

---

## Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen L

Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met een geprofileerde vloer voor melkvee; winterperiode

*Cubicle housing system with a profiled floor for dairy cattle; winter period*

Ing. J.W.H. Huis in 't Veld  
Dr. Ir. P.W.G. Groot Koerkamp

---

## Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen L

Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met een geprofileerde vloer voor melkvee; winterperiode

*Cubicle housing system with a profiled floor for dairy cattle; winter period*

Ing. J.W.H. Huis in 't Veld  
Dr. Ir. P.W.G. Groot Koerkamp

IMAG Rapport 2001-08  
april 2001

## **CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG**

J.W.H. Huis in 't Veld, P.W.G. Groot Koerkamp

Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen L – Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met een geprofileerde vloer voor melkvee; winterperiode = Cubicle housing system with a profiled floor for dairy cattle; winter period J.W.H. Huis in 't Veld, P.W.G. Groot Koerkamp. – Wageningen: IMAG. – (Rapport / Stichting Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek; 2001-08).

Met lit.opg. – Met samenvatting in het Engels.

ISBN 90-5406-195-2

NUGI 849

Trefwoorden: ammoniakemissie, melkvee, stallen

C 2001-08 IMAG

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 0317-476300

Telefax 0317-425670

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het instituut.

All rights 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 institute.

## Abstract

J.W.H. Huis in 't Veld en P.W.G. Groot Koerkamp. Research into the ammonia emission from livestock production systems L: Cubicle housing system with a profiled floor for dairy cows; winter period. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 2001-08, in Dutch, with summary in English, 16 pp.

Ammonia emission from animal husbandry has to be reduced in the Netherlands by 70% in the year 2005, as compared with the emission level in 1980. Research was carried out into the emission of ammonia from a cubicle house for dairy cows during approximately two months in a winterperiod. The walking alleys in this housing system were equipped with an profiled floor which consisted of solid prefabricated concrete elements. The floor elements had a span length of 3 m, a width of 1 m, and a slope of 1 cm towards the middle of the alley. The surface of the elements had small grooves of 4 mm deep and 7 mm wide. The grooves had an in-between distance of 6 and 9 cm respectively. Between every fifth and sixth element, a small grid of 18 cm width was present for scraper transport of urine and faeces to the slurry pit underneath.

During the measuring period the dairy house was occupied by 47 cows and 12 yearlings. The animals stayed permanently inside the house. The ammonia emission was 10,7 kg NH<sub>3</sub> per cow per 190 days (winterperiod). This emission was 22% higher than the emission factor of 8,8 kg NH<sub>3</sub> per cow per 190 days for a traditional, cubicle housing system with a slatted floor.

*Keywords: ammonia emission, profiled floor, dairy cattle, cubicle house*

## Voorwoord

Onderzoek naar de ammoniakemissie uit traditionele en emissiearme stallen onder bedrijfsomstandigheden levert een waardevolle bijdrage aan de kennis van de milieubelasting uit de veehouderij en van de mogelijkheden om deze belasting te verminderen. In dit kader is onderzoek verricht naar de omvang van de ammoniakemissie van een ligboxenstal met een geprofileerde vloer voor melkvee tijdens de stalperiode. Het onderzoek is uitgevoerd door de IMAG-meetploeg op het bedrijf van de familie Hartemink in Vierakker. Wij zijn hen erkentelijk voor de goede en prettige samenwerking.

Ir. A.A. Jongebreur

directeur

# Inhoud

Abstract	1
Voorwoord	2
1 Inleiding	4
2 Materiaal en methode	5
2.1 Stal- en bedrijfssituatie	5
2.1.1 Bedrijfssituatie	5
2.1.2 Huisvesting	5
2.1.3 Ventilatie	5
2.1.4 Ammoniakreducerend principe	5
2.2 Bedrijfsvoering	6
2.2.1 Zoötechniek	6
2.2.2 Voeding	6
2.3 Metingen	6
2.3.1 Algemeen	6
2.3.2 Productiegegevens	7
2.3.3 Klimaat	7
2.3.4 Concentratietingen	7
2.4 Dataverwerking	7
3 Resultaten en discussie	9
3.1 Klimaat en ventilatiedebiet	9
3.2 Ammoniakconcentratie en -emissie	9
4 Conclusie	12
Literatuur	13
Samenvatting	14
Summary	15
Bijlagen	16

# 1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>)) en ammoniak (NH<sub>3</sub>), samen met hun reactieproducten, in het kort SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> en NH<sub>x</sub> genoemd. In 1993 was 86% van de verzuring door NH<sub>x</sub> uit eigen land afkomstig en kwam 92% daarvan uit de landbouw. De bijdrage van NH<sub>x</sub> aan de totale verzuring in Nederland was in dat jaar 47% (Heij en Schneider, 1995). De overheid heeft zich als doel gesteld de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2005 met 70% te laten afnemen (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid Derde Fase, 1993; Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1995). Om dit te kunnen realiseren is invoering van emissiebeperkende technieken en systemen noodzakelijk.

Behalve via onderzoek komen ook uit de praktijk ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op hun waarde te schatten dient aan, in potentie emissiearme maatregelen, onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. De aanvragen voor emissiemetingen kunnen worden ingediend bij het secretariaat van de IMAG-meetploeg. De Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen van de IMAG-meetploeg (zie Bijlage A) beoordeelt ten behoeve van de selectie de aanvragen op de volgende criteria: perspectief voor wat betreft de vermindering van de ammoniakemissie, toepasbaarheid in de praktijk en mogelijke negatieve milieueffecten. Tevens worden aanvragen voor traditionele huisvestings-systemen geselecteerd die nog niet eerder gemeten zijn. De Begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid.

In bovenstaand kader werd de ammoniakemissie uit een natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee gemeten. Het loopgedeelte van de dieren was uitgevoerd met dichte, geprofileerde vloerelementen van 3 bij 1 meter. De vloer had een afschot van 1 cm naar het midden, haaks op de lengterichting. Om iedere vijf (soms zes) vloerelementen was een metalen rooster aangebracht van 18 cm breed. De vaste mest en urine werden regelmatig met een aangepaste mestschuif in de onderliggende kelder geschoven. Doordat de mestkelder nagenoeg was afgesloten werd de ammoniakemissie uit de kelder in principe geminimaliseerd. Het oppervlak van de vloerelementen was voorzien van groeven die naast de afvoer van urine ook de beloopbaarheid van de vloer bevorderen.

De gemeten ammoniakemissie uit de stal werd vergeleken met de emissiefactor voor melkkoeien die gehuisvest zijn in een ligboxenstal met roostervloer en mestkelder zoals die is opgenomen in de Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (2000).

Omdat de vloer niet goed was afgewerkt en de mestschuiven niet optimaal functioneerden werd geen volledige meetperiode volgens het Groen Label protocol uitgevoerd.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Stal- en bedrijfssituatie

#### 2.1.1 Bedrijfssituatie

De metingen werden uitgevoerd in een bestaande ligboxenstal voor melkkoeien. De meetperiode liep van 12 januari tot 27 februari 2000. In de stal was het loopgedeelte van de dieren uitgevoerd met een dichte, geprofileerde vloer met gierafvoer en mestschuif.

