  
tarwestoppel

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

dlo



Meetploegverslag  
34506-4400b  
Juni 1993



# Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening

Het effect van onderwerken van  
dunne varkensmest in een  
tarwestoppel

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

Meetploegverslag  
34506-4400b  
Juni 1993

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

Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)  
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 DLO-instituut.  
Bronvermelding zonder weergave van de feitelijke inhoud is evenwel toegestaan, op voorwaarde van de volledige vermelding van: auteursnaam, jaartal, titel, DLO-instituut en verslagnummer 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	6
	3.1 Inleiding	6
	3.2 Bodemgesteldheid en stoppelhoogte	6
	3.2 Weersomstandigheden	6
	3.3 Mestsamenstelling	7
	3.4 Ammoniakemissie	7
4	Discussie	9
5	Conclusies	10
	Literatuur	11
	Bijlage I Micrometeorologische massabalansmethode	12
	Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment	15
	Bijlage III Emissiesnelheid per monsterperiode	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 het toedienen en onderwerken van dunne varkensmest met een schijveneg op bouwland met een tarwestoppel.

Na het bovengronds, breedwerpig verspreiden is de mest direct in de tweede werkgang ondergewerkt met een Evers schijveneg. Daarnaast is de mest in dezelfde werkgang toegediend en ondergewerkt met een Evers-schijveneg-mestverwerker.

In het voorjaar van 1992 werden dezelfde machines in een voorbewerkte maïsstoppel op zandgrond gebruikt. De emissiereductie na bewerking met de schijveneg in de tweede werkgang was hoog, namelijk 96%. Na mesttoediening door de schijveneg-mestverwerker werd de ammoniakemissie met 91% gereduceerd ten opzichte van bovengronds breedwerpig uitgereden mest.

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

## 2 Methode

### 2.1 Inleiding

De ammoniakemissie werd bepaald met behulp van de micrometeorologische massabalansmethode. In het kort komt deze methode neer op het meten van het verschil tussen aan- en afvoer van ammoniak over een bemest proefveld. Dit 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.

Doordat gelijktijdig op verschillende proefvelden werd gemeten, kon onder praktijkomstandigheden de ammoniakemissie van verschillende onderwerktechnieken worden vergeleken met de emissie van bovengronds, breedwerpig toegediende mest (referentie). De ammoniakemissie werd uitgedrukt als percentage van de opgebrachte hoeveelheid ammonium- en totaalstikstof. Ten opzichte van de referentie werd een reductiepercentage berekend.

### 2.2 Opzet

Het experiment werd uitgevoerd op het IMAG-DLO-proefbedrijf de 'Oostwaardhoeve' in Slootdorp. Bij het experiment is gebruik gemaakt van dunne varkensmest uit een mestsilo. Deze mest was afkomstig van een vleesvarkensbedrijf. In totaal werden vier proefvelden bemest. Omdat de schijveneg-mestverwerker (I) bij het toedienen van de mest op het eerste veld niet goed werkte, werd na reparatie nog een tweede veld bemest (II). In Tabel 1 staan de gebruikte machines met werkbreedtes gegeven.

Tabel 1. Overzicht van de gebruikte toedieningsmachines tijdens het experiment van 8 t/m 12 september.

Veld	Toedienings- of onderwerktechniek	Machine(s)	Kenmerken
1	bovengronds breedwerpig	vacuümtank	werkbreedte ca. 9 m; referentieveld
2	bovengronds breedwerpig gevolgd door onderwerken	vacuümtank en Evers schijveneg	werkbreedte schijveneg 2,5 m
3	mesttoedienen en onderwerken in één werkgang	Evers-schijveneg-mestverwerker	werkbreedte 3,15 m; werkte niet optimaal; (I)
4	mesttoedienen en onderwerken in één werkgang	Evers-schijveneg-mestverwerker	werkbreedte 3,15 m; gerepareerd; (II)

De schijven van de schijveneg waren afzonderlijk gelagerd en onder een hoek naar de grond geplaatst, waardoor een kerende werking werd bewerkstelligd. De twee rijen schijven waren afzonderlijk (centraal per rij) door middel van een draaispindel te verstellen. Hierdoor was het mogelijk de mate van menging te beïnvloeden. De diepteinstelling gebeurde door middel van een spijlenrol. De schijveneg-mestverwerker brengt de mest met behulp van slangen vlak voor de eerste schijvenrij op de grond en werkt de mest direct onder de grond. De inwerkdiepte is ca. 10 cm. Bij de toediening is uitgegaan van giften van ca. 30 m<sup>3</sup>/ha.

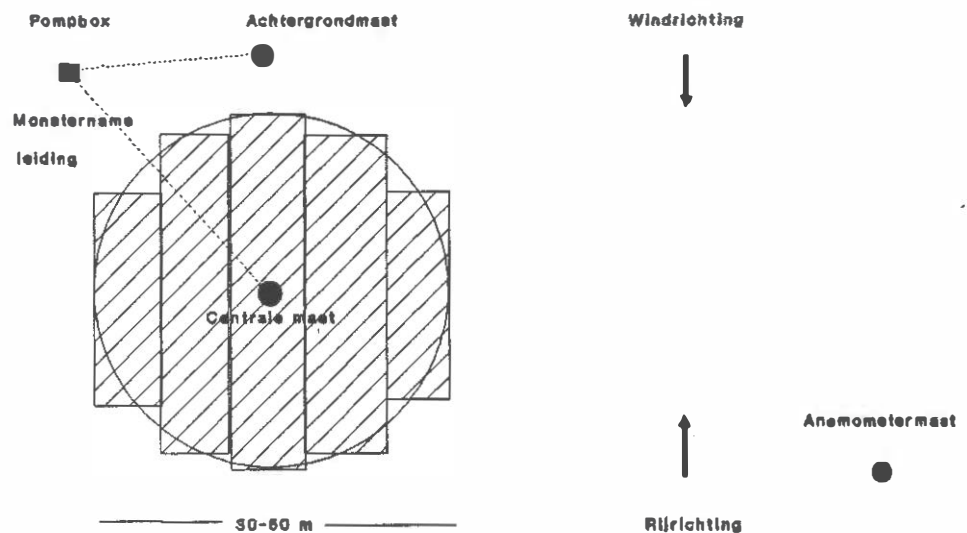
Factoren die de emissie kunnen beïnvloeden werden voor de vier velden zoveel mogelijk gelijk gehouden. De experimenten werden ongeveer gelijktijdig gestart, zodat verschillen in weersinvloeden op de individuele metingen konden worden uitgesloten. Uit voorgaand onderzoek bleek dat de emissie direct na het verspreiden van de mest hoog is (Pain en Klarenbeek, 1988). In het algemeen treedt 80-90% van de totale emissie in de eerste 48 uur op (Döhler, 1991). Na 96 uur na

