

# Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXXI

Natuurlijk geventileerde vleesstierenstal  
met betonroosters

Ir. R. Scholtens  
Ing. J.W.H. Huis in 't Veld

Rapport 98-1005

# Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXXI

Natuurlijk geventileerde vleesstierenstal  
met betonroosters

Ir. R. Scholtens  
Ing. J.W.H. Huis in 't Veld

Rapport 98-1005

© 1998  
Dienst Landbouwkundig Onderzoek  
Postbus 59, 6700 AB Wageningen

**Alle informatie beschikbaar bij  
IMAG-DLO  
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, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

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 written permission of the publisher.

## Inhoud

Samenvatting .....	1
1 Inleiding.....	2
2 Materiaal en methode .....	3
2.1 Stal en bedrijfsvoering .....	3
2.2 Meetopstelling .....	4
2.2.1 Besturingsprogramma en data-acquisitie .....	4
2.2.2 Injectie tracergas .....	5
2.2.3 Bemonstering van de stallucht .....	5
2.2.4 Gas-monitoren.....	6
2.2.5 Overige metingen .....	7
2.3 Temperatuur, windrichting en -snelheid tijdens de meetperiode .....	7
2.4 Bronsterkte-tracermethode.....	8
2.5 Bruikbare meetdagen .....	9
2.6 Berekeningswijze.....	9
3 Resultaten en discussie.....	12
4 Conclusies .....	15
Literatuur .....	16

Bijlagen

## Samenvatting

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) is naast  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_x$  één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau in 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn. In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit een natuurlijk geventileerde vleesstierenstal met 132 dierplaatsen.

De metingen vonden plaats van 29 januari 1997 tot en met 14 augustus 1997 met een tracergas volgens de bronsterkte-tracermethode. Het tracergas werd zodanig in de stal geïnjecteerd dat het zich vergelijkbaar met ammoniak als oppervlaktebron vanaf het rooster verspreidde. Met een verzamelleiding 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 ammoniakemissie bedroeg 7,2 kg per dierplaats per jaar (bij 0 % leegstand)

# 1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$ ) en  $\text{NH}_3$ , samen met hun reactieproducten, in het kort  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_y$  en  $\text{NH}_x$  genoemd. In 1993 was 86% van de verzuring door  $\text{NH}_x$  uit eigen land afkomstig en kwam 92% daarvan uit de landbouw. In 1993 was de bijdrage van  $\text{NH}_x$  aan de totale verzuring in Nederland 47% (Heij and Schneider, 1995). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau in 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993). Om dit te kunnen realiseren wordt momenteel veel onderzoek verricht naar emissie-arme huisvestingsystemen voor landbouwhuisdieren.

Behalve via onderzoek komen ook vanuit de praktijk vele ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op waarde te schatten dient aan, in potentie emissie-reducerende technieken en systemen, onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. De aanvragen hiervoor komen binnen bij de Begeleidingscommissie Ammoniak-emissiemetingen. Hieruit selecteert zij de aanvragen die wat betreft de vermindering van ammoniakemissie perspectief bieden. Tegelijkertijd dienen de systemen geen andere negatieve milieu-effecten te veroorzaken. De begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid en het landbouwbedrijfsleven. In bovenstaand kader werd onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit een natuurlijk geventileerde vleesstierenstal voorzien van betonroosters.

De gemeten ammoniakemissie werden vergeleken met eerder onderzoek naar de ammoniakemissie bij vleesstieren (Smits *et al.*, 1996 en Groot Koerkamp *et al.*, 1996) en met de huidige emissiefactor voor vleesstieren (Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 1998).

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Stal en bedrijfsvoering

Van 29 januari 1997 tot en met 14 augustus 1997 werd de ammoniakemissie gemeten van een natuurlijk geventileerde afmeststal voor vleesstieren. De onderzochte stal was gelegen op het terrein van het Proefbedrijf Rundveehouderij (PR) te Lelystad. De voer- en diergegevens werden door het PR ter beschikking gesteld.

De onderzochte stal was een natuurlijk geventileerde stal met 132 dierplaatsen in 22 hokken met een oppervlakte van circa 15,6 m<sup>2</sup> per hok. In bijlage A is een situatieschets en in bijlage B is een plattegrond van de stal weergegeven. In ieder hok werden maximaal 6 stieren geplaatst. Het beschikbare oppervlakte per stier was 2,6 m<sup>2</sup>. De standaard betonroosters hadden een balkbreedte van 130 mm en een spleet van 35 mm. De stal was alleen onder de betonroosters onderkelderd. De totale kelder-capaciteit bedroeg circa 500 m<sup>3</sup>. De breedte van de voergang was 5 m. Achter de hokken, langs de zijmuur, was een looppad van 0,75 meter breed. Het looppad was door draaihekken gescheiden van de hokken. Voor de ventilatie was langs de zijmuren van de stal op 2 meter hoogte een spletenwand (space boarding) aangebracht. Deze wand bestond uit verticale houten planken van 96 cm lengte, 9 cm breedte en een spleetopening van 25 mm. De stal was voorzien van een open nok met een lichtdoorlatende kap.

De stieren waren 50% Piëmontese kruislingstieren. Tijdens de meetperiode werden drie verschillende koppels stieren in de stal gehouden. Ieder koppel bestond uit dieren van dezelfde leeftijdsgroep. De hokken aan één zijde van de voergang werden gevuld met stieren van hetzelfde koppel. Dieren van een koppel werden naar gewicht ingedeeld om homogene groepen per hok te krijgen. Tijdens de 6 maanden durende meetperiode werden de dieren iedere vier weken gewogen. De stieren werden afgeleverd op een levendgewicht van circa 600 kg. Wijzigingen in de groepsamenstelling werden geregistreerd.

Uit tellingen bleek dat in de stal minimaal 128 en maximaal 130 dieren aanwezig waren. De proefkoppels 1, 2 en 3 tijdens de meetperiode bestonden uit respectievelijk 59, 71 en 58 dieren zie Tabel 1. Circa 80% van de dieren van ieder koppel maakten deel uit van een PR-proef. Dit wil zeggen dat van deze dieren de gewichten, rantsoenen en voeropnames nauwkeurig bekend waren. Aangenomen werd dat deze gegevens ook van toepassing waren op de stieren in de restgroepen.

**Tabel 1** Gegevens van de drie koppels stieren

Koppel nr	Begin datum	Eind datum	Aantal dagen	Aantal dieren		
				totaal	proefgroep	restgroep
1	01-02-97	09-04-97	67	59	48	11
2	01-02-97	15-08-97	195	71	54	17
3	09-04-97	15-08-97	128	58	48	10

In Tabel 1 zijn de gegevens van de proefdieren per koppel opgenomen. Koppel 2 is de hele meetperiode in de stal aanwezig geweest.