#### 2.1.2 Huisvesting

De onderzoekstal was een natuurlijk geventileerde 1+1 rijige ligboxenstal met 69 dierplaatsen (zie bijlage B). Het vloeroppervlak bedroeg 3,7 m<sup>2</sup> per dierplaats. De looppaden waren voorzien van geprofileerde vloerelementen. De elementen bestonden uit dichte betonplaten met een breedte van 1 meter en een lengte van 3 meter. De vloer had een afschot van 1 cm naar het midden haaks op de lengterichting. Aan de bovenzijde van de platen waren groeven gefreesd van 7 mm breed en 4 mm diep in zowel de lengte als breedte richting. De afstand van de groeven ten opzichte van elkaar was 6 en 9 cm. Na iedere 5 à 6 platen was over de breedte van de looppaden een opening aangebracht van 18 cm. Deze was afgedekt door een metalen rooster. Met name de urine kon hierdoor worden afgevoerd naar de onderliggende mestkelder. Onder het rooster was met behulp van een schuine roestvrijstalen plaat en folie een afdichting gerealiseerd zodat afvoer van faeces en urine naar de kelder mogelijk was, maar luchttransport van de kelder naar de stal werd voorkomen. De drie looppaden in de stal waren voorzien van mestschuiven. De stal was vlak voor de metingen voorzien van de nieuwe prefab betonplaten. Er was nog geen ervaring opgedaan over de vereiste schuiffrequentie. Bij aanvang van de metingen bedroeg deze eenmaal per 2 uur.

#### 2.1.3 Ventilatie

Langs de beide zijmuren van de stal was over de gehele lengte op 1,5 tot 2,3 m hoogte boven de vloer een ventilatieopening aangebracht. De beide openingen waren uitgerust met windbreekgaas. De grote schuifdeur van de voergang werd tijdens de metingen zoveel mogelijk dicht gelaten. De stal had een open nok die was afgedekt door een lichtdoorlatende koepel.

#### 2.1.4 Ammoniakreducerend principe

Het emissiebeperkende principe berust op het feit dat het emitterend oppervlak van het mestoppervlak in de kelder sterk werd verminderd door de mestkelder nagenoeg te sluiten. Deze emissiebron kon hierdoor niet bijdragen aan de stalemissie. Door het afschot van het vloeroppervlak kon de urine afstromen naar het midden van de looppaden. Via de mestschuiven werd de urine vervolgens om iedere 5 à 6 meter afgestort naar de onderliggende mestkelder. De meeste vaste mest kwam via afstorten aan het einde van de looppaden in de kelder terecht.

Door een slechte afwerking van het vloeroppervlak bleven urineplassen op de vloer liggen. De schuif kon deze plassen niet goed verwijderen. Vervolgens zijn diverse aanpassingen aan de vloer verricht om de urine te laten wegstromen en de schuifwerking te optimaliseren (zie bijlage C).



## 2.2 Bedrijfsvoering

### 2.2.1 Zoötechniek

Tijdens de meetperiode was de stal bezet met gemiddeld 42 melkkoeien, 5 droogstaande koeien en 12 pinken. De dieren verbleven dag en nacht in de stal. Door de aanwezigheid van 69 dierplaatsen was de bezettingsgraad ruim 85%. Omgerekend naar het aantal "equivalente melkkoeien", op basis van N-uitscheiding (Scherphof, 1996) waren gemiddeld 54,8 dieren (Holstein Frisian) in de stal aanwezig. Het vloeroppervlak per N-equivalente melkkoe bedroeg 4,65 m<sup>2</sup>. De melktijden waren 's ochtends om 7:00 en 's avonds om 18:00 uur.

### 2.2.2 Voeding

Het basisrantsoen van de melkkoeien bestond uit 60% graskuil en 40% maïs. Het basisrantsoen van de droogstaande koeien en de pinken bedroeg 80% graskuil en 20% maïs. Alle diergroepen konden onbeperkt stro opnemen. Water was onbeperkt beschikbaar. De krachtvoergift was afhankelijk van de productie en het lactatiestadium van de dieren en werd verstrekt middels 2 krachtvoerboxen in de stal.

## 2.3 Metingen

### 2.3.1 Algemeen

De metingen werden gestart op 12 januari 2000 en gestopt op 27 februari 2000. Gedurende de meetperiode werden de volgende variabelen continu gemeten:

- relatieve luchtvochtigheid RV (%) van de stal- en buitenlucht (zie § 2.3.3);
- temperatuur T (°C) van de stal- en buitenlucht (zie § 2.3.3);
- NH<sub>3</sub>-concentratie (ppm) van de stallucht (mengmonster) die de stal via de nok verliet, en de achtergrondconcentratie rondom de stal (zie § 2.3.4);
- SF<sub>6</sub>-concentratie (ppb) van de stallucht (mengmonster) en de achtergrondconcentratie rondom de stal (zie § 2.3.4).

De meetapparatuur was geïnstalleerd in een mobiele meetwagen. De meetopstelling was geautomatiseerd door middel van PC gestuurde data acquisitie-apparatuur. De besturingsprogrammatuur voor de data acquisitie werd geschreven in Notebook Pro (versie 10.1) van de firma Labtech. De Notebook Pro-applicatie verzamelde alle meetwaarden met uitzondering van de tracergasmetingen. De gaschromatograaf, gebruikt voor tracergasmetingen, werd aangestuurd door Chrom-Card software. Wekelijks werd de stal bezocht, werden filters vervangen en werd de meetapparatuur gekalibreerd. Alle veranderingen en werkzaamheden werden genoteerd in een logboek.

Het tracergas SF<sub>6</sub> (zwavel hexafluoride) werd op 39 plaatsen verdeeld over de stal via een gasbuis achter de boxrand, over de voerpaden geblazen (geïnjecteerd). In de meetwagen werd met behulp van twee thermische Mass Flow Controllers (MFC) zuiver SF<sub>6</sub>-gas en perslucht met elkaar gemengd. Dit luchtmengsel werd in de stal geïnjecteerd. De injectieleidingen bestonden uit ¼" polyetheenslang (PE) en in de stal uit gasbuis met speciaal ontworpen injectiepunten. In ieder injectiepunt was een orifice (plaatje met klein gaatje) geplaatst. Hierdoor werd het tracergas gelijkmatig over de injectiepunten in de stal verdeeld. Door de aangepaste vorm en het gebruik van een sinterfilter voor ieder orifice werd voorkomen dat de injectiepunten verstopt raakten. De flow van ieder injectiepunt werd wekelijks gecontroleerd.

## 2.3.2 Productiegegevens

Tijdens de meetperiode werden gegevens van de melkcontrole geregistreerd. De gemiddelde melkproductie bedroeg 27,7 kg per koe per dag met 4,78% vet en 3,65% eiwit.

## 2.3.3 Klimaat

De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). De sensoren hingen op een diagonale lijn op eenderde en tweederde van de lengte van de stal op ongeveer 2,5 meter hoogte boven het looppad van de koeien. De sensor van de buitenlucht hing op ca. 2 meter hoogte aan de noordzijde van de stal. De sensoren werden voor en na de meetperioden gekalibreerd.

## 2.3.4 Concentratieingen

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO<sub>x</sub>-monitor (Bijlage D). Om NH<sub>3</sub> te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO (Scholtens en van 't Klooster, 1993). Het gevormde stabiele NO werd door teflonslangen naar de monitor geleid en gemeten. De gemeten NH<sub>3</sub>-concentratie in ppm werd met een factor 0,71 (bij 20 °C en 1 atm.) omgerekend naar mg NH<sub>3</sub> per m<sup>3</sup> lucht (Weast *et al.*, 1986). Ieder week werd de monitor gekalibreerd met 7,8 ppm NO-gas en zonodig de filter van de convertors vervangen. De resultaten van de kalibraties van de monitor zijn vermeld in Bijlage D. Volgens het gebruikte meetprincipe was het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie. De convertors werden voor en na de beide meetperioden gekalibreerd. Deze resultaten zijn vermeld in Bijlage E.