het uitrijden is de emissie nihil (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 monsternamperiodes na moment van toediening 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 cirkelvormig proefveld. In deze figuur staan de posities van de pompbox, de achtergrond- en centrale mast gegeven. Als de helft van het proefveld was uitgereden en eventueel ondergewerkt, werd de centrale mast geplaatst en de meting gestart. Met de centrale mast werd de ammoniakconcentratie bepaald in de lucht die over een afstand met de lengte van de straal van het veld ging. Met de achtergrondmast, die bovenwinds van de centrale mast stond, werd de achtergrondconcentratie gemeten. In de masten waren op verschillende hoogten gaswasflessen met salpeterzuur als opvangvloeistof bevestigd. Met behulp van de pomp werd lucht door de flessen gezogen, waarbij de ammoniak in het salpeterzuur achterbleef. In het laboratorium van het IMAG-DLO werd na de meetperiode de hoeveelheid ammonium in het salpeterzuur met een ionchromatograaf (Waters, proteïn-pak kolom sp 5pw) bepaald.



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

Uit deze hoeveelheid en de flow door de fles, die voor en na een monsternamperiode werd gemeten, werd de ammoniakconcentratie in de lucht bepaald. Uit de windsnelheid op verschillende hoogten en de gemeten concentraties volgde dan de hoeveelheid ammoniak die uit de mest was vervluchtigd.

Voor de start van het experiment werden ca. 30 bodemonsters per proefveld van de bovenste 5 cm van de grond gestoken. Met behulp van deze monsters werd op gewichtsbasis het vochtgehalte van de bodem bepaald. Van het referentieveld werd de stoppelhoogte gemeten met een eenvoudige grashoogtemeter. Van

de mest die werd verspreid werd voor het uitrijden een aantal monsters genomen. Deze mestmonsters werden geanalyseerd op: ammoniumstikstof, totaalstikstof, fosfor, kalium<sup>1</sup>, pH, droge stof, ruw as en vluchtige vetzuren.

Voor een goede beschrijving van de meetomstandigheden werden naast de bepaling van het bodemvocht de volgende meteorologische gegevens continu geregistreerd. (hoogte gemeten t.o.v. maaiveld):

- windsnelheid op 0,25; 0,4; 0,8; 1,3; 2,4 en 3,7 m hoogte;
- windrichting op 3,7 m hoogte;
- hoeveelheid neerslag;
- luchttemperatuur aan de grond op 0,05 m en op 1,5 m hoogte;
- bodemtemperatuur op 0,05 m beneden maaiveld;
- luchtvochtigheid op 1,5 m hoogte;
- globale straling op 1,5 m hoogte.

---

<sup>1</sup>fosfor- en kaliumgehalte slechts in één monster bepaald.

## 3 Resultaten

### 3.1 Inleiding

Het experiment werd uitgevoerd van 8 tot en met 12 september 1992. Op de eerste dag van het experiment werden de vier velden tussen 10:50 en 12:10 uur bemest. Het onderwerken met de schijveneg in de tweede werkgang duurde 11 minuten langer dan het bovengronds toedienen.

Op het eerste veld waar de mest met de schijveneg-mestverwerker werd toegediend, werd de mest niet goed verdeeld, vanwege het niet aanstaan van de rotor die de mestverdeling naar de slangen regelde. Hierdoor kwam de mest slechts uit de middelste slangen, waardoor teveel mest werd neergelegd, die niet allemaal kon worden ondergewerkt. Op het tweede veld met de schijveneg-mestverwerker (II) was de verdeling beter en werd de mest goed ondergewerkt.

De meteorologische gegevens van de laatste twee meetdagen werden niet geregistreerd. Voor de emissieberekening van de laatste twee dagen werd gebruik gemaakt van de windgegevens, die op het meteostation van de proefboerderij in Slootdorp waren gemeten. Voor de Figuren 4 t/m 8 in Bijlage II werden echter voor de gehele meetperiode de gegevens van het meteostation gebruikt. Om deze reden wijken de in Figuur 4 en 5 gegeven hoogten af van de waarnemingshoogten in paragraaf 2.3.

### 3.2 Bodemgesteldheid en stoppelhoogte

De bodem van de proefvelden wordt geklassificeerd als zavelgrond. De bovengrond van het perceel zag er nat uit. Het bodemvochtgehalte van de bovenste 5 cm bedroeg 20-22%. De stoppelhoogte op het referentieveld bedroeg 13,4 cm (gemiddelde van 10 waarnemingen).