De stieren werden 's ochtends tussen 8.00 en 11.00 uur gevoerd. Het basisrantsoen voor de eerste twee koppels bestond uit mais (65% droge stof (ds)) en brok (35% ds). Er werden verschillende krachtvoerders verstrekt in verschillende verhoudingen. Van het derde koppel kreeg de helft van de dieren een rantsoen bestaande uit mais (70%) en brok (30% ds); de andere helft van de dieren kreeg een rantsoen van mais (30% ds) en diverse bijproducten. In Tabel 2 zijn de gemiddelde rantsoenen van de koppels weergegeven; een gedetailleerd overzicht is opgenomen in bijlage C.

**Tabel 2** Gemiddeld rantsoen per aanwezige stier

Koppel	Ds %	Opname kg/dag	VEVI ds	RE ds
1	42.2	22,0	1001	119
2	42.2	21,6	1001	119
3-1*	40.6	17,7	990	133
3-2*	33.9	20,9	1109	152

\* de helft van koppel 3 kreeg rantsoen 1 de andere helft kreeg rantsoen 2

Drinkwater was vrij beschikbaar via één drinknippel in ieder hok. Groei- en voeropname gegevens zijn in deze rapportage opgenomen in bijlage C.

Bijlage A geeft een schets van de situatie op de meetlocatie. De ligging van de onderzoekstal (stal B) ten opzichte van de windroos was noord - zuid. Aan de zuid- en westzijde van de onderzoekstal waren twee identieke stallen gesitueerd. Om te voorkomen dat bij openstaande roldeuren stallucht van de zuidelijke afmeststal (stal A) in de onderzoekstal (stal B) kon waaien, werden de tegenover elkaar gesitueerde roldeuren van beide stallen voorzien van pendeldeuren. De roldeuren van de onderzoekstal waren 's ochtends vaak open en 's middags en 's avonds gesloten. Via deurmelders werden de deurstand (open/dicht) geregistreerd. Tijdens de zomerperiode aan het einde van de metingen werden beide roldeuren opengezet wanneer de temperatuur in de stal te hoog opliep.

Tijdens de metingen bleek dat de pendeldeuren niet voldeden. De pendeldeuren werden beschadigd door de wind wanneer de roldeuren dicht waren. In de loop van de proef zijn de pendeldeuren verwijderd. Dit bleek geen invloed op de metingen te hebben.

## 2.2 Meetopstelling

### 2.2.1 Besturingsprogramma en data-acquisitie

De meetopstelling was geautomatiseerd, gebaseerd op door een PC aangestuurde data-aquisitieapparatuur. Scholtens en Huis in 't Veld (1997) geven een uitgebreide beschrijving van de toegepaste meetopstelling. De data-acquisitie-apparatuur en software werden voor de onderhavige metingen aangepast. In Scholtens en Huis in 't Veld (1997) werden twee PC's gebruikt, waarvan er één onder DOS (versie 6.2) draaide en één onder Windows 3.1. Voor de in dit rapport gepresenteerde metingen werd het meetsysteem aangestuurd door programma's op één PC onder Windows 95. De besturingsprogrammatuur voor de data-acquisitie werd geschreven in Notebook Pro (versie 9.03) van de firma Labtech. De Notebook Pro applicatie verzamelde alle meetwaarden met uitzondering van de de tracergasmetingen. De gaschromatograaf, gebruikt voor tracergasmetingen, werd aangestuurd door Chrom-Card software (versie 1.19). Om de meetwaarden van beide systemen, Notebook Pro en Chrom Card, te combineren in één bestand werd gebruik gemaakt van een in Excel geschreven macro. Deze macro las de meetwaarde van de gaschromatograaf uit een resultaatbestand van Chrom-Card en maakte deze middels een DDE-koppeling beschikbaar voor de Notebook Pro applicatie. De Notebook Pro applicatie verzorgde de timing van de tracergasanalyse.

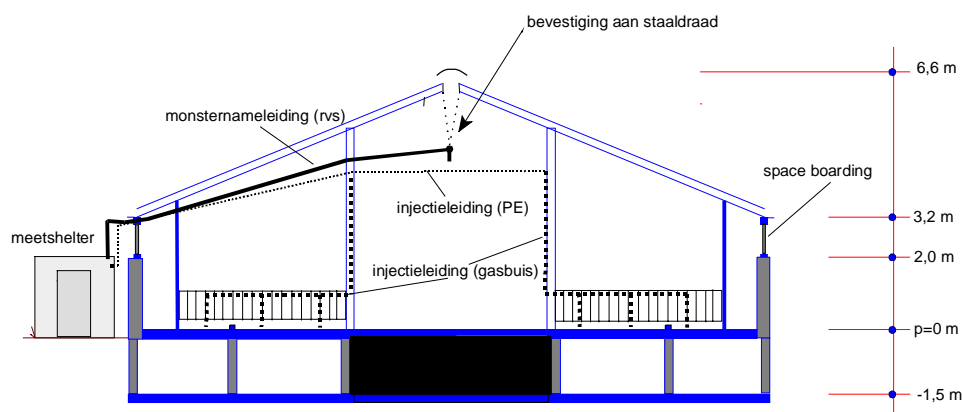
Het meetsysteem bestond uit de volgende elementen (zie Figuur 1 en Figuur 2

- besturingsprogramma's en data-acquisitieapparatuur
- module voor injectie van het tracergas in de stal;
- module voor bemonsteren van de stallucht;
- monitoren voor tracergas en NH<sub>3</sub>,
- deurstandmelders;
- klimaatsensoren (temperatuur en relatieve luchtvochtigheid);

### 2.2.2 Injectie tracergas

In Figuur 1 en Figuur 2 is te zien op welke plaats het kunstmatige tracergas sulphur hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ) in de stal werd geïnjecteerd. De injectie gebeurde onder de scheidingshekken tussen de hokken. In de meetshelter werd met behulp van twee thermische Mass Flow Controllers (MFC) zuiver  $\text{SF}_6$ -gas (ca. 12 ml/min) en perslucht (ca. 10 l/min) met elkaar gemengd. Dit luchtmengsel werd in de stal geïnjecteerd. De injectieleidingen bestonden uit ¼" polyetheenslang (PE) en één duims metalen gasbuis op dierniveau (zie Figuur 1) met speciaal ontworpen injectiepunten. In ieder injectiepunt was een orifice (plaatje met klein gaatje) geplaatst. Hiermee werd voor een gelijkmatige verdeling van het tracergas over de injectiepunten in de stal gezorgd.

Door een aangepaste vorm van de injectiepunten en het gebruik van een sinterfilter voor ieder orifice werd voorkomen dat de injectiepunten verstopt raakten. De injectiepunten werden gecontroleerd wanneer een hok leeg was. Een hok was leeg wanneer de dieren uit dit hok werden gewogen. In totaal werden 63 injectiepunten aangebracht verdeeld over de gehele stal, één injectiepunt per ca. 5,5 m<sup>2</sup>. Onder iedere hokafscheiding waren 3 injectiepunten op gelijke afstanden aangebracht. De hokafscheidingen waren circa 4 meter uit elkaar geplaatst.

