

# Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee II

Mestopslag buiten de stal

J. Mosquera  
P. Hofschreuder  
J.M.G. Hol

Rapport 325





# Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee II

Mestopslag buiten de stal

J. Mosquera  
P. Hofschreuder  
J.M.G. Hol

Rapport 325

## Colophon

Title	Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee II; Mestopslag buiten de stal
Author(s)	J. Mosquera, P. Hofschreuder, J.M.G. Hol
A&F number	325
ISBN-number	90-6754-878-2
Date of publication	January 2005
Confidentiality	N/A
Project code.	630.53010.01

Agrotechnology & Food Innovations B.V.  
P.O. Box 17  
NL-6700 AA Wageningen  
Tel: +31 (0)317 475 024  
E-mail: [info.agrotechnologyandfood@wur.nl](mailto:info.agrotechnologyandfood@wur.nl)  
Internet: [www.agrotechnologyandfood.wur.nl](http://www.agrotechnologyandfood.wur.nl)

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

*All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.*

This report is authorised by: N.W.M. Ogink



The quality management system of Agrotechnology & Food Innovations B.V. is certified by SGS International Certification Services EESV according to ISO 9001:2000.

## **Abstract**

Manures and other organic wastes contain natural microorganisms capable of decomposing materials anaerobically or aerobically. As a result, methane, nitrous oxide and ammonia, among others, can be produced. This report is a continuation of a previous report describing the ammonia and greenhouse gases emissions from a deep-litter animal house for dairy cattle. In this report, results of the emissions after storing the litter outside the animal house, in a windrow in the field, are summarized and discussed. Ammonia emissions are high directly after manure storage on the field (before being land applied), and decrease rapidly to values in the same order of magnitude as from the animal house. Methane emissions are low during and one day after placing the litter in the field. Two weeks later, methane emissions are 3-4 times lower than from the animal house. Nitrous oxide emissions were negligible both during, after 1 day and after two weeks of placing the litter in the field.

Keywords: Emissions, Windrow, Ammonia, Greenhouse gases, deep litter



# Inhoud

<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2 Materiaal en methode</b>	<b>9</b>
2.1 Stal en bedrijfssituatie	9
2.1.1 Bedrijfssituatie	9
2.1.2 Pot	9
2.2 Metingen	10
2.2.1 Algemeen	10
2.2.2 Ammoniak	11
2.2.3 Broeikasgassen	13
2.2.4 Meteorologische parameters	14
<b>3 Resultaten</b>	<b>15</b>
3.1 Samenstelling mesthoop	15
3.2 Meteorologische parameters	15
3.3 Ammoniakconcentratie en –emissie	16
3.4 Broeikasgassen emissie	17
<b>4 Discussie</b>	<b>19</b>
<b>5 Conclusies</b>	<b>21</b>
<b>Literatuur</b>	<b>23</b>
<b>Bijlage A</b> <b>Meteorologische parameters</b>	<b>25</b>
<b>Bijlage B</b> <b>Omrekeningstabel NGE</b>	<b>26</b>





# 1 Inleiding

Ammoniakvervluchtiging is een van de belangrijkste oorzaken van de stikstofverliezen in de landbouw, en speelt een grote rol in de verzuring van bodem, oppervlakte- en grondwater, eutrofiëring, en biodiversiteitverlies. In Nederland komt ca. 94% van de ammoniak emissies uit de landbouw (RIVM and CBS, 2001). Stallen en mesttoediening zijn de belangrijkste landbouw bronnen voor ammoniakemissies (tabel 1). De overheid heeft tot doel gesteld de emissie van ammoniak tot 100 kton te reduceren (VROM, 2001). De bijdrage van de landbouw aan de NH<sub>3</sub> emissie moet dan gedaald zijn tot 86 kton (Sliggers, 2001).

Tabel 1 NH<sub>3</sub> emissies uit de veehouderij in Nederland in het jaar 2000 uitgedrukt in % (Sliggers, 2001)

Bron	Emissie
Stallen	46
Mesttoediening	41
Beweiding	9
Mestopslagen buiten de stal	3

Gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen worden veroorzaakt door ammoniakvervluchtiging (NH<sub>3</sub>-vervluchtiging) en door de processen nitrificatie en denitrificatie, waarbij stikstofoxide (NO), lachgas (N<sub>2</sub>O) en stikstofgas (N<sub>2</sub>) kunnen vervluchtigen.

Ammoniakvervluchtiging treedt op als de uitgescheiden urine en mest wordt blootgesteld aan de lucht. De vervluchtiging is groter naar mate er meer stikstof aanwezig is in de urine en faeces, de temperatuur en pH van de mest hoger zijn, en het contactoppervlak tussen enerzijds urine en mest en anderzijds de lucht groter is. Stikstofverliezen door (de)nitrificatie treden op indien zuurstof uit de lucht in de mest en urine kan dringen en de mest en urine daardoor gedeeltelijk aëroob worden. Nitrificerende bacteriën zetten dan ammoniumstikstof om in nitraatstikstof waarna denitrificerende bacteriën nitraatstikstof om kunnen zetten in stikstofgas (N<sub>2</sub>). Daarbij ontwijken NO, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> in hoeveelheden die vooral afhankelijk zijn van de aëratie van de mest.

In potstallen, waar de stalvloer voor het grootste deel bestaat uit strooiselrijke mest, kan de vervluchtiging van NO, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> een belangrijke bron zijn van N-verlies. Hierover zijn echter weinig literatuurgegevens beschikbaar. In Oenema *et al.* (2000) zijn op basis van literatuurgegevens emissiepercentages voor de vervluchtiging van NO, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> opgesteld, afhankelijk van mestsoort en huisvestingssystemen. Gesteld is dat de emissie van NO gelijk is aan die van N<sub>2</sub>O, en dat de emissie van N<sub>2</sub> 1 tot 10 keer groter is dan die van N<sub>2</sub>O, afhankelijk van de aëratie van de mest. Voor de vaste mest uit potstallen zijn de volgende waarden (in procent van de hoeveelheid stikstof in de mest) aangenomen: NO (10%), N<sub>2</sub>O (10%), N<sub>2</sub> (10%). Echter, de onzekerheid in deze getallen is groot.