### 3.2 Weersomstandigheden

In Bijlage II wordt het verloop van de windsnelheid, de temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid, de windrichting en de regen in de tijd gegeven. Op de eerste dag stond er een matige wind (ca. 6 m/s op 2 m hoogte) uit westelijke richting. In de nacht daalde de windsnelheid naar ca. 2 m/s (zwakke wind). De tweede dag en nacht waren de windsnelheid en -richting gelijk aan de eerste. Op de derde dag draaide de wind naar het zuiden en nam de windsnelheid af tot 2-3 m/s op 2 m hoogte (zwak tot matige wind). De laatste dag draaide de wind van zuid-oost naar west. De wind nam toe tot ca. 7 m/s overdag (vrij krachtige wind) en ca. 4 m/s in de nacht.

De temperatuur op 1,5 m hoogte liep in de meetperiode op van ca. 15°C op de eerste dag tot ca. 20°C op de laatste dag. In de nachten schommelde de temperatuur rond 10°C. De temperatuur vlak bij de grond was overdag hoger en 's nachts lager dan de temperatuur op 1,5 m. Dit verschil was echter niet groot, namelijk ca. 1°C.

De relatieve luchtvochtigheid was op de eerste en tweede dag 60-70%, 40-50% op de derde dag en ca. 80% op de laatste dag. Gedurende de nachten steeg de vochtigheid tot ca. 95%. De eerste dag viel minder dan 0,5 mm regen.



### 3.3 Mestsamenstelling

In Tabel 2 staan de gemiddelde waarden van analyseresultaten van vier monsters van de gebruikte dunne varkensmest in vergelijking met de gemiddelde samenstelling van dunne varkensmest uit het onderzoek van Hoeksma (1988).

Tabel 2. De gemiddelde samenstelling van de in dit experiment gebruikte dunne varkensmest in vergelijking met de gemiddelde waarden uit het onderzoek van Hoeksma (1988).

Grootheid	[eenheid]	Dunne varkensmest (n = 4)	Hoeksma (n = 379)
ammoniumstikstof	[g/kg]	3,8	3,6 (1,3 - 5,5) <sup>a</sup>
totaalstikstof	[g/kg]	5,5	6,5 (2,5 - 10,6)
fosfor	[g/kg]	1,5	1,7 (0,1 - 5,2)
kalium	[g/kg]	6,1	5,6 (2,0 - 9,0)
pH	[-]	8,1	8,0 (7,3 - 8,6)
droge stof	[g/kg]	60,7	74 ( 15 - 157)
ruwe as	[% van ds]	39,3	25 ( 7 - 53)
vluchtige vetzuren	[g/kg]	0,2	. <sup>b</sup>

<sup>a</sup> tussen haakjes de spreiding binnen waarnemingen;

<sup>b</sup> geen waarneming.

Uit Tabel 2 blijkt dat het totaalstikstofgehalte, het drogestof- en ruwe-asgehalte lager waren dan de gemiddelde mestsamenstelling uit het onderzoek van Hoeksma; de gehalten vielen echter ruim binnen de opgegeven spreiding van de gemiddelde mest. De gehalten van de andere componenten in de gebruikte mest kwamen goed overeen met de gemiddelde waarden. Alleen was het gehalte aan vluchtige vetzuren laag in vergelijking met vorige experimenten met dunne varkensmest uit dezelfde mestsilo. Van het gehalte aan totaalstikstof in de gebruikte mest was 69% in de vorm van ammoniumstikstof aanwezig.

### 3.4 Ammoniakemissie

In bijlage III wordt het emissieverloop van elk proefveld per periode vermeld. In Tabel 3 staan de mest- en stikstofgiften en de totale ammoniakemissie per proefveld.

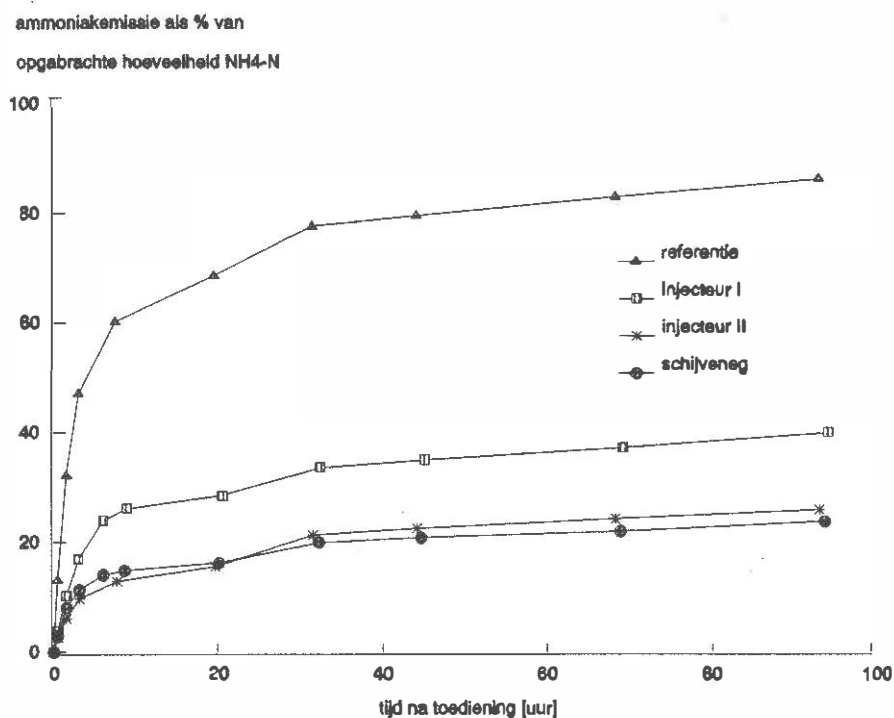
Tabel 3. De gemiddelde giften en ammoniakemissie van bovengronds breedwerpig verspreide dunne varkensmest in vergelijking met in dezelfde werkgang of een tweede werkgang ondergewerkte dunne varkensmest.