Voor de analyse van het SF<sub>6</sub> tracergas werd gebruik gemaakt van een gaschromatograaf (GC), die was uitgerust met een ECD-80 detector. De GC werd wekelijks gekalibreerd met een ijkgas van SF<sub>6</sub> in N<sub>2</sub> (50,5 ppb; ± 2%). De resultaten van de kalibraties van de GC zijn eveneens vermeld in Bijlage F.

De stallucht werd bemonsterd met een ¼" verzamelleiding van polyethyleen (PE). Deze verwarmde verzamelleiding hing in de lengte van de stal en in het midden boven de voergang op circa 3 meter hoogte. Over deze lengte verdeeld werd op zes plaatsen stallucht aangezogen met een debiet van 1 l/min per monsternamepunt.

Aan de buitenkant van de beide lange zijden van de stal werd de buitenlucht bemonsterd op 1,5 m hoogte. Ook werd de buitenlucht bemonsterd bij de voor- en achtergevel van de stal op ca. 4 meter hoogte. De buitenlucht, aangezogen door verwarmde ¼" PE leidingen, werd op de vier monsternamepunten afzonderlijk geanalyseerd.

## 2.4 Dataverwerking

Ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de convertors en de monitor kalibraties. De tracergasconcentraties werden gecorrigeerd voor de kalibraties van de gaschromatograaf. Missende uurwaarnemingen (als gevolg van kalibraties en storingen van de apparatuur) van ventilatiedebiet, gasconcentraties en klimaat werden niet geïnterpoleerd.

De ammoniakemissie uit de ligboxenstal werd berekend volgens de bronsterktetracer-methode. Bij deze methode wordt uitgegaan van de aanname dat het tracergas (SF<sub>6</sub>) en het gas (NH<sub>3</sub>) waarvan de bronsterkte bepaald moet worden, zich op dezelfde wijze vanaf het bronniveau door de stal verdelen (Scholtens en Huis in 't Veld, 1997). In dat geval was de verhouding van de bronsterktes van beide gassen te herleiden aan de hand van de verhouding van de gemeten gasconcentraties. Voorwaarden voor deze metingen zijn dat:

- het tracergas bij de ammoniakbron wordt geïnjecteerd;

- een representatief luchtmonster wordt genomen daar waar de meeste lucht de stal verlaat. Aangenomen werd dat de bronsterkten van het tracergas en ammoniakemissie gelijk waren.

De volgende vergelijking beschrijft de berekeningswijze van de ammoniakemissie volgens de bronsterkte-tracermethode in de praktijk:

$$Q_{\text{NH}_3}^{\text{NTP}}(i,j) = \frac{Q_{\text{SF}_6}^{\text{NTP}}(i,j)}{C_{\text{SF}_6}^{\text{v}}(i,j)} * C_{\text{NH}_3}^{\text{v}}(i,j) \quad (1)$$

met:

- $Q_{\text{NH}_3}(i,j)$ :  $\text{NH}_3$ -bronsterkte op uur  $i$  van dag  $j$  [ml/min];
- $Q_{\text{SF}_6}(i,j)$ : uurgemiddeld  $\text{SF}_6$ -injectioniveau tijdens uur  $i$  van dag  $j$  [ml/min];
- $C_{\text{NH}_3}(i,j)$ : uurgemiddelde  $\text{NH}_3$ -concentratie tijdens uur  $i$  van dag  $j$  [ml/m<sup>3</sup>];
- $C_{\text{SF}_6}(i,j)$ : uurgemiddelde  $\text{SF}_6$ -concentratie tijdens uur  $i$  van dag  $j$  [ml/m<sup>3</sup>];
- $v$ : verschilmeting tussen binnen- en buitenlucht;
- $i = 1 \dots 24$ : uur op een dag;
- $j = 1 \dots N$ : nummer van een meetdag in de meetperiode;
- NTP: normaaltemperatuur [273,15 K] en -druk [1013,25 hPa].

De  $\text{NH}_3$ -bronsterkte werd berekend door het  $\text{SF}_6$ -injectioniveau (ml/min) te vermenigvuldigen met de verhouding tussen  $\text{NH}_3$ - en  $\text{SF}_6$ -verschilmetingen (ml/m<sup>3</sup>) tussen binnen- en buitenlucht. De aldus berekende ammoniakemissie werd verondersteld gelijk te zijn aan de  $\text{NH}_3$ -bronsterkte van de stal.

De ammoniak-bronsterkte in ml/min werd vervolgens omgerekend naar de ammoniakemissie:

$$E(i,j) = Q_{\text{NH}_3}^{\text{NTP}}(i,j) * \rho^{\text{NTP}} * \frac{60}{1000} \quad (2)$$

met:

- $E(i,j)$ : ammoniakemissie op uur  $i$  van dag  $j$  [g/uur];
- $\rho$ : soortelijk gewicht van ammoniak [g/l];
- 60: aantal minuten in een uur;
- 1000: omrekeningsfactor van ml naar l.

### 3 Resultaten en discussie

Bij dit stalsysteem is geen volledige meetperiode volgens het Groen Label protocol uitgevoerd. De motivatie om de metingen vroegtijdig af te breken was gelegen in het feit dat het vloersysteem nog niet was uitontwikkeld en nog niet stabiel opereerde. De tijdens de meting gepleegde aanpassingen van het technische systeem en het bijbehorende management waren strijdig met de voorwaarden voor de meting.

#### 3.1 Klimaat en ventilatiedebiet

In Tabel 1 zijn de gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de stallucht en buitenlucht vermeld. De sensor van de relatieve vochtigheid van de buitenlucht gaf regelmatig storing en is tweemaal vervangen. Vandaar dat de gemeten waarde tussen haakjes is geplaatst. In Bijlage G zijn de resultaten van bovengenoemde parameters grafisch weergegeven. Het verschil tussen het klimaat in en buiten de stal was gering hetgeen een indicatie is voor voldoende luchtverversing.

**Tabel 1.** Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en de stallucht en de mengfactor gemiddeld over de meetperiode en gemiddeld per aanwezig dier.

*Table 1. Mean temperature and relative humidity of the outdoor air, indoor air and the mixingfactor per animal for the measuring period.*

Temperatuur (°C)	stal	5,8
	buiten	4,4
Relatieve luchtvochtigheid (%)	stal	82,0
	buiten	(85,1)

Het KNMI (2000) beschreef de maand januari van 2000 als zacht, droog en zonnig. In De Bilt werd een gemiddelde temperatuur gemeten van 4,3 °C tegen 2,2 °C normaal. Rond 10 en 24 januari was een koude periode en daalde de gemiddelde temperatuur onder het vriespunt. Met in De Bilt een gemiddelde temperatuur van 5,9 °C tegen een langjarig gemiddelde van 2,5 °C, was februari een zeer zachte maand. Geregeld trokken neerslaggebieden over ons land waardoor landelijk gezien 92 mm neerslag viel tegen 48 mm normaal. Daarmee was deze maand zeer nat.