Het is gebruikelijk dat potstalmest enige tijd buiten de stal wordt opgeslagen om compostering van de mest mogelijk te maken. Met name in de biologische houderij is het gebruikelijk om gecomposteerde dierlijke mest als meststof te gebruiken. De potstal voor melkvee en de buitenopslag van potstalmest zijn beide systemen waarvan de emissies van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  en  $\text{CO}_2$  niet vergelijkbaar zijn met reguliere landbouw. Het doel van dit onderzoek is om antwoord te krijgen op de volgende vragen:

- 1) wat is de emissie van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  en  $\text{CO}_2$  uit de potstal
- 2) wat is de emissie van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  en  $\text{CO}_2$  uit de buiten mestopslag

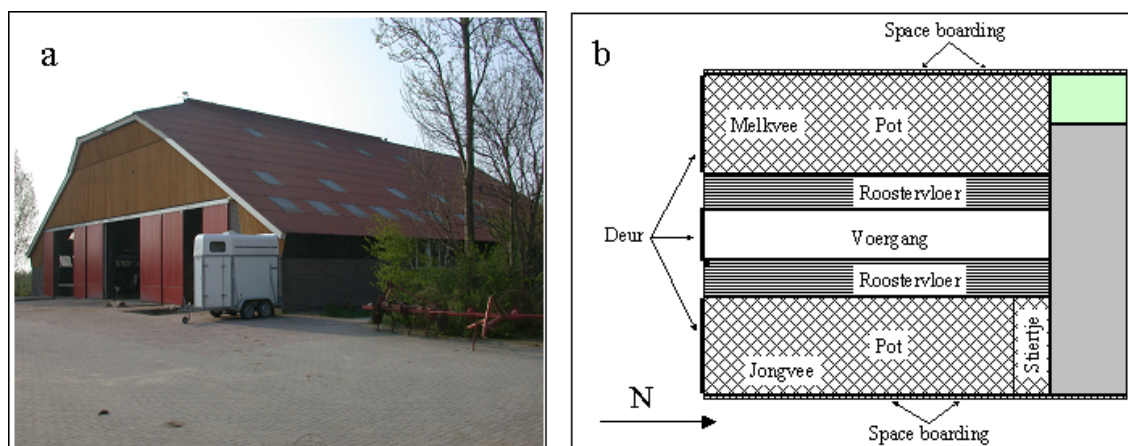
Dit rapport is deel 2 van het project “Praktijkonderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee”, en heeft als doel de emissies van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{CH}_4$  uit de mestopslag te kwantificeren. Het onderzoekstal en de meetopstelling zijn in hoofdstuk 2 beschreven, en de resultaten in hoofdstuk 3 gediscussieerd. Hoofdstuk 4 geeft de conclusies van deze studie.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Stal en bedrijfssituatie

#### 2.1.1 Bedrijfsituatie

De onderzoekstal (V.O.F Warmonderhof Stichting, Dronten) was een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee (figuur 1a). Op het biologisch-dynamisch veehouderijbedrijf werden ca. 45 melkkoeien en bijbehorend jongvee gehuisvest in een potstal. Het bedrijf beschikt over een melkquotum van 241.000 kg melk en circa 30 ha voedergewassen. De melk productie van de koeien was gemiddeld 5.800 kg per koe per jaar. De dieren werden tweemaal per dag gemolken. Het rantsoen bestond uit een gras/klaver-silage, GPS (gehele planten silage), akkerbouw restproducten, wat natuurhooi en in de zomer weidegras. Het jongvee werd geweid in een natuurgebied van Staatsbosbeheer.



Figuur 1 Foto's en plattegrond van de potstal in Dronten

#### 2.1.2 Pot

In figuur 1b is de plattegrond van de stal weergegeven. De stal was 28,5 m breed, 32 m lang en ca. 10 m hoog. Hiervan was 142,5 m<sup>2</sup> in gebruik als melkput en tanklokaal. De stal werd door de voergang (dichte betonvloer, 4,5 m breed) gescheiden in 2 identiek ingerichte leefruimtes. Een leefruimte (324 m<sup>2</sup>) bestond uit een ingestrooide ligruimte, de zogenaamde pot (9 x 27 m) en een aangrenzende roostervloer (3 x 27 m). De pot kon maximaal 1,8 m dik worden. Het melkvee had de westelijke pot ter beschikking, het overige vee de oostelijke kant.

Gedurende het stalseizoen (oktober – april) werd tweemaal per dag stro vanaf de zolder in de pot gebracht zodanig dat de toplaag van de pot geheel bedekt was met een schone laag stro. In het weideseizoen (mei-september) werd eenmaal per dag, onder het avondmelken (ca. 17:00) de pot ingestrooid. Het oostelijk deel van de potstal (jongvee en droge melkkoeien) werd in het stal- en weideseizoen eenmaal per dag (tijdens avondmelken) ingestrooid.

Tweemaal per jaar, in de zomer en in de herfst werd de pot van beide leefruimtes verwijderd en buiten opgeslagen om daar te composteren, hoewel geen extra bewerkingen zijn toegepast om de compostering processen te stimuleren. De opslagplaats van de mest varieerde en was afhankelijk van het perceel dat bemest moest worden. In 2003 werd op 24 juni de inhoud van het westelijk deel van de pot uit de stal verwijderd. Figuur 2 laat het hoogteverschil zien in de stal voor en na het leegmaken van de pot. De mest werd door middel van een shovel uit de stal gereden en in kepers naar de nabij gelegen kopakker getransporteerd. De verplaatsing van de pot uit de potstal naar de kopakker nam ongeveer 5 uren in beslag. De mesthoop die werd gevormd bestond uit 2 delen (veroorzaakt door een dam) en had een oppervlak van ongeveer  $77 \times 5 = 385 \text{ m}^2$  en een totale geschatte hoeveelheid van  $425 \text{ m}^3$  mest. In figuur 4 wordt een schematische weergave van de mestopslag op de kopakker weergegeven. Net na meetperiode 3 werd ook een deel van het oostelijk deel van de pot uit de stal verwijderd en naast de bestaande mesthoop geplaatst. Het totale oppervlak van de mesthoop is vanaf die tijd (dus voor meetperiode 4)  $120 \times 5 = 600 \text{ m}^2$ , met een totale geschatte hoeveelheid van  $640 \text{ m}^3$ .