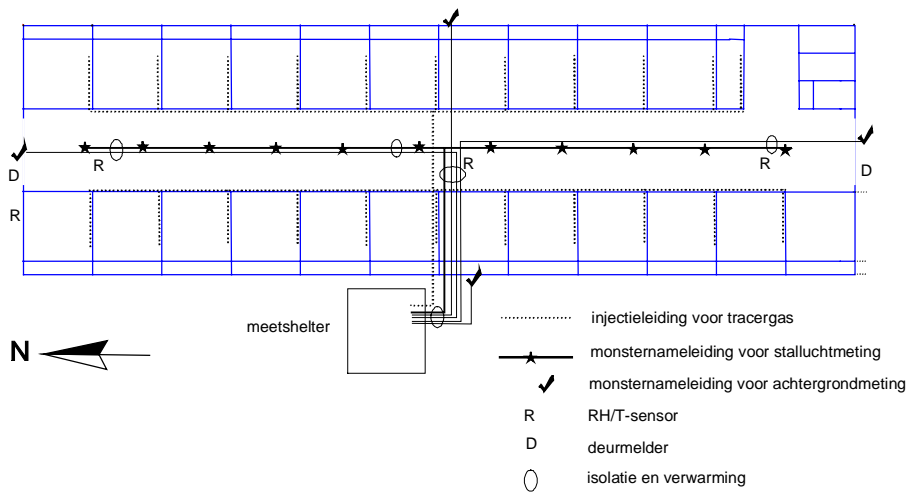


**Figuur 1** Dwarsdoorsnede van de vleesstierstal met het meetstelsel.

### 2.2.3 Bemonstering van de stallucht

Met een ¼" roestvrijstalen (rvs) verzamelleiding werd op 11 punten stallucht aangezogen met een debiet van ca. 1 l/min per monsternaleiding. De monsternaleidingen bevonden zich in het midden van het voerpad op circa 4,5 m hoogte. Stallucht werd, op ieder aanzuigpunt, gefilterd met een 1,7µ glasvezel filter in een rvs filterhuis. Voor het aanzuigen van de gemonsterde lucht werd een rvs pomp gebruikt. Het materiaal van alle leidingen, koppel- en verbindingstukken van de monsternaleidingen naar de pomp was rvs (type 316). Vanaf de pomp ging één PE-leiding naar de gaschromatograaf voor bepaling van de  $\text{SF}_6$ -concentratie, en één teflonleiding naar twee parallel geschakelde  $\text{NH}_3$ -convertors en de  $\text{NO}_x$ -monitor voor bepaling van de  $\text{NH}_3$ -concentratie.





**Figuur 2** Plattegrond van de vleesstierenstal met het meetsysteem.

#### 2.2.4 Gas-monitoren

De  $\text{NH}_3$ -concentratie werd continu gemeten met behulp van een  $\text{NO}_x$ -monitor (Monitor Labs nitrogen oxide analyser model 8840). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentie na de reactie tussen ozon ( $\text{O}_3$ ) en stikstofmonoxide ( $\text{NO}$ ):



Deze methode is uitgebreid beschreven door Scholtens (1993). Hier wordt volstaan met een korte beschrijving van het systeem. Om  $\text{NH}_3$  te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot  $\text{NO}$ . In de convertor passeert de luchtstroom een teflon filter ( $5 \mu$ ) waarna het verhit wordt tot  $775 \text{ }^\circ\text{C}$ . Bij deze temperatuur wordt  $\text{NH}_3$  aan een roestvrijstaal (rvs-316) katalysator geoxideerd tot  $\text{NO}$ . De convertor dient zo dicht mogelijk bij het monsternamepunt gemonteerd te worden om het transport van  $\text{NH}_3$  tot een minimum te beperken.  $\text{NH}_3$  adsorbeert makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen verstoord kunnen worden. Om condensvorming in de leidingen en slangen te voorkomen werd verwarmingslint (ca.  $13 \text{ W/m}$ ) en buisisolatie aangebracht. Het in de convertors gevormde stabiele  $\text{NO}$  werd door de verwarmde en geïsoleerde leidingen naar de monitor geleid. De maximaal meetbare  $\text{NH}_3$ -concentratie was  $10 \text{ ppm}$ . De convertors werden voor en na de meetperiode geijkt. De gemiddelde efficiency van de convertors voor stal en achtergrond was respectievelijk  $92,8$  en  $91,9 \%$ . Hiervoor werd gecorrigeerd.

Voor de analyse van het 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  $500 \mu\text{l}$ . De stallucht werd continu langs het monsternamepunt van de GC geleid. Iedere 5 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: diam.  $1/8''$ , lengte  $1\text{m}$ ; kolom 2: diam.  $1/8''$ , lengte  $2\text{m}$ ). Nadat het  $\text{SF}_6$  de eerste kolom was gepasseerd werd deze middels een backflush-systeem schoongespoeld. Op deze wijze raakten de 2<sup>e</sup> analysekolom en de ECD detector minder snel vervuilt. Als dragergas werd  $\text{N}_2$  gebruikt. Iedere week werd de apparatuur gecontroleerd, de monitoren gejusteerd (controle en afstelling m.b.v. een ijkgas) en filters zo nodig vervangen. De controle (justering) van de  $\text{NO}_x$ -analyser werd uitgevoerd met een ijkgas van  $\text{NO}$  in  $\text{N}_2$  (ca.  $9 \text{ ppm}$ ;  $\pm 1 \%$ ). De GC werd gejusteerd met een ijkgas van  $\text{SF}_6$  in  $\text{N}_2$  (ca.  $50,5 \text{ ppb}$ ;  $\pm 2 \%$ ). Het  $\text{SF}_6$ -ijkgas was door het NMI gecontroleerd. De gebruikte  $\text{NO}$ -ijkgasen

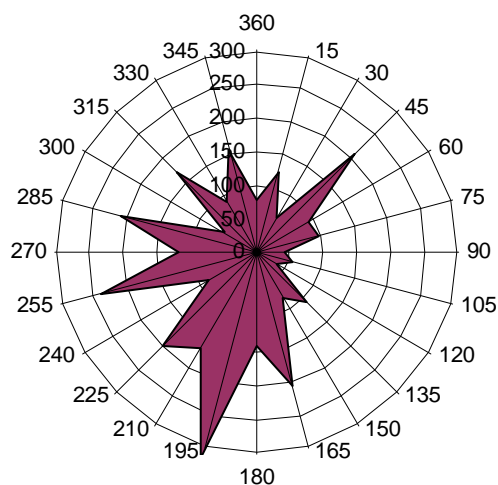
werden gecontroleerd met een primaire standaard ( $\pm 0,5\%$ ) van het NMI.