#### 3.2 Ammoniakconcentratie en -emissie

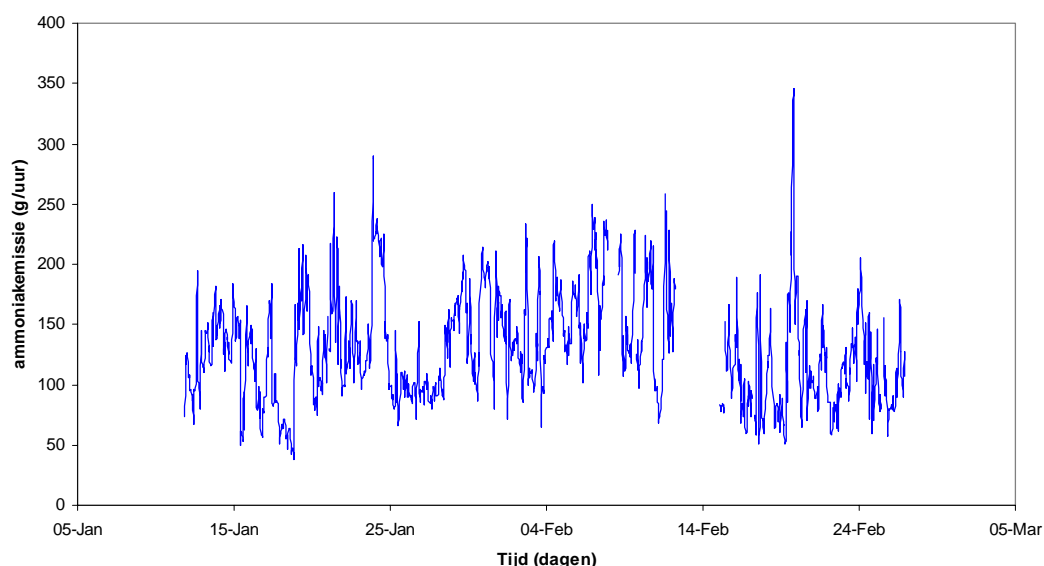
In Tabel 2 zijn de basisgegevens voor en de resultaten van de berekening van de ammoniakemissie per dierplaats per jaar weergegeven. In de meetperiode was het aantal meetdagen 46. In totaal vielen 4 meetdagen uit door storingen.

**Tabel 2.** Lengte van de meetperiode, aantal bruikbare dagen, het aantal N-equivalente koeien en de gemiddelde ammoniakconcentratie en –emissie.

*Table 2. Length of the measuring period, number of days, number of cows, the mean ammonia concentration and the mean ammonia emission.*

Lengte meetperiode (dagen)	46
Aantal bruikbare dagen	42
Aantal N-equivalente koeien	54,8
Ammoniakconcentratie (mg/m <sup>3</sup> ) stal	1,83
Ammoniakconcentratie (mg/m <sup>3</sup> ) achtergrond	0,05
Ammoniakemissie (g/uur)	128,9
Ammoniakemissie (kg/N-equivalente koe per 190 dagen)	10,7

In Figuur 1 is het verloop van de ammoniakemissie tijdens de meetperiode weergegeven. Rond 14 februari is een storing van de meetapparatuur opgetreden.

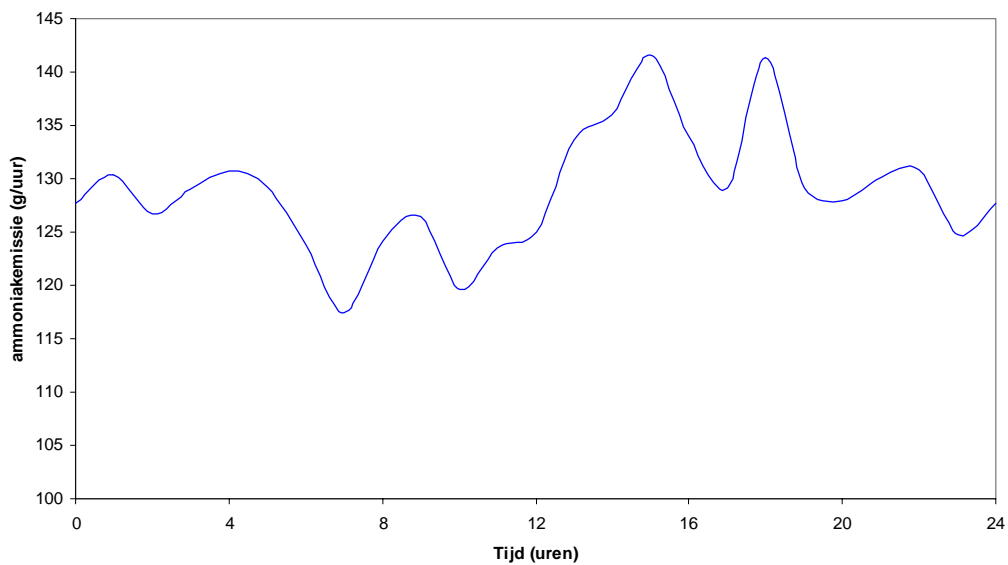


**Figuur 1** Verloop van de uurgemiddelde ammoniakemissie.

*Figure 1* Course of the ammonia emission.

De gemeten emissie (figuur 1) vertoonde een behoorlijke variatie in de tijd maar het gemiddelde niveau was redelijk stabiel. Ondanks diverse aanpassingen aan het vloersysteem was van een duidelijke afname van de ammoniakemissie geen sprake. Mede daarom werden de metingen vroegtijdig afgebroken. Op basis van de meetperiode van 12 januari tot en 27 februari emitteerde de onderzochte natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee met geperforeerde vloer 10,7 kg NH<sub>3</sub> per N-equivalente melkkoe per 190 dagen. Dit was bijna 22% hoger dan de emissiefactor voor een traditioneel (roostervloer) huisvestingssysteem voor melkkoeien, zijnde 8,8 kg NH<sub>3</sub> per koe per 190 dagen die vermeld staat in de wijziging van de Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij 2000.

In Figuur 2 is de gemiddelde ammoniakemissie over een etmaal weergegeven.



**Figuur 2** Verloop van de uurgemiddelde ammoniakemissie over een etmaal.

**Figure 2** Course of the average ammonia emission in a day.

De ammoniakemissie bleek het hoogst tussen 13:00 en 18:00 uur. Hierna, tot ca. 5:00 uur daalde het emissieniveau iets maar bleef vrij constant. Van 5:00 uur tot 12:00 uur was het emissieniveau het laagst. Opvallend is dat zowel 's ochtends als 's avonds na het melken een verhoging van de ammoniakemissie werd waargenomen.

Reeds bij aanvang van de metingen bleek het vloersysteem niet goed te functioneren. Zo was het oppervlak van de vloer slecht afgewerkt, waardoor vele urineplassen ontstonden. Mede door de slechte afstelling van de mestschuif en de lage schuifrequentie bleven deze plassen op de vloer liggen. Vanaf 21 januari zijn geregeld aanpassingen aan het vloersysteem uitgevoerd. De aanpassingen zijn slechts beperkt vastgelegd, waardoor het emissieverloop moeilijk kon worden verklaard. In Bijlage C is een chronologische opsomming gegeven van eigen waarnemingen. Eind februari is het besluit genomen om de metingen te stoppen.

## 4 Conclusie

De ammoniakemissie van de natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee met een geprofileerde vloer en mestschuif was tijdens de meetperiode van 46 dagen in januari en februari 10,7 kg NH<sub>3</sub> per N-equivalente melkkoe. Ten opzichte van de emissiefactor voor een traditioneel huisvestingsstelsel, emitteerde deze ligboxenstal met geprofileerde vloer en mestschuif 22% meer ammoniak. Dit werd met name veroorzaakt door de slechte afwerking van het vloeroppervlak en het niet goed functioneren van de mestschuif. Om deze reden is geen volledige meetperiode volgens het Groen Label protocol uitgevoerd.

## Literatuur

- Heij, G.J. en T. Schneider, 1995. Dutch priority programme on acidification. Final report third phase Additional programme on acidification no. 300-05, RIVM, Bilthoven, 160 pp.
- Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1995. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer en Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, SDU-uitgeverij, Den Haag, 36 pp.
- KNMI, 2000. Maandoverzichten via het internet: [www.knmi.nl/voorl/maand/archief/maand](http://www.knmi.nl/voorl/maand/archief/maand).
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, Den Haag, 55 pp.
- Scherphof, W., 1996. Omrekening jongvee/melkvee. Notitie voor Werkgroep Emissiefactoren (persoonlijke mededeling).
- Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee. Wageningen, DLO, Rapport 97-1006, 35 pp. excl. bijlage.
- Scholtens, R. en C.E. van 't Klooster, 1993. NH<sub>3</sub>-converter + NO<sub>x</sub>-analyser. In: E.N.J. van Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-21.
- Waest, R.C., M.J. Astle and W.H. Beyer, 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.
- Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 2000, (Wijziging UAV in verband met actualisering van bijlage 4 (emissiefactoren)), Interim-wet Ammoniak en Veehouderij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant 105, Den Haag, p. 31.