Figuur 2 De westelijke potruimte voor en na het opslagen van de pot in de wei

## 2.2 Metingen

### 2.2.1 Algemeen

Om te voorkomen dat de metingen werden verstoort door turbulenties, werd de inhoud van de pot in een open veld, 1 kilometer ver van de stal opgeslagen. De metingen aan de mestopslag werden direct na het eerste storting van de potstalmest (24 juni) gestart. Uiteindelijk werden 4 meetperiodes uitgevoerd, te weten:

1. Tijdens de verplaatsing en het opslaan van de pot in het veld (6 uren)
2. Net na de opslag van de pot (3 uren)
3. Één dag na de opslag van de pot (4 uren)
4. Twee weken na de opslag van de pot (4 uren)

Bij veldmetingen houdt verspreiding door een dwarswinds oppervlak in dat de lucht concentratie binnen dat oppervlak niet alleen afhankelijk is van het oppervlak (bronsterkte), maar ook van de meteorologische parameters. Vanwege deze afhankelijkheid worden micro-meteorologische metingen gebruikt die gebaseerd zijn op de massabalans.

### 2.2.2 Ammoniak

Voor de metingen van de ammoniakemissie werd de fluxraam methode toegepast. De fluxraam methode (Mosquera *et al.*, 2002a; Hofschreuder, 2002) is gebaseerd op integratie van het product van concentratie en windsnelheid (horizontale flux) min of meer loodrecht op de heersende windrichting en in de hoogte. Voor de fluxraam dient in elk geval de hele pluim te worden bemeten, met andere woorden de concentratieverhoging tengevolge van oppervlakte emissies dient zowel zijdelings als in de hoogte naar nul te gaan voor de buitenste meetpunten. Door zowel bovenwinds als benedenwinds van een bron deze methode te gebruiken kan de emissieflux van het tussenliggende gebied worden geschat:

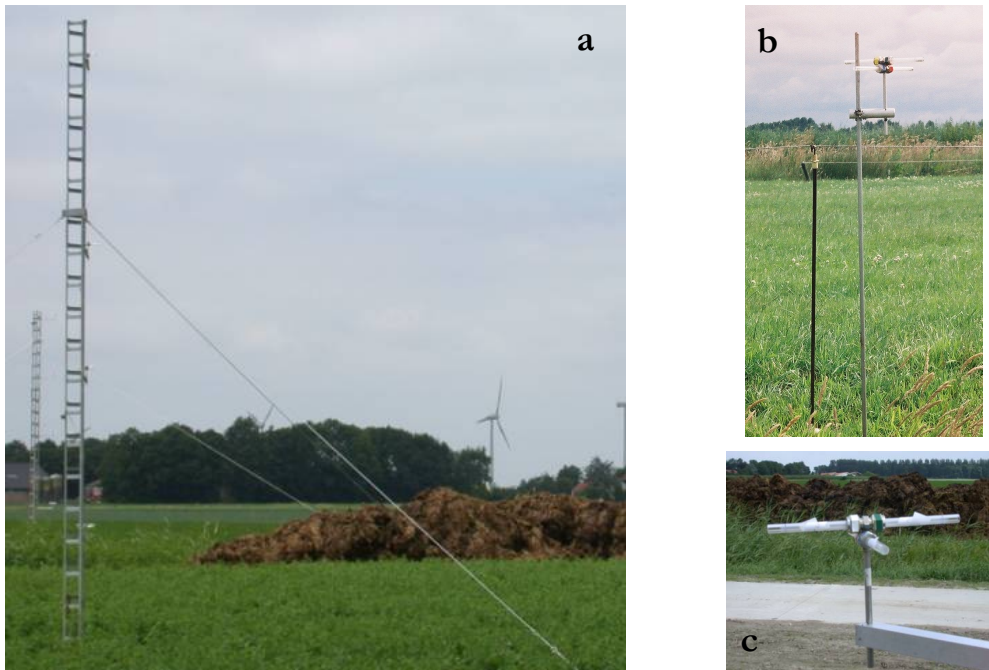
$$E_{NH_3} = \frac{1}{x} \cdot \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{i=n} u_i \cdot (c_i^d - c_i^u) \cdot z_i \cdot A$$

- Met  $E_{NH_3}$  = ammoniakemissie uit de mestopslag [ $\mu\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$ ]  
 $i$  = masthoogte [m] waarin ammoniakconcentratie en windsnelheid werden gemeten  
 $n$  = aantal hoogten in de mast  
 $m$  = aantal masten  
 $u_i$  = windsnelheid [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] op hoogte  $i$   
 $c_i^d$  = ammoniakconcentratie [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ] op hoogte  $i$  benedenwinds van de bron  
 $c_i^u$  = ammoniakconcentratie [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ] op hoogte  $i$  bovenwinds van de bron  
 $z_i$  = verticale afstand [m] waarbij de metingen ( $\text{NH}_3$ -concentratie, windsnelheid) representatief zijn  
 $A$  = oppervlakte van de mestopslag [ $\text{m}^2$ ]  
 $x$  = fetch (aanstrooilengete langs de mestopslag [m])

Het meten van fluxen in twee vlakken vergt een grote meetinspanning. Als het enigszins mogelijk is wordt naar reductie van de meetinspanning gestreefd. Deze reductie kan voor het bovenwindse vlak in het meest gunstige geval leiden tot één meting van een concentratie en de meting van een windsnelheidsprofiel als aan de volgende voorwaarden is voldaan:

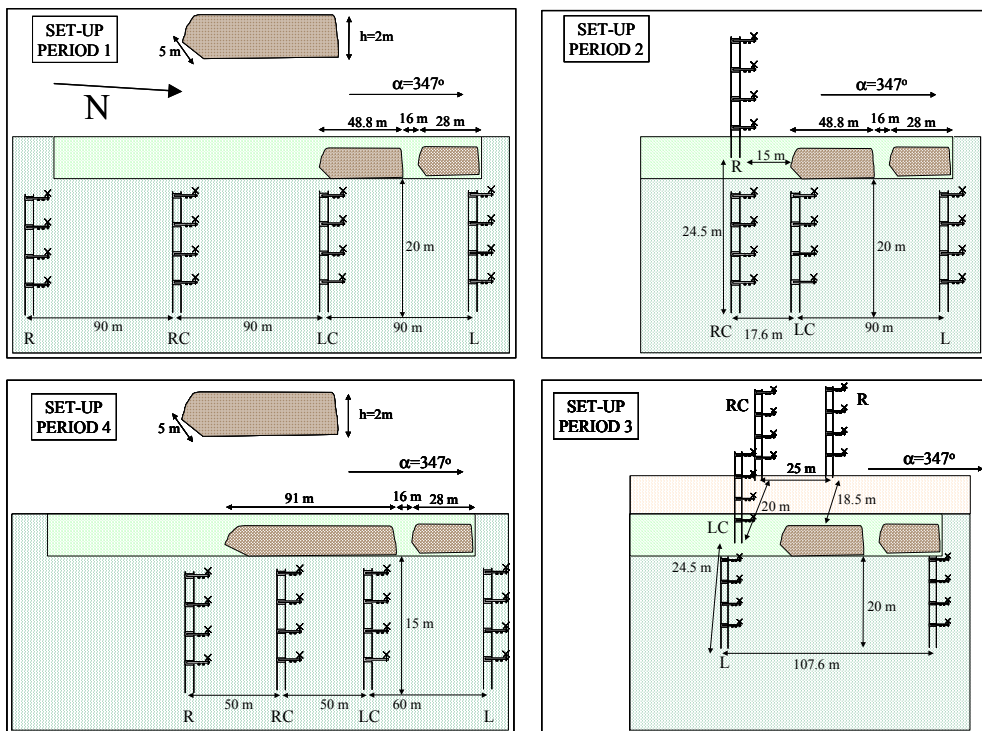
- Homogeen concentratieveld in de hoogte en in de breedte.
- Homogeen windsnelheidsprofiel (geen obstakels in de buurt).