Bewerking	Giften			Ammoniakemissie			Reductie
	mest	NH <sub>4</sub> -N	N-tot	NH <sub>4</sub> -N	N-tot	t.o.v.	
	[m <sup>3</sup> /ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[%]	[%]	
Referentie	29,1	111,1	158,7	95,8	86,2	60,4	-
Schijveneg-mestverwerker I	29,9	114,5	163,4	45,7	39,9	28,0	54
Schijveneg-mestverwerker II	29,2	111,7	159,4	28,9	25,9	18,1	70
Schijveneg	28,3	108,1	154,4	25,6	23,7	16,6	73

De mestgift was op alle velden ongeveer de beoogde 30 m<sup>3</sup>/ha. De totale emissie van het referentieveld bedroeg 86% van de hoeveelheid opgebrachte

ammoniumstikstof. De ammoniakemissie van het veld waar de mest met de schijveneg was ondergewerkt, bedroeg 24% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Dit betekende een reductie ten opzichte van het referentieveld van 73%. De emissies na het toedienen en onderwerken van de mest in dezelfde werkgang waren voor de twee velden verschillend. De emissie van het veld waarop de schijveneg-mestverwerker niet correct had gewerkt bedroeg 40% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Van het veld, waar de mest wel goed was verdeeld en ondergewerkt was de emissie lager, namelijk 26% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissiereducties waren resp. 54% en 70% ten opzichte van de referentie.

In Figuur 2 wordt het verloop van de cumulatieve emissies in de tijd gegeven. In deze figuur is te zien dat na de meetperiode van 96 uur de emissie op alle velden doorging. De emissiesnelheid van het referentieveld was in de laatste meetperiode hoger dan van de schijveneg en schijveneg-mestverwerker (II) (zie Bijlage III), maar ongeveer gelijk aan de emissiesnelheid van schijveneg-mestverwerker (I). Als langer zou zijn doorgemeten, zou de emissiereductie bij gebruik van de schijveneg en de schijveneg-mestverwerker (I) waarschijnlijk iets hoger zijn uitgevallen. De totale emissies na 96 uur van de met de schijveneg ondergewerkte mest en de met de schijveneg-mestverwerker (II) toegediende mest waren vrijwel gelijk.



Figuur 2. Stikstofverlies als functie van de tijd na het toedienen van dunne varkensmest gevolgd door een bewerking in dezelfde en een tweede werkgang in vergelijking met bovengronds breedwerpig verspreide mest.

Uit Bijlage III blijkt dat de emissiesnelheid gedurende de eerste nacht afnam en op de tweede dag toenam. Bij het referentieveld was dit verschil tussen dag en nacht klein (minder dan 2 kg/ha/dag).

## 4 Discussie

In Tabel 4 worden de resultaten van de in dit experiment onderzochte schijveneg en schijveneg-mestverwerker vergeleken met resultaten van eerder uitgevoerde experimenten op bouwland.

Tabel 4. Mestgiften, ammoniakemissies en reductiepercentages van onderwerkproeven met de schijveneg in de tweede werkgang.

Bewerking	Stoppel	Mestgift [m <sup>3</sup> /ha]	NH <sub>4</sub> -N-gift [kg/ha]	Emissie [%]	Reductie [%]	Literatuur- referentie
Schijveneg 2 <sup>e</sup> werkgang	tarwestoppel, 13 cm hoog	28,3	108,1	23,7	73	dit verslag
Schijveneg 2 <sup>e</sup> werkgang	maïsstoppel, voorbewerkt	18,6	83,9	2,3	96	Mulder en Hol (1992)
Schijveneg- mestverwerker I	tarwestoppel, 13 cm hoog	29,9	114,5	45,7	54	dit verslag
Schijveneg- mestverwerker II	tarwestoppel, 13 cm hoog	29,2	111,7	28,9	70	dit verslag
Schijveneg- mestverwerker	maïsstoppel, voorbewerkt	31,1	140,1	8,2	91	Mulder en Hol (1992)

De emissiereductie in het voorjaar in een maïsstoppel was hoger dan in het in dit rapport beschreven experiment. Hierbij moet worden aangetekend dat de maïsstoppel voor de proef met een vastetandcultivator was bewerkt, dat de grond bij dat experiment lichter was en de mestgift lager was. Waarschijnlijk ging het onderwerken hierdoor beter.

Het slecht werken van de schijveneg-mestverwerker (I) had duidelijk een effect op de emissie. Op de eerste dag was de emissiesnelheid van de slecht ondergewerkte mest hoger dan van de goed ondergewerkte mest. Ná de eerste dag waren de emissiesnelheden vrijwel gelijk. De emissiereductie in het voorjaar in de maïsstoppel was 91% ten opzichte van de referentie. Evenals bij de schijveneg in de tweede werkgang was het reductiepercentage van de schijveneg-mestverwerker in de maïstoppel door de voorbewerkte stoppel beter dan in de tarwestoppel.

In Figuur 2 is te zien dat na het onderwerken in de tweede werkgang het emissieniveau vrijwel gelijk was aan het niveau na het in dezelfde werkgang toedienen en onderwerken van de mest. Hierbij werd geen rekening gehouden met de emissie gedurende de tijd tussen bovengronds mestverspreiden en onderwerken. Indien die tijd kort is, is er geen reden voor het in dezelfde werkgang toedienen en onderwerken van de mest.