### 2.2.5 Overige metingen

Op drie plaatsen in de stal (zie Figuur 2) werd op ca. 3 m hoogte een gecombineerde relatieve luchtvochtigheid- en temperatuurmeting uitgevoerd (Rotronic Hygromer<sup>®</sup> type I-200). De relatieve luchtvochtigheid en de temperatuur van de buitenlucht werden met een zelfde type sensor geregistreerd op ca. 4 m hoogte aan de noordgevel van de stal. De deurstand van de twee roldeuren werd geregistreerd met open/dicht melders. Achtergrondmetingen voor NH<sub>3</sub> en SF<sub>6</sub> vonden plaats op vier punten rondom de stal. Deze meetpunten waren tegen de muur en de gevel van de stal geplaatst.

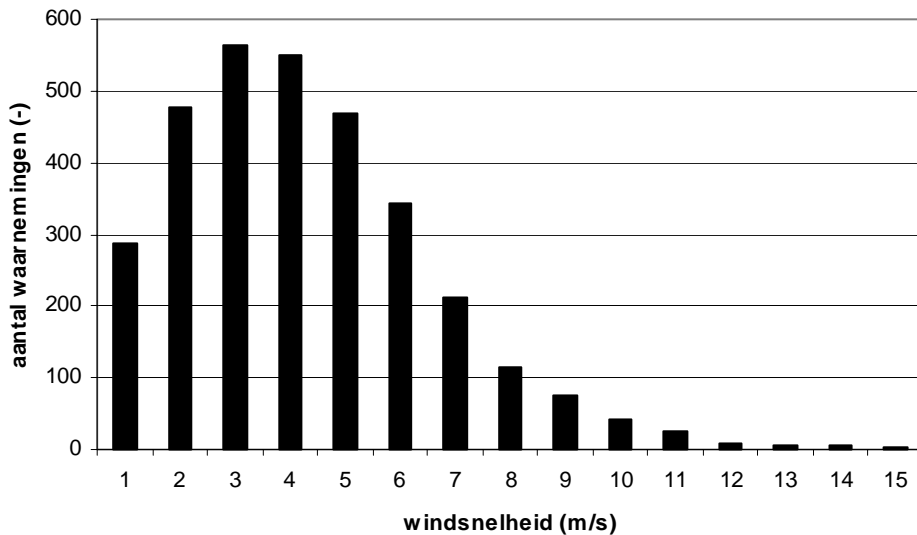
### 2.3 Temperatuur, windrichting en -snelheid tijdens de meetperiode

Bij het KNMI zijn extra meteo-gegevens opgevraagd van het vliegveld Lelystad. Het betreft de uurwaarnemingen van windsnelheid en -richting. Figuur 3 laat de verdeling van de windrichting en het totaal aantal waarnemingen zien. Tijdens de meetperiode kwam de wind het meest uit zuidelijke en westelijke richtingen.

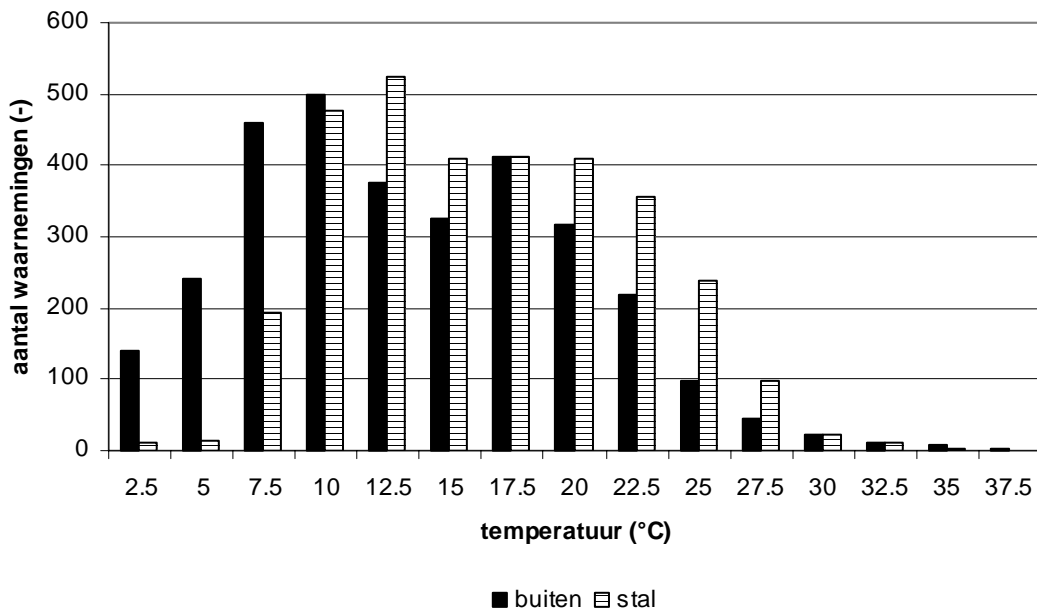


**Figuur 3** Frequentieverdeling van de windrichting in klassen van 15 graden over de meetperiode.

De verdeling van de windsnelheden is in Figuur 4 te zien. De gemiddelde windsnelheid tijdens de meetperiode was 4,4 m/s.



**Figuur 4** Verdeling van de windsnelheid in m/s over de meetperiode.



**Figuur 5** Verdeling van de uurgemiddelde stal en –buitentemperatuur in °C over de meetperiode.

De gemiddelde temperaturen van de stal- en de buitenlucht waren respectievelijk 15,1 en 12,3 °C.

## 2.4 Bronsterkte-tracermethode

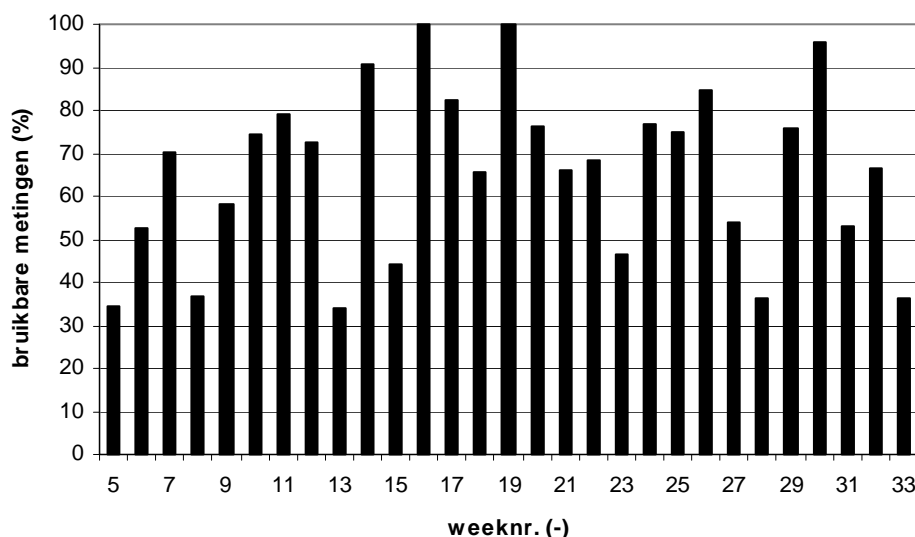
Bij de bronsterkte-tracermethode wordt uitgegaan van de aanname dat het tracergas en het gas (ammoniak) waarvan de bronsterkte bepaald moet worden, zich op dezelfde wijze vanaf het bronniveau door de stal verdelen (Scholtens en Huis in 't Veld, 1997). In dat geval is de verhouding van de bronsterktes van beide gassen direct terug te vinden in de verhouding van de gemeten gasgehalten. Voorwaarden voor deze metingen zijn dat:

- het tracergas bij de ammoniakbron wordt geïnjecteerd;
- de bulk van de lucht die de stal verlaat wordt bemonsterd.