In de huidige opzet is gebruik gemaakt van vier hoge masten (6 m; figuur 3a) op een afstand van 15-20 m benedenwinds van de mestopslag, waarbij de verdeling van de  $\text{NH}_3$ -fluxen in de hoogte op verschillende locaties wordt gemeten. Met 1 lage mast werd de  $\text{NH}_3$ -flux bovenwinds van het bemeste veld bepaald om voor de achtergrond te corrigeren (figuur 3b). De  $\text{NH}_3$ -fluxen werden bepaald met passieve fluxbuisjes (PAF-buisjes; figuur 3c). De passieve fluxbuisjes voor ammoniak hebben het grote voordeel, dat direct een fluxdichtheid wordt gemeten. Meer informatie over het gebruik van passieve fluxbuisjes in de praktijk wordt in Scholtens *et al.* (2003a, 2003b), Mosquera *et al.* (2002a, 2002b) en Hofschreuder (2002) weergegeven.



Figuur 3 Meetopstelling (fluxraam) voor  $\text{NH}_3$  emissiemetingen

Vanwege de wisselvallig windrichting moest de oorspronkelijke meetopstelling van meetperiode 1 worden aangepast waar de masten vóór elke meetperiode verplaatst werden. In figuur 4 wordt de meetopstelling voor alle meetperiodes schematisch weergegeven.



Figuur 4 Schematisch meetopstelling voor alle meetperiodes. R, RC, LC, L: notatie voor verschillende masten

### 2.2.3 Broeikasgassen

Gedurende meetperiode 3 (een dag na het opslaan van de inhoud van de pot in het veld), werden op een afstand van ongeveer 5 cm van de mestopslag momentaan luchtmonsters genomen (spuitjes) die geanalyseerd werden voor CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub>. Deze metingen geven een indicatie of met name de CH<sub>4</sub>-emissie al op gang is gekomen.

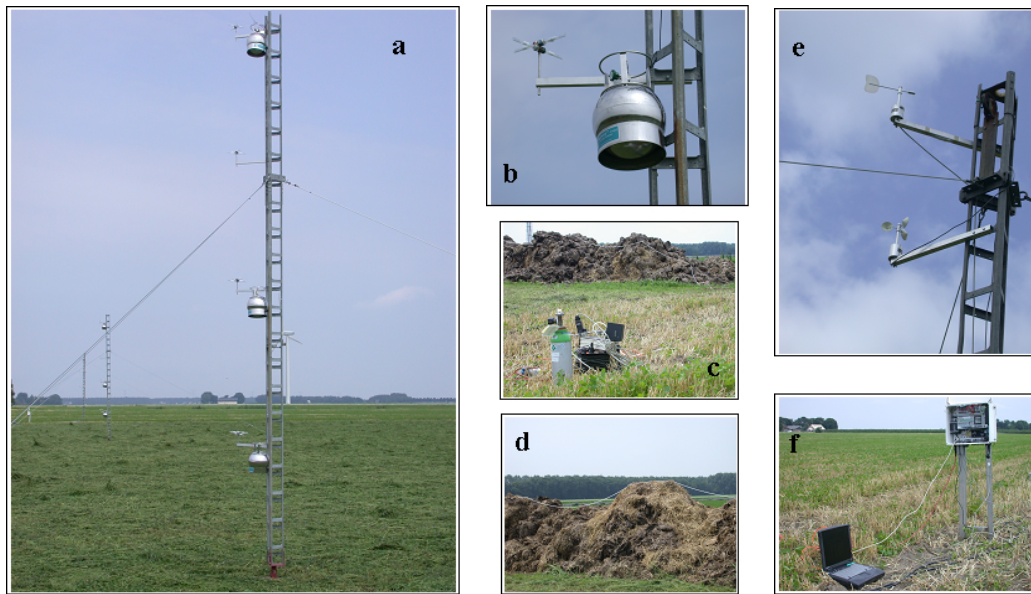
Om de emissies van de broeikasgassen (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) uit de mestopslag te meten werd de bronsterkte tracergasratio methode gebruikt. Bij deze methode wordt uitgegaan van de aanname dat het tracergas (als tracergas werd zwavel hexafluoride (SF<sub>6</sub>) gebruikt) en het gas waarvan de bronsterkte bepaald moet worden, zich op dezelfde wijze vanaf het bronniveau verdelen (Scholtens en Huis in 't Veld, 1997; Mosquera *et al.*, 2002a). In dit geval is de verhouding van de bronsterktes van beide gassen af te leiden uit de verhouding van de gemeten gasconcentraties:

$$Q_{gas} = \frac{Q_{tracergas}}{C_{tracergas}} \cdot C_{gas}$$

met:  $Q_{gas}$  = bronsterkte van het gemeten gas [ml.min<sup>-1</sup>]  
 $Q_{tracergas}$  = uurgemiddeld tracergas injectieniveau [ml.min<sup>-1</sup>]  
 $C_{gas}$  = uurgemiddelde concentratie van het gemeten gas [ml.m<sup>-3</sup>]  
 $C_{tracergas}$  = uurgemiddelde tracergas concentratie [ml.m<sup>-3</sup>]

De tracergas SF<sub>6</sub> werd geïnjecteerd via een permeabele silicon rubber slang die boven de mestopslag (lijnbron; figuur 5c, 5d) werd geplaatst. Om de concentraties van zowel de broeikasgassen (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>) als de tracergas (SF<sub>6</sub>) te meten werd gedurende een periode (meetperiode 4 voor de ammoniakemissiemetingen) gedurende 4 uren de lucht bemonsterd met behulp van een geëvacueerde canister (figuur 5b). De concentraties werden in het chemisch laboratoria van het Agrotechnology and Food Innovations (Wageningen UR) groep met en gaschromatograaf bepaald. De canisters hingen op twee van de masten op drie verschillende hoogten (figuur 5a).