## Samenvatting

Ammoniak is naast  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_x$  één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft zich als doel gesteld de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2005 met 70% te reduceren. In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit een natuurlijk geventileerde 1+1 rijige ligboxenstal voor melkvee. De stal was voorzien van een geprofileerde vloer met mestschuif. De vloer had een afschot van 1 cm per 1,5 meter, haaks op de lengte richting. Doordat de mestkelder door de aanwezigheid van een dichte vloer grotendeels werd afgesloten, mocht een emissiereductie worden verwacht. In de stal waren 69 dierplaatsen aanwezig. Tijdens de metingen was de stal bezet met gemiddeld 47 melk- en droogstaande koeien en 12 pinken. De omrekeningsfactor van jongvee naar melkvee op basis van de N-uitscheiding bedroeg 0,65. De stal was tijdens de metingen derhalve bezet met 54,8 N-equivalente melkkoeien. Er werd geen volledige meetperiode volgens het Groen Label protocol uitgevoerd, omdat de vloer niet goed was afgewerkt en de mestschuiven niet optimaal functioneerden.

De metingen vonden plaats van 12 januari tot 27 februari 2000 en werden uitgevoerd met een tracergas zwavel hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ) volgens de bronsterkte-tracergasmethode. Het tracergas werd zodanig in de stal geïnjecteerd dat het zich vergelijkbaar met ammoniak vanaf de geprofileerde vloer kon verspreiden. Met een verzamelleiding boven de voergang werd een mengmonster van de stallucht genomen. In dit mengmonster werden de tracergas- en de ammoniakconcentratie gemeten. Uit deze concentraties en het injectieniveau van het tracergas werd de ammoniakemissie berekend.

De emissie tijdens de meetperiode bedroeg 10,7 kg ammoniak per N-equivalente melkkoe per 190 dagen. De gemeten emissie was hiermee 22% hoger dan de emissiefactor van 8,8 kg ammoniak per melkkoe per 190 dagen, die geldt voor traditionele huisvesting (roostervloer en mestkelder) voor melkkoeien tijdens de winterperiode.

## Summary

Deposition of ammonia, besides  $\text{NO}_x$  and  $\text{SO}_x$  deposition, causes acidification and eutrophication of the environment. Animal husbandry is the main source of ammonia emission in the Netherlands. The policy of the Dutch government aims at a reduction of 50% in the year 2000 and 70% in 2005, as compared with the emission level in 1980. Within this framework research was carried out by IMAG into the emission from a cubicle housing system for dairy cows. The housing system was provided with a profiled floor which consisted of solid, prefabricated concrete elements.

In the Netherlands most of the dairy cows are kept in cubicle houses in which the walking alleys for the cows consist of a concrete slatted floor above a slurry pit. The principle of the emission reduction of the cubicle housing system for dairy cows with a profiled floor was based on the fact that ammonia volatilisation from the slurry pit was limited compared to traditional housing systems. The faeces and urine were dragged regular to the slurry pit using a scraper.

The profiled floor system had the following characteristics: solid, prefabricated concrete elements with a span length of 3 m and a width of 1 m and a slope of 1 cm to the middle of the element. Between every fifth and sixth element a small grid of 18 cm width was in between. The top surface of the elements were provided with small grooves of 4 mm deep and 7 mm wide. The grooves parallel and square to the alley had an in-between distance of 6 and 9 cm.

Emission measurements were carried out according the 'source strength-tracer gas method'. The tracer gas  $\text{SF}_6$  was injected uniformly over the ammonia walking alley's to ensure the same distribution as the ammonia gas. A mixed sample of air from the house and from the outside air were analysed for the gas concentrations, and subsequently the emission of ammonia was calculated. The measurements took place during approximately two month's in the winterperiod. The animals, 47 cows and 12 yearlings, stayed the whole day inside the house.

The emission amounted 10,7 kg  $\text{NH}_3$  per animal place per 190 days during the measuring period. This was 22% higher than the emission-factor of a traditional housing system for dairy cows in the winterperiod (UAV: implementation of regulation on ammonia emissions from livestock husbandry). The measurements were stopped because the floor-constuction was not optimised.

## **Bijlagen**

- BIJLAGE A Kader en contactpersonen IMAG-meetploeg
- BIJLAGE B Plattegrond van de ligboxenstal
- BIJLAGE C Veranderingen aan het vloersysteem
- BIJLAGE D Kalibratieresultaten NO<sub>x</sub> monitor
- BIJLAGE E Omzettingspercentage convertors
- BIJLAGE F Kalibratieresultaten gaschromatograaf
- BIJLAGE G Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid
- BIJLAGE H Ammoniak- en tracergas concentratie

## **BIJLAGE A Kader en contactpersonen IMAG-meetploeg**

### ***Kader***

De IMAG-meetploeg verricht ammoniak- en geurmetingen ten behoeve van het ondersteunen van beleidsdoelstellingen van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Deze metingen vinden plaats aan bestaande en nieuw ontwikkelde systemen, voorzieningen en methoden tot het verminderen van de ammoniak- en geuruitstoot uit stallen. Het gaat hierbij met name om systemen waarvan de emissie nog niet eerder is gemeten (categorie I), systemen waarvan die uitstoot verandert als gevolg van beleidswijzigingen door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (categorie II) en systemen voor diersoorten waarvoor nog nauwelijks emissiearme systemen beschikbaar zijn (categorie III). Door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij zijn financiële middelen beschikbaar gesteld voor het meten van ammoniak- en geuremissies aan voornoemde systemen. Deze systemen worden uit de aanvragen geselecteerd door de Begeleidingscommissie van onderzoeksprogramma 309 of haar gedelegeerde. Voor het uitvoeren van metingen beschikt de Begeleidingscommissie over een meetploeg. De uitvoerende instelling waaronder de meetploeg ressorteert is het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG). De metingen worden uitgevoerd volgens de beoordelingsrichtlijn emissiearme stallen (1996, Ministerie van VROM, Den Haag, 36 pp) die is opgesteld door de Stichting Groen Label. De daarin genoemde landbouwkundige voorwaarden vallen onder de verantwoordelijkheid van de aanvrager.