Aangenomen wordt dat bronsterkte en ammoniakemissie gelijk zijn.

## 2.5 Bruikbare meetdagen

Het aantal dagen in de meetperiode was 197. Het maximale aantal uurwaarnemingen per dag is 24. Het totaal aantal uurwaarnemingen was maximaal 4728. Het aantal werkelijk beschikbare uurwaarnemingen was 3177 (67%). Uit Figuur 6 blijkt dat de missende uurgegevens redelijk verspreid waren over de hele meetperiode. Het uitvallen van data was deels te wijten aan storingen van de apparatuur, en deels aan problemen met de software. De uitval van data was niet systematisch, vond dus niet plaats op vaste momenten op een dag.



**Figuur 6** Het percentage bruikbare uurgemiddelde metingen per week over de meetperiode.

## 2.6 Berekeningswijze

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

$$Q_{\text{NH}_3}^{\text{NTP}}(i, j) = \frac{Q_{\text{SF}_6}^{\text{NTP}}(i, j)}{C_{\text{SF}_6}^{\text{V}}(i, j)} * C_{\text{NH}_3}^{\text{V}}(i, j) = K_{\text{M}} * C_{\text{NH}_3}^{\text{V}}(i, j)$$

met:

- $Q_{\text{NH}_3}(i, j)$  :  $\text{NH}_3$ -bronsterkte op uur  $i$  van dag  $j$  [ml/min]
- $K_{\text{M}}$  : mengfactor [ $\text{m}^3/\text{min}$ ]
- $Q_{\text{SF}_6}(i, j)$  : uurgemiddeld  $\text{SF}_6$ -injectieniveau tijdens uur  $i$  van dag  $j$  [ml/min]
- $C_{\text{NH}_3}(i, j)$  : uurgemiddelde  $\text{NH}_3$ -concentratie tijdens uur  $i$  van dag  $j$  [ $\text{ml}/\text{m}^3$ ]
- $C_{\text{SF}_6}(i, j)$  : uurgemiddelde  $\text{SF}_6$ -concentratie tijdens uur  $i$  van dag  $j$  [ $\text{ml}/\text{m}^3$ ]
- $v$  : 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 : Normaal temperatuur (273,15 K) en druk (1013,25 hPa)

Het  $\text{SF}_6$ -injectieniveau (ml/min) wordt vermenigvuldigd met de verhouding tussen  $\text{NH}_3$ - en  $\text{SF}_6$ -verschilmetingen in ppm ( $\text{ml}/\text{m}^3$ ) tussen binnen- en buitenlucht. Voor het meten van de gasconcentraties in de stal werd de verzamelleiding gebruikt. De berekende ammoniakemissie werd verondersteld gelijk te zijn aan de  $\text{NH}_3$ -bronsterkte van de stal. Voor het berekenen van de ammoniakemissie van de stal werden uit de ruwe meetgegevens eerst uurgemiddelde ammoniakemissiewaarden berekend. De uurgemiddelde  $\text{NH}_3$ -bronsterkte getallen in ml/min werden als volgt omgerekend naar

ammoniakemissiewaarden in g/uur:

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

met:

- $E(i, j)$  : ammoniakemissie op uur i van dag j [g/uur];  
 $Q_{\text{NH}_3}(i, j)$  :  $\text{NH}_3$ -bronsterkte op uur i van dag j [ml/min];  
 $\rho$  : soortelijk gewicht van ammoniak [g/l];  
 60 : aantal minuten in een uur;  
 1000 : omrekeningsfactor van mg naar g;  
 $i = 1 \dots 24$  : uur op een dag;  
 $j = 1 \dots N$  : nummer van een meetdag in de meetperiode;  
 NTP : Normaal temperatuur (273,15 K) en druk (1013,25 hPa)

De tijdbasis van de ruwe meetgegevens was voor de ammoniakmetingen twee minuten en voor de  $\text{SF}_6$ -metingen vijf minuten. Een volledige meetcyclus duurde 40 minuten. In deze periode van 40 minuten werden de volgende aantallen metingen uitgevoerd:

- stallucht :  $\text{SF}_6$  4;  $\text{NH}_3$  20;
- achtergrond-1 :  $\text{SF}_6$  1;  $\text{NH}_3$  5;
- achtergrond-2 :  $\text{SF}_6$  1;  $\text{NH}_3$  5;
- achtergrond-3 :  $\text{SF}_6$  1;  $\text{NH}_3$  5;
- achtergrond-4 :  $\text{SF}_6$  1;  $\text{NH}_3$  5;
- overige metingen 20;

Om het verloop van de emissie weer te geven werden de daggemiddelde waarden van de ammoniakconcentratie, -emissie en de mengfactor in een figuur uitgezet in de tijd. Deze figuur laat tevens zien of een hogere ammoniakconcentratie overeenkomt met een lagere waarde voor de mengfactor oftewel een lager ventilatiedebiet.

Het verloop van de ammoniakemissie over een dag werd zichtbaar gemaakt door van iedere meetdag de ratio's tussen de uurgemiddelde ammoniakemissies en de daggemiddelde ammoniakemissies van die dag. Deze ratio's ( $R_E(i)$ ) werden als volgt berekend:

$$R_E(i) = \frac{\sum_{j=1}^N \frac{E(i, j)}{E(j)}}{N}$$

met:

- $R_E(i)$  : gemiddelde ratio op uur i over alle meetdagen;  
 $E(i, j)$  : ammoniakemissie op uur i van dag j [g/uur];  
 $E(j)$  : gemiddelde ammoniakemissie op dag j [g/uur];  
 $i = 1 \dots 24$  : uur op een dag;  
 $j = 1 \dots N$  : nummer van een meetdag in de meetperiode;  
 $N$  : aantal meetdagen.

De ratio's ( $R_E(i)$ ) werden grafisch uitgezet tegen de uren van een dag. Door te delen door het dagniveau  $E(j)$  werd gecorrigeerd voor een eventuele stijgende of dalende trend tijdens de meetperiode. Deze ratio's werden ook gebruikt om de invloed van het open of dicht zijn van de roldeuren op de ammoniakemissie in een tabel weer te geven.

De ammoniakemissie van de stal werd berekend door als volgt de gemiddelde dagemissie te berekenen.

$$E^{\text{dag}} = \frac{\sum_{i=1}^{24} \frac{\sum_{j=1}^N E(i, j)}{N}}{24}$$

met:

- $E^{\text{dag}}$  : daggemiddelde ammoniakemissie over de meetperiode (g/uur)  
 $E(i, j)$  : ammoniakemissie op uur  $i$  van dag  $j$  [g/uur];  
 $i = 1 \dots 24$  : uur op een dag;  
 $j = 1 \dots N$  : nummer van een meetdag in de meetperiode;  
 $N$  : aantal meetdagen;  
 $24$  : aantal uren van een dag.