Figuur 5 Meetapparatuur voor metingen van emissies uit de mestopslag

#### 2.2.4 Meteorologische parameters

Gedurende alle meetperioden werden de windrichting (windvaan type W200P) op een hoogte van 6 m en de windsnelheidsprofiel (anemometer type A100R) op vier hoogten 1,6; 3,4; 4,9; en 6,3 m continu gemeten (figuur 5e en bijlage A). Alle (10 minuten gemiddeld) meteorologische parameters werden in een datalogger (figuur 5f) opgeslagen.



### 3 Resultaten

#### 3.1 Samenstelling mesthoop

In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven van de mestsamenstelling van de pot die op 24 juni uit de potstal werd weggehaald. De analyses zijn gebaseerd op één monster van de bovenlaag (bovenste 10 cm) van de pot, één monster van de onderlaag (vanaf 10 cm tot de bodem) van de pot, en één mengmonster van het gehele pot, die op het moment van ontmesten werden genomen. Uit eerder onderzoek (Mulder, 1992) blijkt dat de heterogeniteit van de mest erg groot is (spreiding tussen 1,1-2,6 g/kg voor  $\text{NH}_4^+$ -N en tussen 5,4-6,8 voor totaal-N), waarbij de resultaten uit tabel 2 alleen een indicatie zijn van de echte mestsamenstelling.

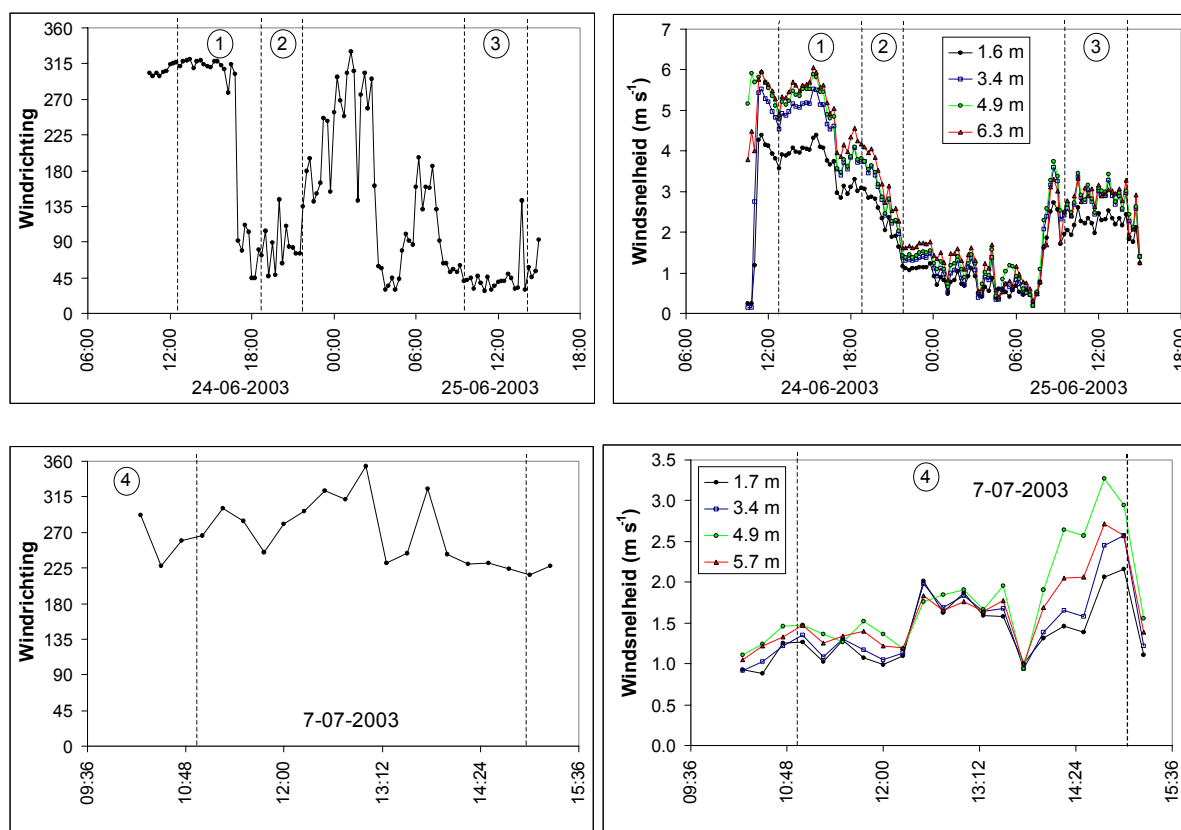
Tabel 2 Indicatie van de samenstelling van de pot op het moment van ontmesten (24 juni).

	Totaal-N (g/kg)	$\text{NH}_4^+$ -N (g/kg)	Drogestof (g/kg)	pH (-)
Bovenlaag pot (ca. bovenste 10 cm)	6,1	0,1	291	8,6
Onderlaag pot (vanaf 10 cm tot de bodem)	4,9	1,2	172	8,4
Mengmonster totale pot	6,2	1,3	224	8,4

Het schatte  $\text{NH}_4^+$ -N van de mest is direct beschikbaar voor vervluchiging. Uit tabel 1 blijkt dat de ammoniumstikstof ( $\text{NH}_4$ -N) in de bovenste laag van de pot al vervluchtigd is, terwijl in de onderlaag nog  $\text{NH}_4^+$ -N beschikbaar is. Op basis van een gemiddeld  $\text{NH}_4^+$ -N-gehalte van 1,3 g/kg en hoeveelheid potstalmest van 425 m<sup>3</sup> mest (westelijk deel van de pot), was maximaal 553 kg  $\text{NH}_4^+$ -N direct beschikbaar voor emissie. Een deel hiervan vervluchtigd tijdens het proces van uithalen van de mest uit de stal en het transport naar de kopakker. Deze emissie werd niet bepaald.