### ***Contactpersonen***

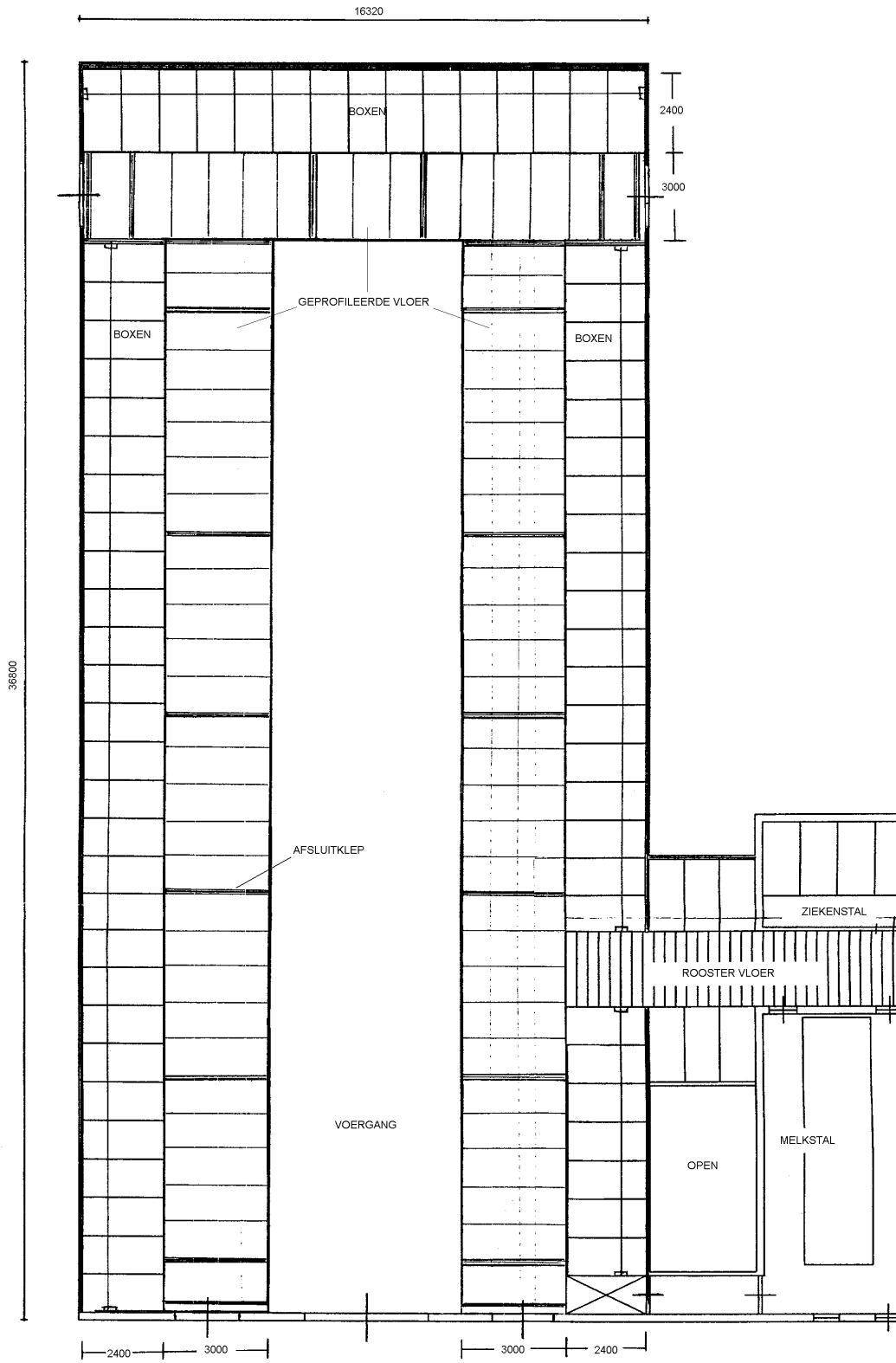
#### **Voorzitter Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen**

Ir. J.H.G. Tuinte  
Informatie- en Kennis Centrum Landbouw  
Bezoekadres: Pascalstraat 10  
6716 AZ Ede  
Postadres: Postbus 482  
6710 BL Ede  
Telefoon: 0318 67 14 33

#### **Coördinator IMAG-meetploeg**

Dr. Ir. Peter W.G. Groot Koerkamp  
Instituut voor Milieu- en Agritechniek IMAG  
Bezoekadres: Mansholtlaan 10-12  
6708 PA Wageningen  
Postadres: Postbus 43  
6700 AA Wageningen  
Telefoon: 0317 47 63 00

# BIJLAGE B Plattegrond van de ligboxenstal



## BIJLAGE C Veranderingen aan het vloersysteem

Hieronder is een opsomming weergegeven van de veranderingen en activiteiten die zijn waargenomen of die de veehouder heeft doorgegeven. De lijst is niet compleet.

21 januari:	Extra diepe groeven in de vloer gefreesd.
22-23-24 januari:	Problemen met de mestschuiven (frequentie nu 1x2uur).
25 januari:	Hogere schuiffrequentie.
26-27 januari:	Geultjes gefreesd en randen dichtgesmeerd.
1 februari:	Extra diepe groeven in de vloer gefreesd.
3 februari:	Nieuwe mestschuiven gemonteerd (groen).
5-6 februari:	Lagere schuiffrequentie (7-12x dag).
11 februari:	Mest uit gereden, kelderput lag open. Overleg gevoerd met: Fam. Hartemink                      veehouder meetlocatie dhr. Lubbers                          directeur HCI-beton dhr. Timmermans                      vertegenwoordiger HCI-beton dhr. Vossen                            vertegenwoordiger JOZ –mestschuiven dhr. Wolberink                        aannemer en ontwerper vloer dhr. Arends                            vert. Wopereis Stallenbouwers dhr. Scherphof                        IKC- aanvrager dhr. Huis in 't Veld                    IMAG
14 februari:	"extra" gaten geboord.
15 februari:	Mest uit gereden, kelderput lag open. Bij de melkkoeien, rechts na de melkput, zijn verticale gaten in de vloer geboord (3 cm) op de scheiding van ieder vloerelement.
2 februari:	Bij jongvee zijn nu overal gaten geboord, bij het melkvee gedeelte nog slechts ten dele. Na een schuifgang bleven nog verschillende plassen urine op de vloer achter.
25 februari:	Overal in de stal waren nu gaten aangebracht op de scheiding van 2 vloerelementen. Aan weerszijden van de schuifstang werden evenwijdig hieraan (10cm) groeven aangebracht die de gaten met elkaar verbond.
27 februari:	Einde metingen.

## BIJLAGE D Kalibratieresultaten NO<sub>x</sub>-monitor

### *Ammoniakconcentratie*

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO<sub>x</sub>-monitor (Monitor Labs nitrogen oxydes analyzer, model 8840). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentiereactie tussen ozon (O<sub>3</sub>) en NO. Bij deze reactie komt NO<sub>2</sub>, zuurstof (O<sub>2</sub>) en licht vrij:



De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de NO-concentratie van de aangezogen lucht. Deze methode is uitgebreid beschreven door Scholtens en van 't Klooster (1993, NH<sub>3</sub>-converter + NO<sub>x</sub>-analyser. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-21.). Hier wordt volstaan met een korte beschrijving van het systeem en de meetopstelling.

Om NH<sub>3</sub> te kunnen meten moet het eerst door een converter omgezet worden tot NO. In de converter passeert de luchtstroom een stoffilter waarna het verhit wordt tot circa 775 °C. Bij deze temperatuur wordt NH<sub>3</sub> aan een roestvrijstalen katalysator geoxideerd tot NO. De converter is zo dicht mogelijk bij het monsternamepunt gemonteerd om het transport van NH<sub>3</sub> tot een minimum te beperken. NH<sub>3</sub> adsorbeert namelijk makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen kunnen worden verstoord. De stallucht werd continu aangezogen via PE-slangen. Om condensvorming in de slangen te voorkomen waren alle slangen verwarmd met een verwarmingslint en omwikkeld met isolatiemateriaal.

Voor het meten van NO<sub>2</sub>-concentraties kan een molybdeenconverter worden toegepast. In deze converter wordt NO<sub>2</sub> vrijwel voor 100% omgezet naar NO door oxidatie van NO<sub>2</sub> op molybdeen bij ca. 325 °C. Een molybdeenconverter kan noodzakelijk zijn als, door transport van NO in zeer lange leidingen, NO wordt omgezet in NO<sub>2</sub>. Tijdens testmetingen met een slang van 350 m is geen verschil gemeten in NO-concentraties voor en na transport door deze slang (R. Bleijenberg en J.P.M. Ploegaert, 1994. Handleiding meetmethoden ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen. Wageningen, IMAG-DLO rapport 94-1, 76 pp). Gedurende dit onderzoek werd geen gebruik gemaakt van een molybdeenconverter in de monitor. Onder de gegeven meetomstandigheden vond tijdens het transport van lucht van de NH<sub>3</sub>-converter naar de NO<sub>x</sub>-monitor geen aantoonbare omzetting plaats van NO in NO<sub>2</sub>.