## 5 Conclusies

In het in dit verslag beschreven experiment is de ammoniakemissie na het onderwerken in de tweede werkgang en in dezelfde werkgang als het toedienen van dunne varkensmest vergeleken met de emissie van bovengronds, breedwerpig uitgereden dunne varkensmest. Er werden vier velden aangelegd: twee velden met een Evers-schijveneg-mestverwerker en twee velden met een vacuümtank. Van de twee bovengronds, breedwerpig uitgereden velden (vacuümtank) fungeerde één als referentie en werd de andere in de tweede werkgang direct ondergewerkt met een Evers schijveneg. Het experiment vond plaats op zavelgrond met een tarwestoppel van ca. 13 cm hoogte.

De ammoniakemissie van het referentieveld was 86% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissie na het onderwerken met de schijveneg bedroeg 26% van de opgebrachte hoeveelheid ammoniumstikstof. Ten opzichte van het referentieveld is de emissie met 73% gereduceerd. In vergelijking met de proef in het voorjaar van 1992 in maïsstoppel was de emissiereductie lager. Dit kan zijn veroorzaakt door het feit dat de stoppel hoger was dan het experiment in het voorjaar. Toen was de maïsstoppel namelijk voorbereid met een vastetandcultivaator. Bovendien is een tarwestoppel niet hetzelfde als een maïsstoppel.

Het onderwerken van de mest in dezelfde werkgang als het toedienen met de schijveneg-mestverwerker verliep op het eerste veld slecht, vanwege het niet aanstaan van de rotor die de mestverdeling naar de slangen regelde. Hierdoor kwam de mest alleen uit enkele slangen en werd in het midden teveel mest neergelegd, die niet allemaal kon worden ondergewerkt. Op het tweede veld was de verdeling beter en was de mest goed ondergewerkt. Van het slecht ondergewerkte veld emitterde 40% van de opgebrachte ammoniumstikstof en van het goed ondergewerkte veld kwam 26% van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. De emissiereducties bedroegen resp. 54% en 70%. Ten opzichte het experiment in een maïsstoppel in het voorjaar van 1992 waren de emissiereducties lager.

Na het onderwerken in de tweede werkgang was het emissieniveau vrijwel gelijk was aan het niveau na het onderwerken in dezelfde werkgang als het toedienen. Hierbij werd geen rekening gehouden met de emissie gedurende de tijd tussen bovengronds mestverspreiden en onderwerken. Maar als die tijd kort is, is er geen reden voor het direct onderwerken van de mest in dezelfde werkgang als het toedienen.

## Literatuur

Bode, M.J.C. de, 1990a, Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending; het effect van onderwerken van varkensmengmest op bouwland I, DLO-Meetploegverslag 34506-2500. DLO, Wageningen.

Bode, M.J.C. de, 1990b, Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending; het effect van onderwerken van varkensmengmest op bouwland II, DLO-Meetploegverslag 34506-2500. DLO, Wageningen.

Bode, M.J.C. de, 1990c, Ammoniakemissie-onderzoek bij mengmestaanwending; het effect van een bouwlandinjecteur, DLO-Meetploegverslag 34506-2500. 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.

Bruins, M.A. en J.F.M. Huijsmans, 1989, De reductie van de ammoniakemissie uit varkensmest na toediening op bouwland; In- en onderwerkmethoden en tijdstippen van de bewerking na mesttoediening, IMAG-rapport 225. IMAG, Wageningen.

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.

Mulder, E.M. en J.M.G. Hol, 1992. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening: het effect van onderwerken van dunne varkensmest in een maïsstoppel, DLO-Meetploegverslag 34506-4400a. DLO, Wageningen.

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

## 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 [ $\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ];
$x$	=	aanstromlengte, 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:

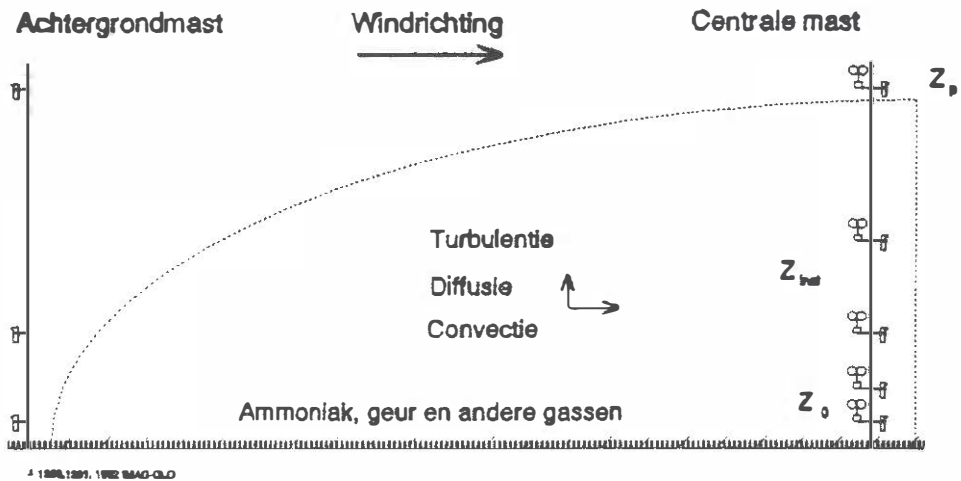
$$F = \frac{1}{x} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}(z) dz \quad (2)$$

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 aanstromlengte:

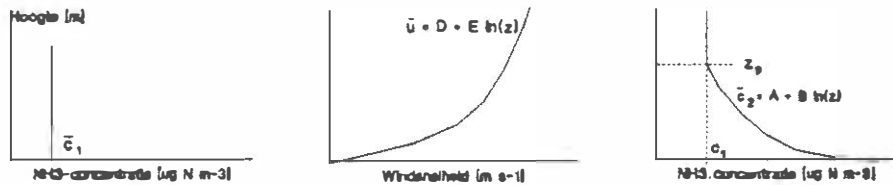
$$F_N = \frac{1}{x} \left( \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_2(z) dz - \int_{z_0}^{z_p} \bar{u}(z) \cdot \bar{c}_1(z) dz \right) \quad (3)$$

waarin:

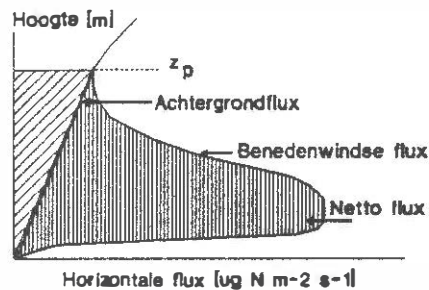
$F_N$	=	nettoflux [ $\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ];
$\bar{c}_1(z)$	=	de gemiddelde bovenwindse ammoniakconcentratie op hoogte $z$ [ $\text{g m}^{-3}$ ];
$\bar{c}_2(z)$	=	de gemiddelde benedenwindse ammoniakconcentratie op hoogte $z$ [ $\text{g m}^{-3}$ ].



(a)



(b)



(c)

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

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

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

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

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

## Uitvoering

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

De ammoniakconcentratie in het midden van het veld is gemeten door zo snel mogelijk na het uitrijden (in ieder geval binnen 15 min) een 3,5 meter hoge mast in het midden van het veld te plaatsen (centrale mast). De centrale mast bevat 7 monsternamepunten, die in hoogte logaritmisch over de mast zijn verdeeld. Een monsternamepunt bestaat uit een wasfles gevuld met met 0,02 M HNO<sub>3</sub> 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<sup>-1</sup>. 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 monsternamepunten voorzien. Bij draaiing van de wind wordt de achtergrondmast zo verplaatst dat deze bovenwinds van het veld blijft staan. Naast het proefveld is een mast opgesteld voorzien van 6 anemometers om het windprofiel te meten. Ook de anemometers zijn in hoogte logaritmisch over de mast verdeeld.

## Literatuur

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

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

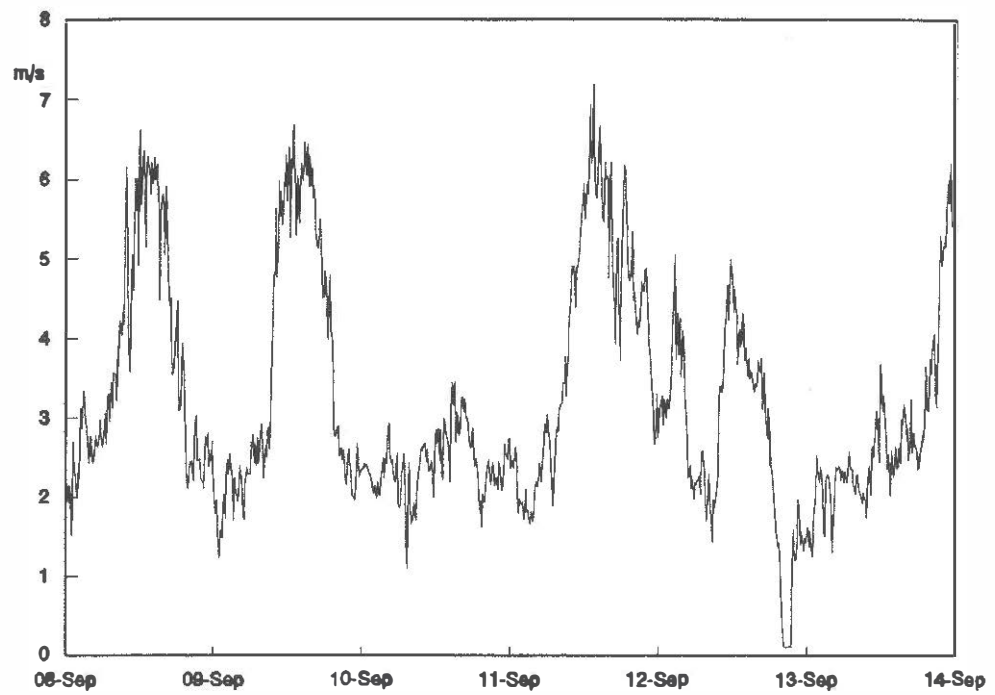
Denmead, O.T., J.R. Simpson en J.R. Freney, 1977, A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia, Soil Sci. Soc. Am. 41, 1001-1004.

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

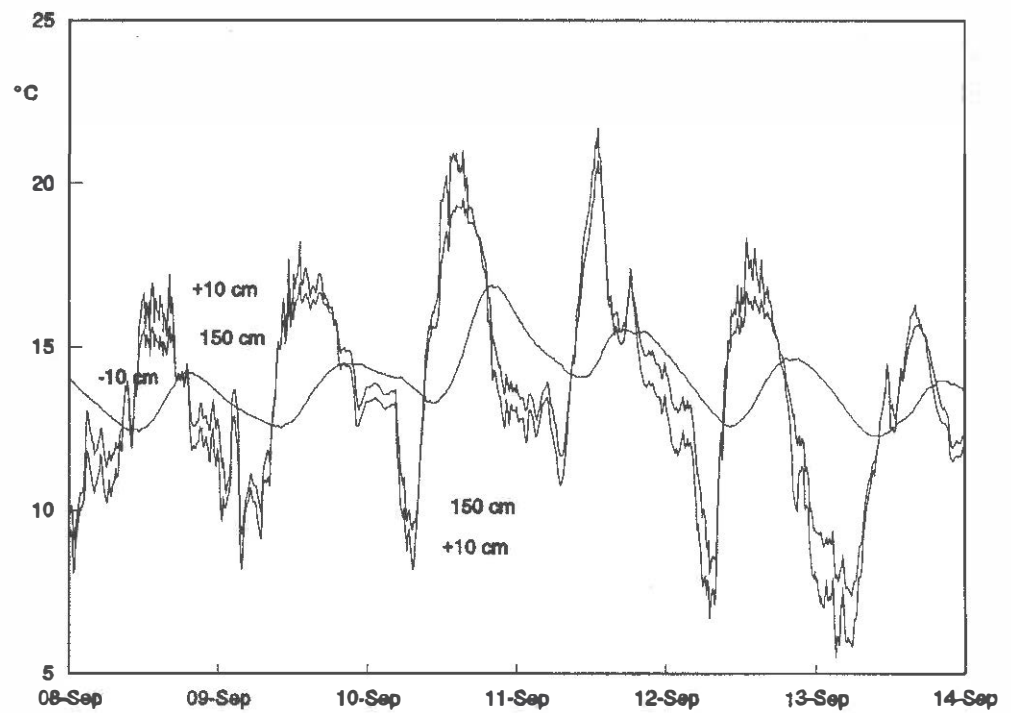
Ryden, J.C. en J.E. McNeill, 1984, Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward, J. Sci. Food Agric. 35, 1297-1310.