#### 3.2 Meteorologische parameters

In figuur 6 (zie ook bijlage A) worden de windrichting en de windsnelheid ( $\text{m.s}^{-1}$ ) op vier hoogten (tussen 1,5-6,5 m) weergegeven. De windsnelheid was hoog ( $5 \text{ m.s}^{-1}$  op 6 m hoogte) in periode 1, wat lager (ongeveer  $3 \text{ m.s}^{-1}$  op 6 m hoogte) in periodes 2 en 3, en laag ( $<2 \text{ m.s}^{-1}$  op 6 m hoogte) in periode 4. Alleen in meetperiode 3 was de windrichting (vrij) stabiel.



Figuur 6 Meteorologische parameters voor de vier verschillende meetperioden

### 3.3 Ammoniakconcentratie en –emissie

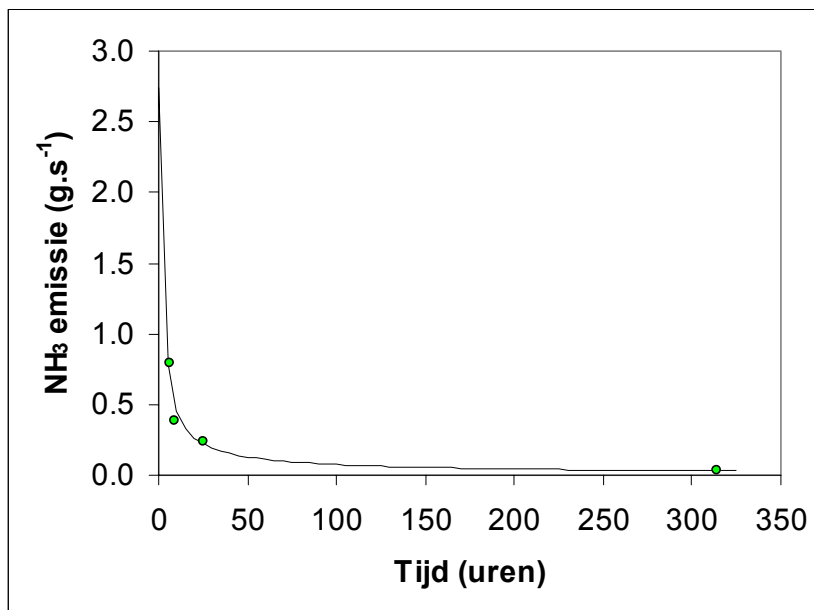
In tabel 3 en figuur 7 worden de resultaten samengevat van de ammoniakemissies die voor alle 4 meetperioden met de fluxraammethode werden gemeten. Om de emissie uit de mestopslag te vergelijken met de stalemissie, werd de emissie per dier berekend. Hiervoor is uitgegaan van 55,5 diereenheden. In Bijlage B staat de omrekening van dieren naar diereenheden volgens Tamminga *et al.* (2000) weergegeven.

Tabel 3 Ammoniakemissies uit de mestopslag (westelijk deel van de pot uit de potstal) tijdens de vier gemeten perioden (zomer 2003)

Periode	Tijd na storten mest (uren)	Tijdsduur van de meetperiode (uren)	Emissie ( $\mu\text{g NH}_3 \cdot \text{s}^{-1}$ per $\text{m}^3$ mest)	Emissie ( $\text{g NH}_3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	Emissie ( $\text{kg NH}_3 \cdot \text{dag}^{-1}$ per dier)
1	6	6	1864	0,79	1,23
2	9	3	907	0,39	0,60
3	25	4	561	0,24	0,37
4	314	4	47	0,03	0,05

Deze resultaten laten zien dat de emissie uit de mestopslag niet constant was. Op basis van de gemeten emissies werd de emissiecurve in relatie tot de tijd bepaald. Met behulp van deze curve werd de totale  $\text{NH}_3$ -emissie berekend; deze was  $110 \text{ kg NH}_4^+ \cdot \text{N}$ . De emissie naderde volgens de

berekende curve na 325 uur het nulpunt. In totaal was ongeveer 20% van de totale hoeveelheid  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  in de mest vervluchtigd.



Figuur 7 Verloop van de ammoniakemissie met de tijd

Om de emissies uit de mestopslag op jaarbasis te berekenen zijn de volgende punten van belang:

- De metingen van de mestopslag werden voor meetperiode 1, 2 en 3 uitgevoerd aan de helft van de totaal aanwezige potstalmest (alleen de pot van de melkkoeien). De totale emissie zou daarom tweemaal zo hoog moeten zijn.
- De potstalmest wordt tweemaal per jaar uit de stal verwijderd. In de zomer en de herfst (voor het stalseizoen). De emissie op jaarbasis zou daarom moeten worden verdubbeld.

Met de aanname dat de emissies uit de mestopslag afkomstig zijn uit de 55,5 diereenheden (Mosquera *et al.*, 2005; Bijlage B) die in de stal aanwezig waren, is de  $\text{NH}_3$ -emissie uit de mestopslag op jaarbasis 7,9 kg.koe<sup>-1</sup>.

### 3.4 Broeikasgassen emissie

De resultaten van de indicatieve metingen in meetperiode 3 staan weergegeven in tabel 4. Aangezien hier geen uitwisselingscoëfficiënt werd gemeten kon uit deze resultaten niet geconcludeerd worden dat de emissies van  $\text{CH}_4$  en  $\text{CO}_2$  verwaarloosbaar waren (voor  $\text{N}_2\text{O}$  zijn concentraties gemeten die rond achtergrondconcentraties lagen). Echter, op basis van de lage concentraties dicht bij de bron (10 cm afstand), is het te verwachten dat de emissies op die meetperiode, een dag na het opslaan van de pot in het veld, klein waren.

Tabel 4 Broeikasgasconcentraties op een afstand kleiner dan 10 cm van de mestopslag, een dag na het opslaan van de pot in het veld

Nummer	CH <sub>4</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	N <sub>2</sub> O (ppm)
1	5,1	518	0,32
2	4,8	438	0,28
3	2,1	395	0,27

Tijdens meetperiode 4 (twee weken na de opslag van de mest in het veld) zijn de concentraties van broeikasgassen (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) en de tracergas (SF<sub>6</sub>) met behulp van canisters in twee masten op drie hoogten gemeten. De metingen werden gedurende 4 uur uitgevoerd. Door technische problemen zijn de resultaten van een van de hoogten uitgevallen. De overige resultaten worden in tabel 5 weergegeven. De gemeten N<sub>2</sub>O- en CO<sub>2</sub>-concentraties waren voor beide masten op alle hoogten ongeveer gelijk aan de achtergrondconcentraties. Met deze lage gemeten concentraties is het niet mogelijk om een (nauwkeurig) schatting van de N<sub>2</sub>O- en CO<sub>2</sub>-emissies te maken. Het kan wel worden geconcludeerd dat deze emissies laag zouden moeten zijn.