### *Kalibratieresultaten*

De maximaal meetbare NH<sub>3</sub>-concentratie was 50 ppm. De wekelijkse kalibratie van de monitor werd uitgevoerd met 7,8 ppm NO-gas. Gedurende de meetperiode bedroeg de gemiddelde afwijking tijdens de kalibratie 1,8%.

## BIJLAGE E Omzettingspercentage convertors

In onderstaande tabel staat per meetpunt het gemiddelde omzettingspercentage van de convertors weergegeven bij aanbieding van 10 ppm NH<sub>3</sub>. De omzettingspercentages van convertors werd bepaald voor het begin en na het einde van de meetperiode. Zowel voor de hoge concentraties (verzamelleiding uit stal) als voor de lage concentraties (achtergrond) werden 2 convertors gebruikt. Na iedere meting werd het aangevoerde gas middels een driewegklep door een andere convertor geleid. De gemiddelde waarden werden gebruikt voor de correctie van de ammoniakconcentraties.

Meetperiode	begin gemiddeld	eind gemiddeld	gemiddeld
Stal	94%	92%	93%
Achtergrond	93%	94%	94%



## BIJLAGE F Kalibratieresultaten gaschromatograaf

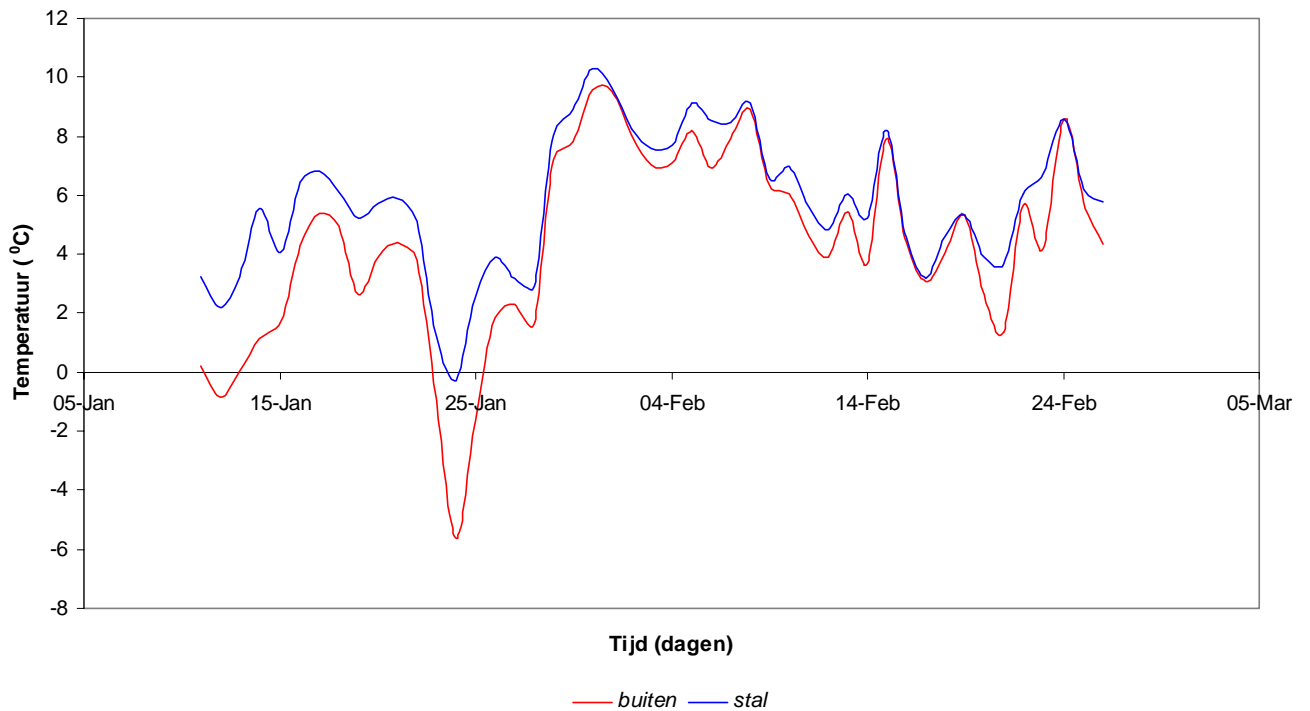
### *Tracergasconcentratie*

Voor de analyse van het SF<sub>6</sub> tracergas werd gebruik gemaakt van een gaschromatograaf (GC 8000 series van Fisons Instruments). Deze was uitgerust met een ECD-80 detector (Electron Capture Detection). Tevens was de GC voorzien van een automatisch injectiesysteem met een injectielus van 500 µl. De stallucht werd continu langs het monsternamepunt van de GC geleid. Iedere 2 minuten werd een luchtmonster genomen en geanalyseerd. De scheiding van de gassen in de GC vond plaats over twee gepakte Molsieve 5A kolommen (kolom 1: diameter 1/8", lengte 1 m; kolom 2: diameter 1/8", lengte 2 m). Nadat het SF<sub>6</sub> de eerste kolom was gepasseerd werd deze middels een backflush-systeem schoongespoeld. Op deze wijze raakten analysekolom 2 en de ECD detector minder snel vervuild. Als dragergas werd N<sub>2</sub> gebruikt.

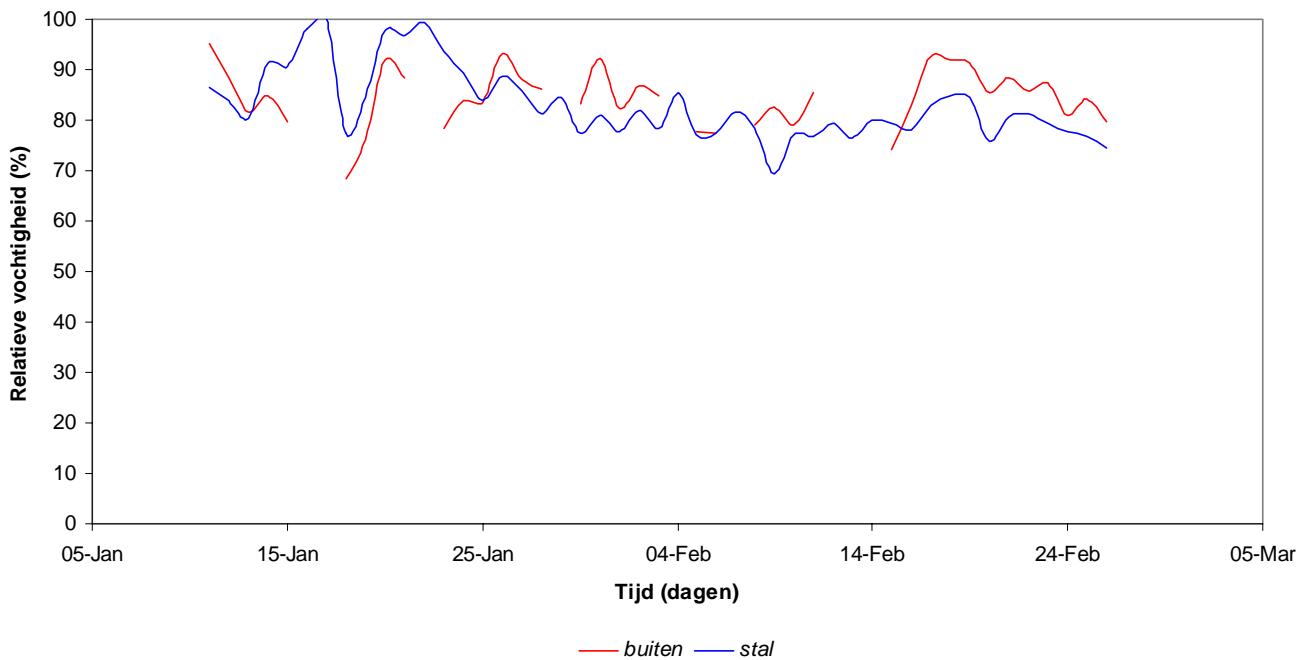
### *Kalibratieresultaten*

De wekelijkse kalibratie van de gaschromatograaf werd uitgevoerd met 49,7 ppb SF<sub>6</sub>-gas. Gedurende de eerste meetperiode was de gemiddelde afwijking tijdens de kalibratie 0,56%.