Vermenigvuldigd met 24 uur en 365 dagen geeft dit de ammoniakemissie van de stal over een jaar. Dit getal werd gedeeld door het aantal dierplaatsen. De bovenstaande berekeningswijze zorgt ervoor dat alle uurgemiddelde ammoniakemissies even zwaar meetellen in het berekenen van de stalemissie. Uren met bijvoorbeeld 130 bruikbare metingen tellen even zwaar mee als uren waarvoor 150 bruikbare metingen beschikbaar waren.

Waar in dit rapport sprake is van spreiding rond waarden werd deze berekend op basis van de standaardfout van het gemiddelde volgens:

$$s = \pm 2 * \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}}$$

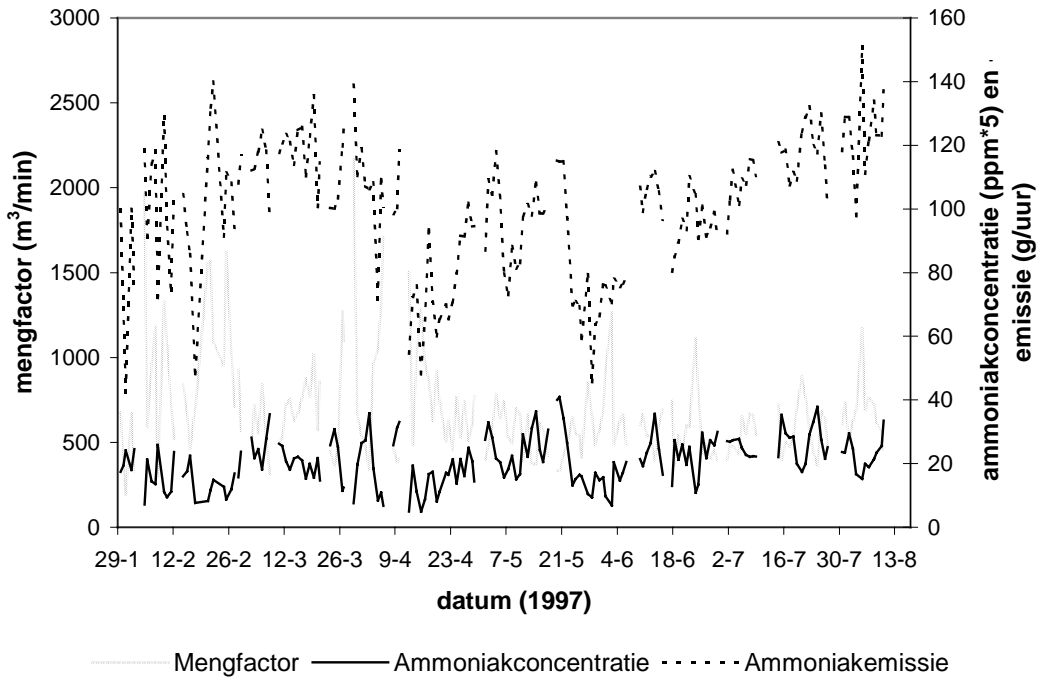
met:

- $s$  : spreiding;  
 $N$  : aantal waarnemingen;  
 $\sigma$  : standaarddeviatie.

Deze spreiding komt overeen met een betrouwbaarheidsinterval van 95%.

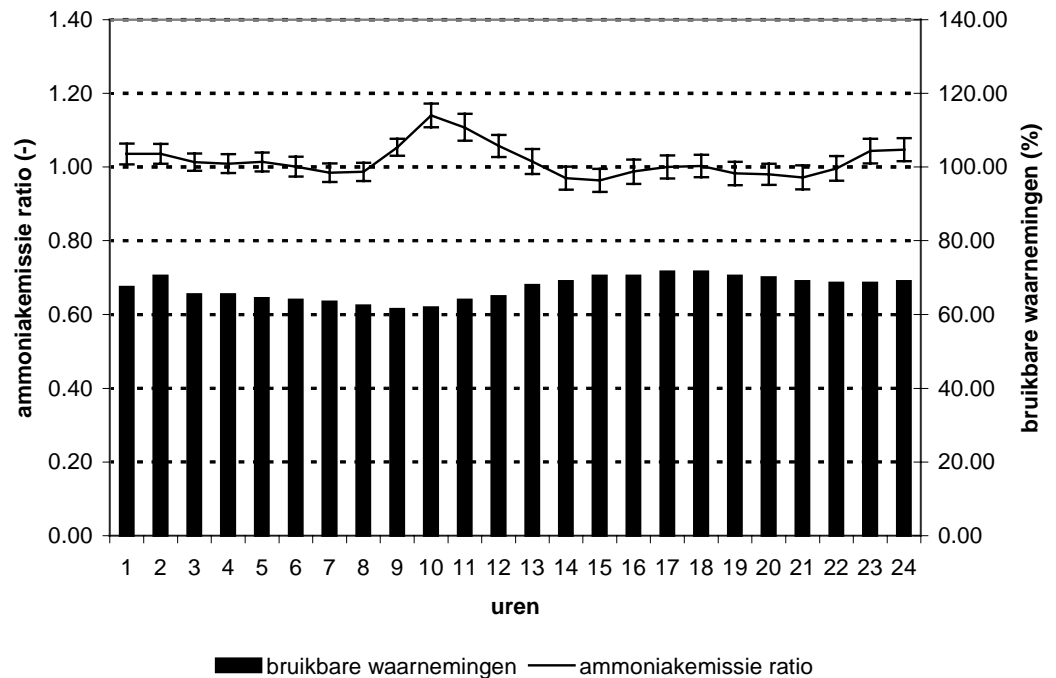
### 3 Resultaten en discussie

Figuur 7 toont het verloop van de weekgemiddelde ammoniakconcentratie, en de mengfactor ( $K_M$ ). Zichtbaar is dat pieken in de mengfactor (hoge ventilatievouden) overeen komen met dalen in de concentratie. Op 9 april werd één koppel in de stal vervangen en werden de mestkelders leeggemaakt. De emissiedaling na 9 april is hiervan een logisch gevolg. Het dal in de ammoniakemissie na 23 mei kon niet worden verklaard. Naarmate het gewicht van de dieren toenam steeg de ammoniakemissie.



**Figuur 7** Het verloop van de daggemiddelde mengfactor ( $m^3/min$ ), ammoniakconcentratie ( $ppm \cdot 5$ ) en ammoniakemissie ( $g/uur$ ) over de hele meetperiode.

In Figuur 8 is de gemiddelde ammoniakemissie ratio ( $R_E(i)$ ) uitgezet tegen de 24 uren van een dag.