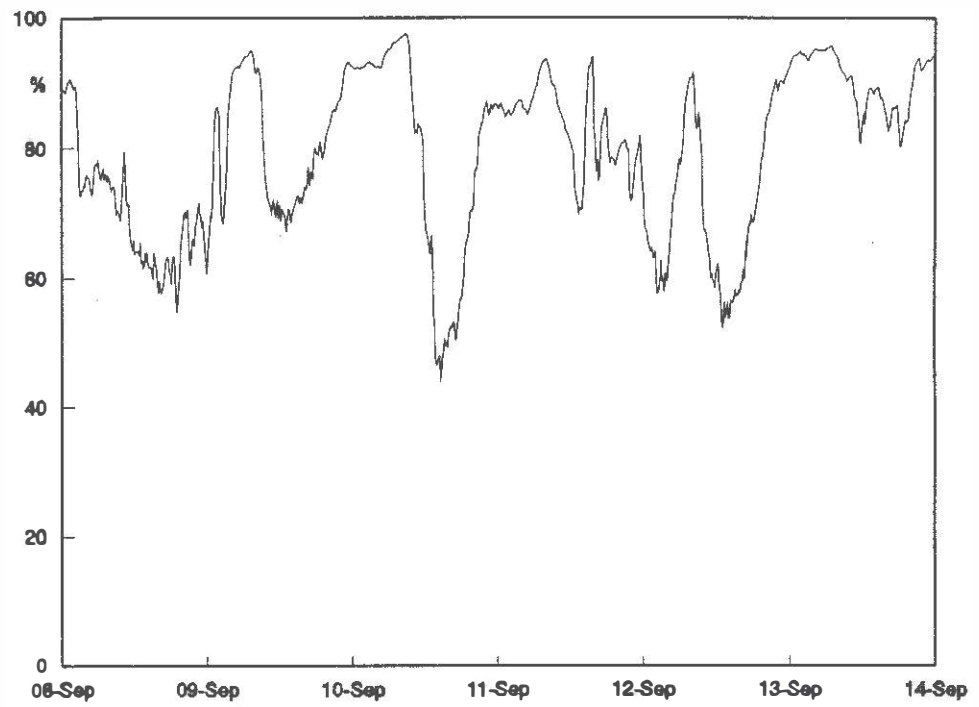
## Bijlage II Weersomstandigheden tijdens het experiment



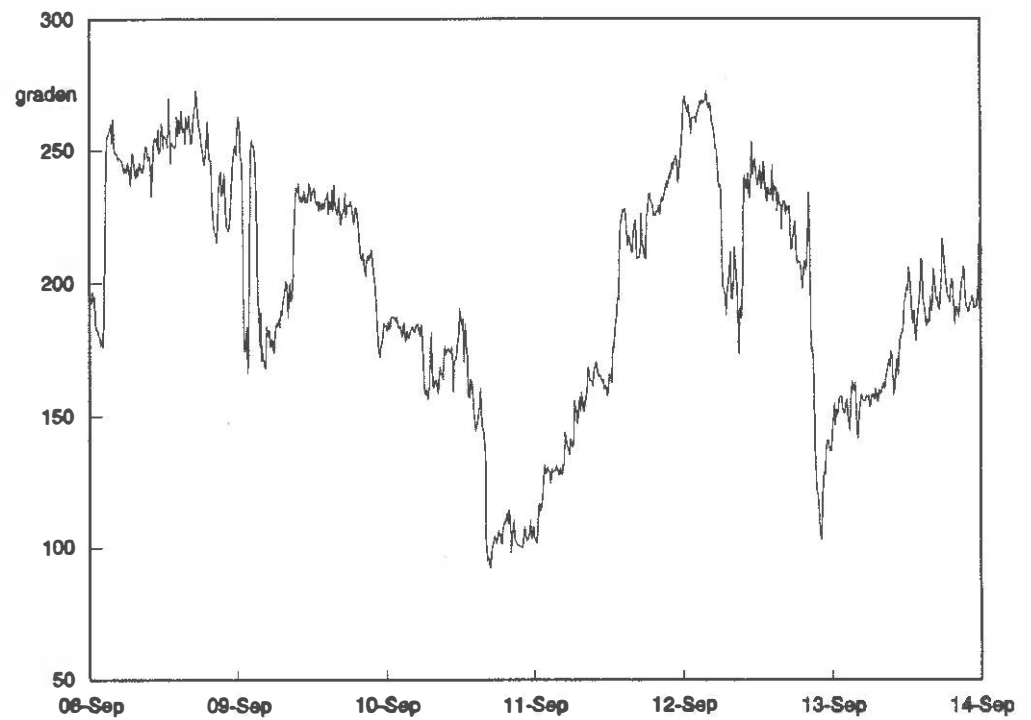
Figuur 4. Windsnelheid op 2 m hoogte.