## BIJLAGE G Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

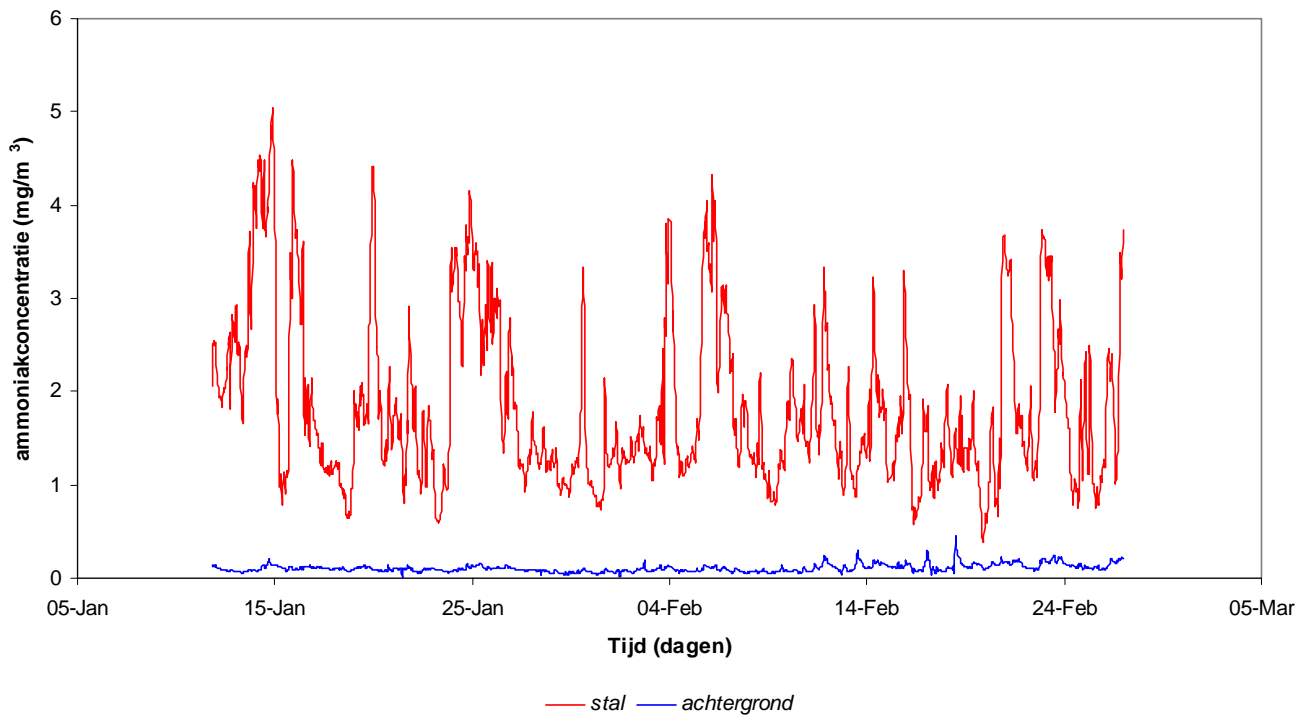


Daggemiddelden van de temperatuur van de stal- en buitenlucht.

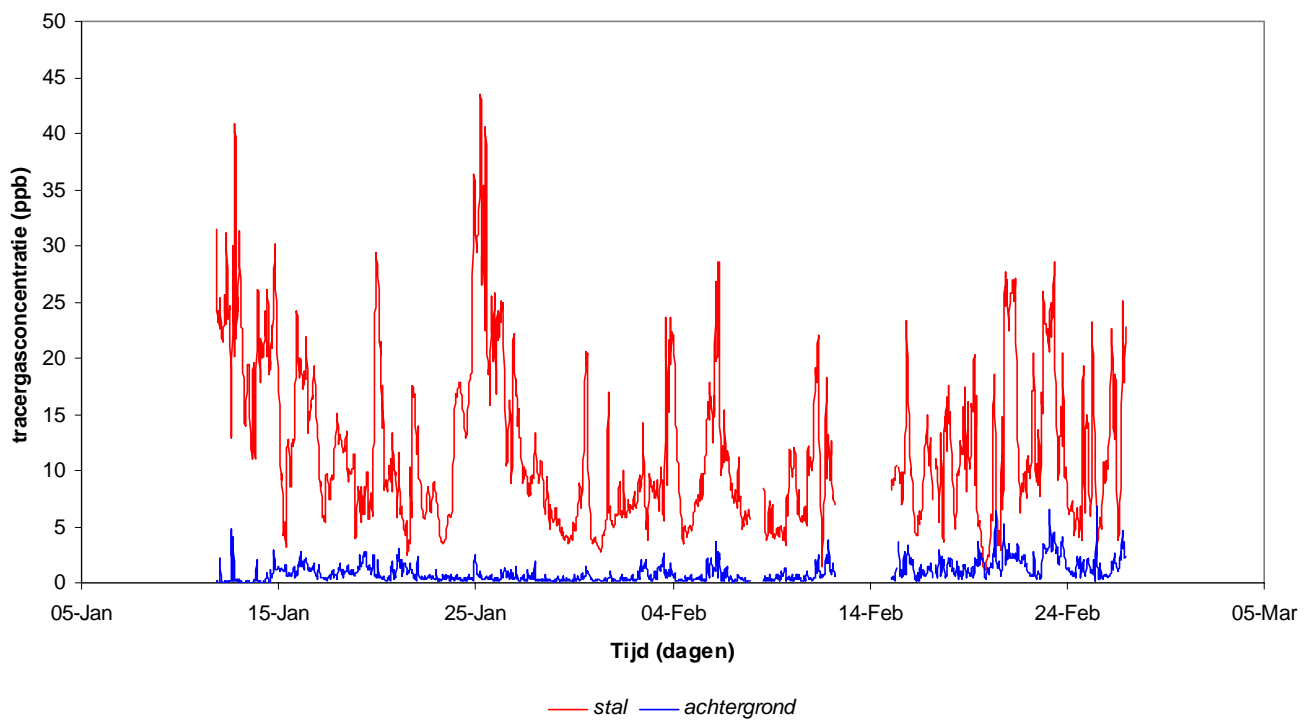


Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de stal- en buitenlucht.

## BIJLAGE H Ammoniak- en tracergasconcentratie



Uurgemiddelden van de NH<sub>3</sub>-concentratie van de stal- en de gemiddelde achtergrondlucht.



Uurgemiddelden van de tracergas (SF<sub>6</sub>) concentratie van de stal- en de gemiddelde achtergrondlucht.