Tabel 5 Broeikasgassenconcentraties gedurende meetperiode 4 (twee weken na het opslaan van de pot in het veld) op een afstand van 15 m van de mestopslag

Mast	Hoogte (m)	SF <sub>6</sub> (ppb)	CH <sub>4</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	N <sub>2</sub> O (ppm)
Achtergrond	2,1	0,00	2,08	342	0,28
1	3,0	0,95	2,15	343	0,25
1	1,6	1,40	2,31	346	0,25
2	3,3	0,62	2,52	343	0,26
2	1,6	0,98	2,70	354	0,27

Met behulp van de bronsterkte tracergas ratiomethode werd voor CH<sub>4</sub> gedurende meetperiode 4 (2 weken na het opslag van de mest in het veld) een emissie van 0,20 g.s<sup>-1</sup> (30,8 g CH<sub>4</sub>-C.dag<sup>-1</sup>.m<sup>-3</sup> mest) gemeten. Het is niet mogelijk de emissie op jaarbasis te bepalen omdat het verloop van de emissie in de tijd niet is vastgesteld.

## 4 Discussie

De NH<sub>3</sub>-emissie van een melkveehouderijbedrijf met een potstal bestaat uit 3 bronnen, te weten:

1. uit de stal
2. uit de mestopslag buiten de stal
3. uit mest na toediening op het land.

In dit onderzoek werden de gasvormige emissies uit de stal en de mestopslag op jaarbasis bepaald. Met name voor de mestopslag is voor de berekening op jaarbasis gebruik gemaakt van enkele veronderstellingen, aangezien de metingen slechts eenmaal werden uitgevoerd. De emissies van de mestopslag buiten de stal, die gezien kunnen worden als veldemissies, worden bepaald door de mestsamenstelling maar ook voor een groot deel door de weersomstandigheden gedurende de mestopslag (Huijsmans, 2003). De niet gemeten emissie (helft van de pot in de zomerperiode en de hele pot in de herfstperiode) wordt gelijk gesteld aan de gemeten emissie, zonder dat correctiefactoren worden toegepast. Om een nauwkeurige getal te krijgen zijn meerdere metingen nodig uit de verschillende onderdelen. Voor de mestopslag buiten de stal was de berekende emissie 7,9 kg per diereenheid per jaar. Uit de stal was de emissie 13,9 kg per diereenheid per jaar. Deze resultaten geven aan dat de bijdrage van de mestopslag buiten de stal op de ammoniakemissies van het gehele stalsysteem aanzienlijk is. Wanneer de mest uiteindelijk wordt toegediend op het land, kan nog eens 40% van de nog aanwezige NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N worden geëmitteerd wanneer de mest direct wordt ondergewerkt (Mulder, 1992).

Ten opzichte van de emissie uit de potstal (38 g.dag<sup>-1</sup> per dier; Mosquera *et al.*, 2005) was de emissie uit de mestopslag alleen gedurende de eerste uren na het storten van de mest aanzienlijk hoger. Emissiereductie voor de mestopslag kan dus het beste worden bereikt door de mest direct vanuit de stal op het land toe te dienen. Daarbij is zeer belangrijk dat de emissie bij mesttoediening ook wordt geminimaliseerd door de mest direct na toediening goed onder te werken (Huijsmans, 2003). Wanneer toch een mestopslag buiten de stal noodzakelijk is, kan het afdekken van de mesthoop de emissie verminderen. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat het afdekken van mest met een schone strolaag de emissie omlaag kan brengen (Groenestein en Reitsma, 1993, Hol en Groot Koerkamp, 1999, De Bode, 1989a). Ook het afdekken met luchtdicht materiaal, dat toegepast wordt bij mestsilo's, kan de emissie uit de mestopslag verminderen (De Bode, 1989b).

Methaanemissies waren direct na het opslaan van de pot zeer laag. Twee weken na het storten van de mest was de methaanemissie 0,20 g.s<sup>-1</sup> (26,5 g CH<sub>4</sub>-C.dag<sup>-1</sup>.m<sup>-3</sup> mest). De gemiddelde methaanemissie uit de potstal (Mosquera *et al.*, 2005) was 0,83 g.s<sup>-1</sup> en dus 4 keer hoger dan de emissie van de mestopslag. Aangezien de methaanemissie metingen uit de mestopslag alleen gedurende een meetperiode (4 uur) werden uitgevoerd, is een vertaling naar emissies op jaarbasis niet mogelijk. Het niveau van de methaanemissie uit de mestopslag lag wel in dezelfde orde van grote als die uit de literatuur (Sommer *et al.*, 1998; Husted, 1994). Bij het experiment van Sommer

*et al.* (1998) werd tot 80 dagen na start van de mestopslag de methaanemissie gemeten. Tussen dag 30 en 40 werd een maximale emissie van  $40 \text{ g CH}_4\text{-C}\cdot\text{dag}^{-1}\cdot\text{ton}^{-1}$  gemeten, tussen dag 40 en 50 was de emissie nagenoeg 0 (van de voorgaande dagen waren geen meetresultaten beschikbaar). De methaanemissie lijkt zich zeer grillig te gedragen. Op basis van deze gegevens is een vertaling van het de gemeten emissies uit het onderhavige onderzoek naar een emissie op jaarbasis niet mogelijk. Lachgasemissies uit de mestopslag waren verwaarloosbaar.

## 5 Conclusies

In deze studie werden de gasvormige emissies uit de mestopslag (buiten de stal) van een potstal voor melkvee eenmaal bepaald, dit betekent dat bij andere meetomstandigheden (zoals het weer of mestsamenstelling) de resultaten kunnen afwijken. De gemiddelde ammoniakemissie was 7,9 kg per dier per jaar, 55% van de emissie uit de stal (13,9 kg per dier per jaar). Twee weken na het opslaan van de mest in de mestopslag werd een methaanemissie gemeten van 26,5 g CH<sub>4</sub>-C dag<sup>-1</sup> m<sup>-3</sup> mest, 3-4 keer lager dan de emissie uit de stal (84,9 g CH<sub>4</sub>-C dag<sup>-1</sup> m<sup>-3</sup> mest). Lachgasemissies waren verwaarloosbaar.