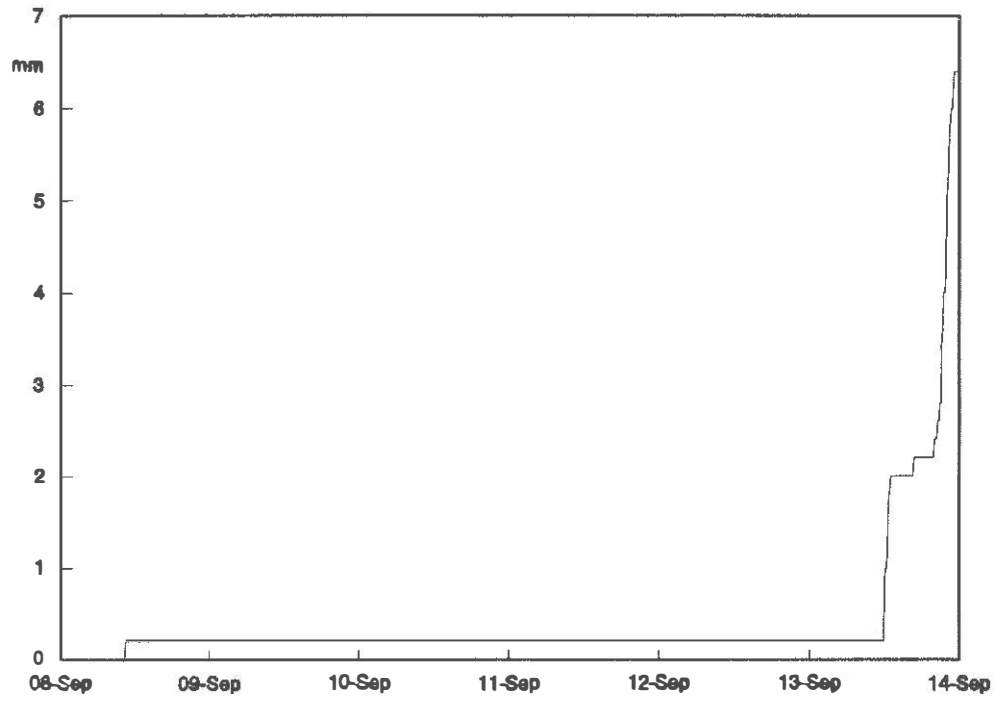
Figuur 5. Luchttemperatuur op 1,5 m en 10 cm hoogte; bodemtemperatuur op 10 cm diepte.



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



Figuur 7. Windrichting.



Figuur 8. Regenhoeveelheid.

## Bijlage III Emissiesnelheid per meetperiode

**Bovengronds breedwerpig dunne varkensmest (referentieveld)**

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH <sub>4</sub> -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	747,89	14,54	13,08	9,16
½ - 1½ uur	500,40	35,74	32,16	22,52
1½ - 3 uur	256,94	52,33	47,09	32,98
3 - 8 uur	78,07	66,86	60,16	42,14
8 - 19 uur	18,82	76,22	68,58	48,03
19 - 31 uur	20,43	86,29	77,64	54,38
31 - 44 uur	3,86	88,34	79,49	55,67
44 - 68 uur	3,73	92,09	82,86	58,03
68 - 93 uur	3,63	95,82	86,21	60,38

**Schijveneg**

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH <sub>4</sub> -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	152,09	3,17	2,93	2,05
½ - 1½ uur	134,26	8,76	8,10	5,68
1½ - 3 uur	53,27	12,24	11,32	7,93
3 - 6 uur	24,71	15,17	14,04	9,83
6 - 9 uur	8,64	16,10	14,90	10,43
9 - 20 uur	2,97	17,52	16,21	11,35
20 - 32 uur	8,02	21,55	19,93	13,96
32 - 45 uur	1,76	22,47	20,78	14,56
45 - 69 uur	1,15	23,62	21,85	15,30
69 - 94 uur	1,93	25,61	23,69	16,59

### Bouwlandinjecteur I

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH <sub>4</sub> -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	220,26	4,44	3,88	2,71
½ - 1 ½ uur	181,78	11,76	10,27	7,19
1 ½ - 3 uur	124,27	19,44	16,98	11,89
3 - 6 uur	64,85	27,50	24,03	16,83
6 - 9 uur	20,21	29,93	26,15	18,31
9 - 20 uur	5,41	32,53	28,42	19,91
20 - 32 uur	11,97	38,45	33,59	23,53
32 - 45 uur	2,98	40,03	34,97	24,50
45 - 69 uur	2,48	42,51	37,14	26,02
69 - 94 uur	3,09	45,71	39,94	27,97

### Bouwlandinjecteur II

periode	emissiesnelheid		cumulatief verlies	
	[kg/ha/dag]	[kg/ha]	[%] t.o.v.	
			NH <sub>4</sub> -N	N-tot
na uitrijden				
0 - ½ uur	143,36	2,99	2,67	1,87
½ - 1 ½ uur	95,12	6,75	6,05	4,24
1 ½ - 3 uur	60,42	10,78	9,65	6,76
3 - 8 uur	19,08	14,41	12,91	9,04
8 - 20 uur	5,95	17,37	15,56	10,90
20 - 32 uur	12,98	23,80	21,31	14,93
32 - 44 uur	2,36	25,05	22,43	15,71
44 - 68 uur	1,94	26,99	24,17	16,93
68 - 93 uur	1,82	28,87	25,86	18,11