**Figuur 8** Ammoniakemissie ratio ( $R_E(i)$ ) tijdens de meetperiode plus het 95 % betrouwbaarheidsinterval en de bruikbare waarnemingen (%).

In Figuur 8 is een duidelijke verhoging in de ammoniakemissie tijdens de voerperiode van 9 tot 12 uur 's ochtends te zien. In deze periode ging de zuidelijke deur open en werd het voer naar binnen gereden. Over de rest van de dag had de ammoniakemissie ratio een waarde van  $\pm 1,0$ . Deze waarde komt overeen met de gemeten stalemissie.

Het effect van open deuren op de ammoniakemissie wordt geïllustreerd met Tabel 3. In deze tabel zijn de gemiddelde ammoniakemissie ratio's ( $R_E$ ) gebruikt om de invloed van de stand van beide roldeuren te kwantificeren.

**Tabel 3** Gemiddelde ammoniakemissie ratio's ( $R_E$ ) en het aantal waarnemingen bij de verschillende deurstanden

	Roldeur zuidzijde					
	dicht		open		open of dicht	
Roldeur noordzijde	$R_E$	aantal	$R_E$	aantal	$R_E$	aantal
dicht	1,005 <sup>a</sup>	1800	1,031 <sup>a</sup>	859	1,013	2659
open	0,953	23	1,033	495	1,030	518
open of dicht	1,004 <sup>b</sup>	1823	1,032 <sup>b</sup>	1354	1,016	3177

<sup>ab</sup> significant verschil tussen de beide waarden (t-toets;  $p=95$ )

Alleen tussen de gemarkeerde waarden in de tabel was het verschil significant. Een open deur in de zuidgevel kwam overeen met de momenten waarop voer de stal binnen werd gereden. Verder werd duidelijk dat het openen van beide roldeuren geen significant effect op de ammoniakemissie had.



De ammoniakemissie van de vleesstieren stal was 7,2 kg per dierplaats per jaar (bij 0% leegstand).

De huidige emissiefactor voor vleesstieren van 6 tot 24 maanden is 8,1 kg per dierplaats per jaar (Wijziging Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij, 1998).

Smits *et al.* (1996) vonden in een mechanische geventileerde onderzoeksstal met betonroosters een ammoniakemissie van 8,2 kg per dierplaats per jaar omgerekend naar 0% leegstand. De dieren in de stal waren Piëmontese kruislingen met een gewicht van ca. 480 kg aan het begin van het onderzoek. Deze metingen vonden plaats in een stal met betonrooster en een oppervlakte 2,1 m<sup>2</sup> per dier. Tijdens dit onderzoek werd ook gekeken naar het effect van een rubber toplaag op de betonroosters. De rubber toplaag had geen significant effect op de ammoniakemissie. Verder werd gekeken naar een combinatie van beton en rubber toplaag waarbij het oppervlak per dier toenam tot 4,2 m<sup>2</sup>. Deze oppervlakte vergroting resulteerde in een geringe toename van de ammoniakemissie t.o.v. de variant met betonroosters van 10%. De toename van het oppervlak had slechts een gering effect op de ammoniakemissie.

Groot Koerkamp *et al.* (1996) maten in natuurlijk geventileerde praktijkstallen na correctie tot een levend gewicht van 500 kg in Denemarken en Nederland ammoniakemissie niveaus van respectievelijk 7,9 en 7,4 kg per dier per jaar (bij 0% leegstand). De meetperioden waren kort (ca. 24 uur) en het ventilatiedebiet werd geschat middels een CO<sub>2</sub>-massabalansmethode.

De in de literatuur gevonden emissieniveaus voor ammoniak zijn vergelijkbaar met het in dit onderzoek gevonden niveau van 7,2 kg per dierplaats per jaar. De verschillen konden onder meer veroorzaakt worden door de meetstrategie en -periode, het staltype, de geometrie van de stal, de voersamenstelling en de klimatologische omstandigheden (temperatuur, windsnelheid).