## Literatuur

- De Bode, M.J.C. (1989a). Vermindering van ammoniakemissie door korstvorming op rundveemengmest. *IMAG Nota 462*.
- De Bode, M.J.C. (1989b). Emissie van ammoniak en geur uit mestsilos en de vermindering van emissie door afdekking. *IMAG Nota 465*.
- Groenestein, C.M. en Reitsma, B. [1993]. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen X: potstal voor melkvee. *DLO-Rapport 93-1005*.
- Hofschreuder, P. (2002). Development of a measuring method to measure gaseous emissions from agricultural surface sources. Part 1: overview of measurement and calculation methods (in Dutch). *IMAG Report 2002-13*.
- Hol, J.M.G. en Groot Koerkamp, P.W.G. (1999). Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIV. Rondloopstal voor dragende zeugen met voerstation en strobed. *IMAG Rapport 99-08*.
- Huijsmans, J.F.M. (2003). Manure application and ammonia volatilization. *PhD thesis*, Wageningen University.
- Husted, S. (1994). Seasonal variation in methane emission from stored slurry and solid manures. *J. Environ. Qual.* **23**, 585-592.
- Mosquera, J., Hofschreuder, P., Erisman, J.W., Mulder, E., van 't Klooster, C.E., Ogink, N., Swierstra, D. en Verdoes, N. (2002a). Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. *IMAG rapport 2002-12*.
- Mosquera, J., Hofschreuder, P. en Hensen, A. (2002b). Application of new measurement techniques and strategies to measure ammonia emissions from agricultural activities. *IMAG Rapport 2002-11*.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G. en J.W.H. Huis in 't Veld (2005). Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee. I. Stal. *A&F Rapport 324*.
- Mulder, E.M. (1992). Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening. Ammoniakemissie na toediening van potstalmest en gecomposteerde mest op bouwland. *Meetploegverslag 34506-4100b*.
- Oenema, O. Velthof, G.L., Verdoes, N., Groot Koerkamp, P.W.G., Monteny, G.J., Bannink, A., Van der Meer, H.G. en Van der Hoek, K.W. (2000). Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. *Alterra Rapport 107*.
- RIVM en CBS (2001). Milieucompendium 2001: het milieu in cijfers. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Voorburg/Heerlen en Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven.

- Scholtens, R. en Huis in 't Veld, J.W.H. (1997). Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee. *DLO-Rapport 97-1006*.
- Scholtens, R, Hol, J.M.G, en Phillips, V.R. (2003a). Improved passive flux samplers for measuring ammonia emissions from animal houses. Part 1 Basic principles. *Biosystems Engineering* **85(1)**, 95-100.
- Scholtens, R, Wagemans, M.J.M. en Phillips, V.R. (2003b). Improved passive flux samplers for measuring ammonia emissions from animal houses. Part 2 Performance of different types of samplers as a function of angle of incidence of air flow. *Biosystems Engineering* **85(2)**, 227-237.
- Sliggers, J. (ed.) (2001). Op weg naar duurzame niveaus voor gezondheid en natuur. Overzichtspublicatie thema verzuring en grootschalige luchtverontreiniging. Rapport VROM 010344/h/10-01 17529/187, Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, oktober 2001, 229 pp.
- Sommer, S.G., Dahl, P., Rom, H.B. en Møller, H.B. (1998). Emission of ammonia, nitrous oxide, methane and carbon dioxide during composting of deep litter. In "*8<sup>th</sup> International Conference on Management Strategies for Organic Waste Use in Agriculture*". France, 26-29 May 1998.
- Tamminga, S., Jongbloed, A.W., van Eerdt, M.M., Aarts, H.F.M., Mandersloot, F., Hoogervorst, N.J.P. en Westbroek, H. [2000]. De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. *Rapport ID Lelystad 00-2040R*.
- VROM (2001). National Environmental Policy Plan-4. VROM, The Hague, the Netherlands.

## Bijlage A Meteorologische parameters

Tabel A1 Statistische analyse voor enkele meteorologische parameters voor de vier verschillende meetperioden

				Windrichting 6.3 m			
Periode	Begin	Eind	Periode	Gemiddelde	Minimum	Maximum	
1	24-06-2003 12:30	24-06-2003 18:30	1	244	45	320	
2	24-06-2003 18:45	24-06-2003 21:30	2	83	47	144	
3	25-06-2003 09:45	25-06-2003 13:30	3	39	28	50	
4	07-07-2003 11:00	07-07-2003 15:00	4	271	217	354	
Wind snelheid 1.6 m							
Periode	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Periode	Gemiddelde	Minimum	Maximum
1	3.71	2.86	4.40	1	4.63	3.40	5.53
2	2.46	1.65	3.09	2	2.96	1.96	3.74
3	2.26	1.93	2.61	3	2.84	2.40	3.35
4	1.46	0.99	2.16	4	1.56	0.94	2.57
Wind snelheid 4.9 m							
Periode	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Periode	Gemiddelde	Minimum	Maximum
1	4.86	3.47	5.89	1	5.09	3.86	6.06
2	3.01	2.03	3.81	2	3.34	2.28	4.18
3	2.92	2.48	3.46	3	2.93	2.41	3.33
4	1.86	0.94	3.27	4	1.68	1.01	2.72
Wind snelheid 6.3 m							
Periode	Gemiddelde	Minimum	Maximum	Periode	Gemiddelde	Minimum	Maximum
1	4.86	3.47	5.89	1	5.09	3.86	6.06
2	3.01	2.03	3.81	2	3.34	2.28	4.18
3	2.92	2.48	3.46	3	2.93	2.41	3.33
4	1.86	0.94	3.27	4	1.68	1.01	2.72

## Bijlage B Omrekeningstabel NGE

Omrekeningsfactoren volgens Tamminga *et al.* (2000) voor de verschillende diergroepen en de hieruit berekende totale aantal diereenheden per meetperiode.

	Omrekenings Factor NGE	Juni 2003
Melkkoeien	1	52
Pinken >1 <2 jaar	0,644	0
Kalveren <1 jaar	0,320	2,9
Stieren >1 <2 jaar	0,644	0,6
Totaal NGE	-	55,5