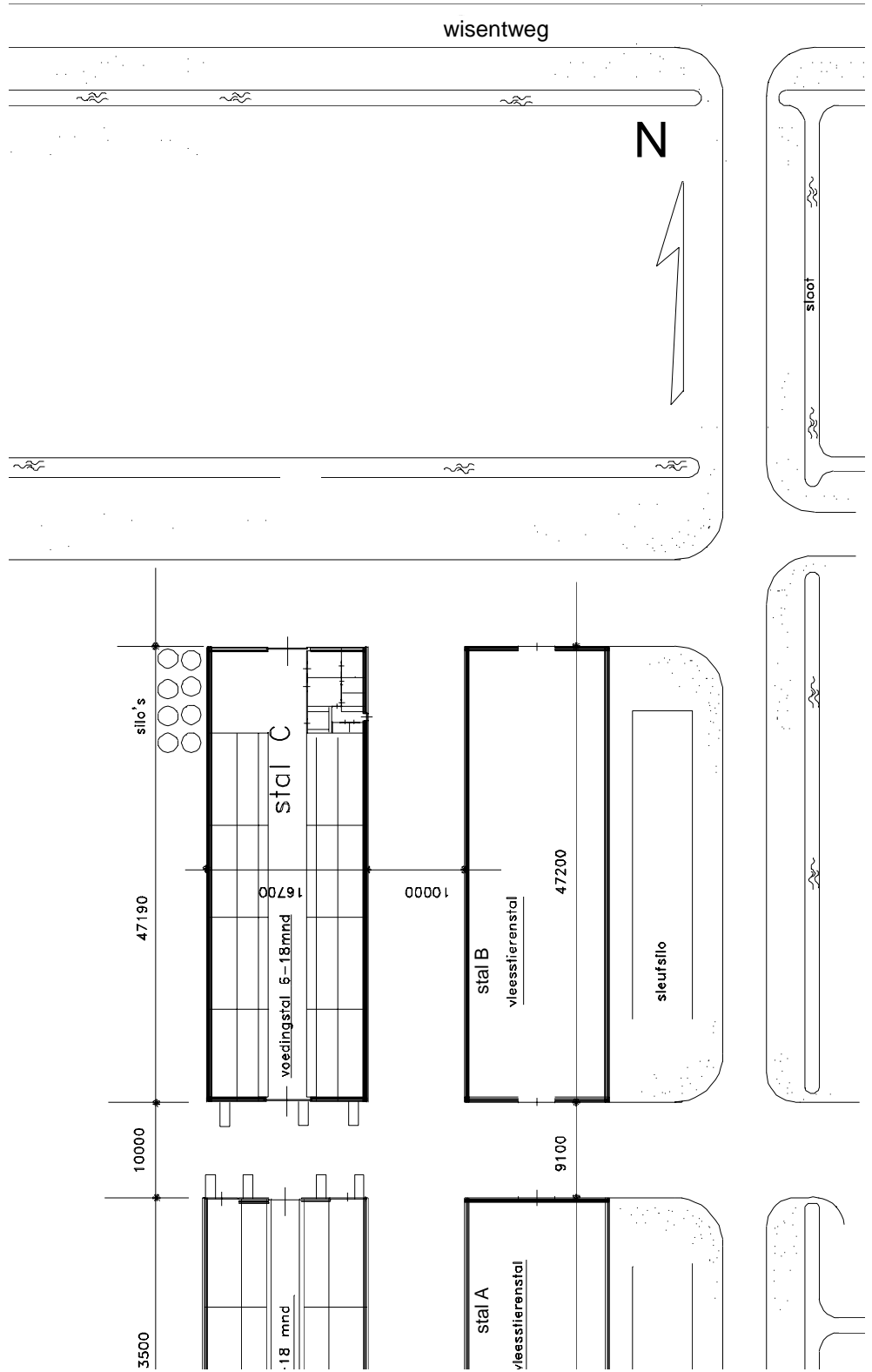
## 4 Conclusies

De ammoniakemissie van de natuurlijk geventileerde, volledig onderkelderde vleesstierenstal met betonroosters was (op basis van 365 dagen) 7,2 kg per dierplaats per jaar (0% leegstand) bij een oppervlakte per dier van 2,6 m<sup>2</sup>.

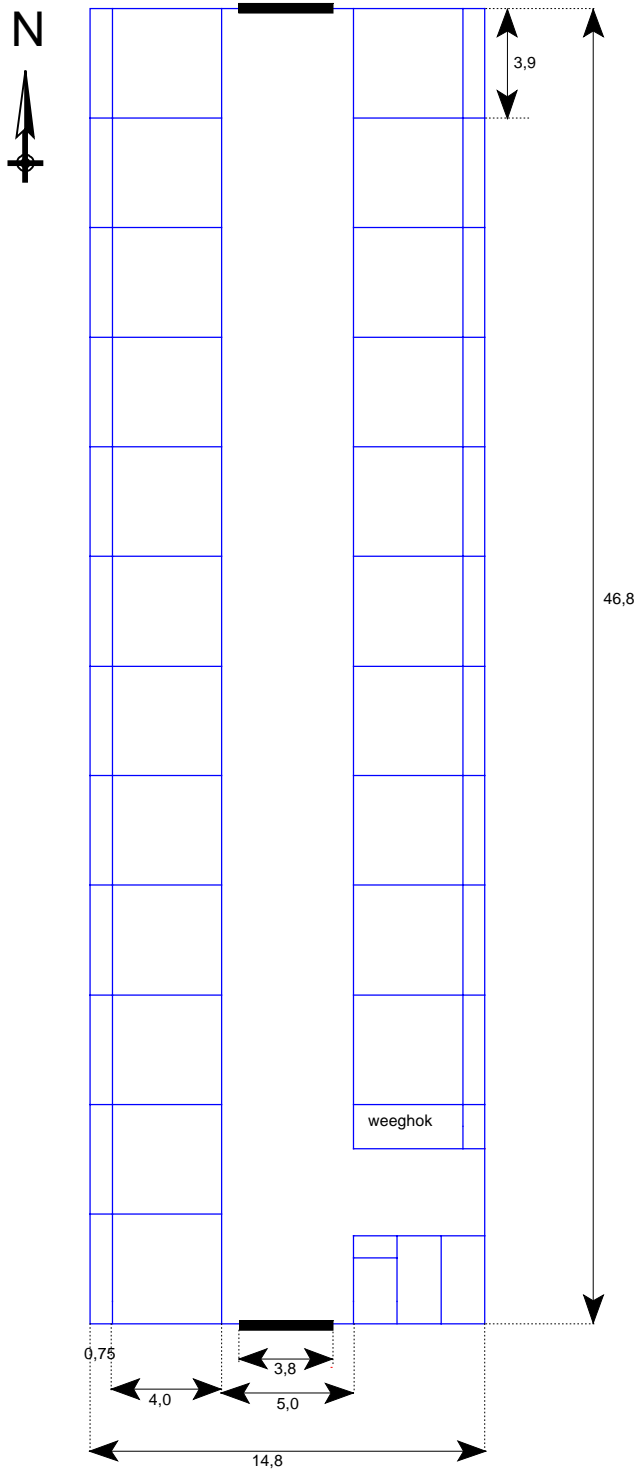
## Literatuur

- Groot Koerkamp, P.W.G., G.H. Uenk, J.H.M Metz, V.R. Phillips, C.M. Wathes, M.R. Holden, J. Hartung, J. Seedorf, H. Takai, S. Pedersen, J.O. Johnson, T. Hinz, and S. Linkert, 1996. Concentrations in and emissions of ammonia from livestock houses in North European Countries. Submitted to Journal of Agric. Engng. Res.
- Heij, G.J. and T. Schneider, 1995. Dutch priority programme on acidification. Final report third phase Additional programme on acidification no. 300-05, 160 pp.
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, Den Haag, 55 pp.
- Scholtens, R., 1993. NH<sub>3</sub>-converter + NO<sub>x</sub>-analyzer. In: Meetmethoden Ammoniak-emissie uit stallen, E.N.J. van Ouwkerk (Ed.). Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-22.
- 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.
- Smits, M.C.J, H. Gunnink en A.C. Smits, 1996. Ammoniakemissie uit een vleesstierenstal: invloed van vloertype, vloeroppervlakte en urease-activiteit. Wageningen, IMAG-DLO, rapport 96-13, 43 pp.
- Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 1998. Interimwet Ammoniak en Veehouderij. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant nr. 69, Den Haag, p. 8-11.

**Bijlage A**      **Locatie van de vleesstierstal (stal B)**



Bijlage B Plattegrond van de vleesstierstal (stal B)



## Bijlage C Voer- en diergegevens

**Tabel C1** Diergegevens aantal en groei tijdens de meetperiode

Koppel nr.	Aantal dieren	Datum		Gemiddeld diergewicht kg		Groei per dier
		begin	eind	begin	eind	g/dag
1	59	1-2-97	9-4-97	572	650	1147
2	63	1-2-97	15-8-97	394	613	1129
3	58	14-4-97	15-8-97	247	428	1508

**Tabel C2** Voersoort, -samenstelling en –opname per dag tijdens de meetperiode

Koppel	Voersoort	Verhouding		Voersamenstelling		Opname per dag per dier				
		ds %	prod kg	ds %	VEVI (ds)	re (ds)	ds (kg)	VEVI (kg)	re (g)	
1	mais	65	197	33	928	79	22,0	9,3	9300	1105
	brok	35	40	88	1136	193				
2	mais	65	197	33	928	79	21,6	9,1	9131	1085
	brok	35	40	88	1136	193				
3-1*	mais	70	212	33	928	79	17,7	7,2	7120	958
	brok	30	34	88	1136	260				
3-2*	mais	30	91	33	928	79	20,9	7,1	7867	1080
	gluten	33	75	44	1200	216				
	snippers	27	117	23	1246	69				
	soja	8	9	88	1226	483				
	mineralen	2	2	90	0	0				

\* de helft van koppel 3 kreeg rantsoen 1 de andere helft kreeg rantsoen 2