

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XI

Zeugenstal met gereduceerd
roosteroppervlak

C.M. Groenestein
J.M.G. Hol

dlo



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XI

Zeugenstal met gereduceerd roosteroppervlak

C.M. Groenestein
J.M.G. Hol

Rapport 94-1001

© 1994

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59, 6700 AB Wageningen

**Alle informatie beschikbaar bij
IMAG-DLO
Postbus 43, 6700 AA Wageningen
Telefoon: 08370-76300
Telefax: 08370-25670**

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd, 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	2
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methode	4
3 Resultaten	7
4 Diskussie	9
5 Conclusie	11
Literatuur	12
Bijlagen	

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x een van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De Nederlandse overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak in het jaar 2000 ten opzichte van 1980 met 50-70% afgenomen moet zijn.

In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniakemissie van een zeugenstal voor dragende zeugen. In deze stal was 62% van de traditionele roostervloer vervangen door een dichte vloer. Hierdoor werd het kontaktoppervlak tussen stallucht en mestoppervlak in de kelder verminderd. In de voerligboxen lag een dichte hellende vloer (helling 7%) van 1,2 bij 0,6 m, daarachter lag een betonrooster van 0,6 bij 0,6 m. Tussen twee rijen boxen lag een bolle dichte vloer (helling 6%).

Van 18 januari 1993 tot 7 maart 1993 werd de ammoniakemissie uit deze afdeling gemeten. In de afdeling waren continu 80 zeugen gehuisvest.

De zeugen werden tweemaal daags beperkt gevoerd. Het voeren synchroniseerde het mestgedrag van de varkens. Direct na het voeren was stijging van temperatuur en ventilatie zichtbaar. Tevens bleken op dat moment de ammoniakconcentratie en de relatieve luchtvochtigheid te stijgen. De invloed van beperkt voeren op deze factoren betekende dat een ammoniakemissie-patroon ontstond met pieken na tijdstip van voeren.

Gedurende de meetperiode bedroeg de ammoniakemissie uit de onderzochte afdeling 51,6 kg NH_3 . Per jaar betekent dat op basis van een leegstand van 0 en 5% een emissie van respectievelijk 4,7 en 4,4 kg NH_3 per zeug. De berekende emissiefactor die is opgenomen in de Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen-Labelstallen (1993) bedraagt 4,2 kg NH_3 per zeug per jaar. Uit dit onderzoek bleek niet dat het verminderen van het kontaktoppervlak tussen de mest in de mestkelder en de stallucht, een reducerend effect had op de emissie. Het lijkt van meer belang te zijn dat het kelder- en of vloeroppervlak waar verse mest terechtkomt wordt verkleind.

1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn SO_2 , NO_x (NO en NO_2) en NH_3 , samen met hun reactieproducten, in het kort SO_x , NO_x en NH_x genoemd. In 1989 was 81% van de verzuring door NH_x uit eigen land afkomstig en 94% daarvan kwam uit de landbouw. De bijdrage van NH_x aan de totale verzuring in Nederland bedroeg in 1989 46% (Heij en Schneider, 1991). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak in 2000 t.o.v. 1980 met 50-70% afgenomen moet zijn (Nationaal Milieubeleidsplan, 1989). Om dit te kunnen realiseren wordt momenteel veel onderzoek verricht naar emissie-arme huisvestingsystemen voor landbouwhuisdieren.

Behalve via onderzoek komen er 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-arme huisvestingsystemen onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. De aanvragen hiervoor komen binnen bij de Begeleidingscommissie Ammoniak-emissiemetingen, die hieruit de aanvragen selekteert die wat betreft de ammoniak-emissievermindering perspectief bieden. Deze begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid en het landbouwbedrijfsleven. Het onderzoek wordt vervolgens uitgevoerd door de DLO-stalmeetploeg.

In bovenstaand kader werd de ammoniakemissie gemeten van een zeugenstal voor dragende zeugen. Het mogelijke ammoniakemissie-reducerend principe van de stal berustte op het verkleinen van het contactoppervlak tussen stallucht en mest in de mestkelder. De roostervloer was nl. voor 62% vervangen door een dichte vloer. De gemeten ammoniakemissie werd vergeleken met de emissiefactor voor guste en dragende zeugen zoals die in de Beoordelingsrichtlijn in het kader van de Groen-Label-stallen is gegeven.

2 Materiaal en methode

Van 18 januari 1993 tot 7 maart 1993 werd de ammoniakemissie gemeten in een zeugenstal voor dragende zeugen. De afdeling die werd gemeten bood plaats aan 80 dieren.

In de stal was ten opzichte van een traditioneel systeem met volledige roostervloer, 62% van de roostervloer vervangen door een dichte vloer. De mestkelder werd hierdoor voor een groot deel afgesloten, zodat het kontaktoppervlak tussen stallucht en mestoppervlak in de kelder werd verminderd.

De zeugen waren gehuisvest in voerligboxen van elk 1,8 m bij 0,6 m. In Bijlage A is een dwarsdoorsnede en de plattegrond van de stal gegeven. Elke zeug lag op een dichte vloer van 1,2 m lang, met een helling van 7%. Daarachter lag een betonrooster van 0,6 bij 0,6 m waarvan de balkbreedte 10 cm en de spleetbreedte 2 cm was. Achter het rooster lag een bolle dichte vloer (helling 6%). De afdeling bestond uit 4 rijen van ieder 20 boxen en was in zijn geheel onderkelderd. De mestkelder was onderverdeeld in segmenten waarbij de segmenten op de bodem van de kelder met elkaar in verbinding stonden door 6 openingen van 1,5 m bij 0,2 m per tussenmuur (Bijlage A).

Op dit subfokbedrijf, dat meewerkte aan het Coova-programma (onderdeel van Cofok b.v.; Handboek voor de varkenshouderij, 1993), werd het Fins Landvarken als moederdier gebruikt. In Tabel 1 staan enkele technische gegevens van het bedrijf. De produktiecijfers van het bedrijf en het landelijk gemiddelde werden negatief beïnvloed door de gevolgen van abortus blauw. De zeugen kwamen 10 dagen na het dekken in de afdeling en bleven gemiddeld 90 dagen. Maximaal 1 keer per week werden zeugen overgebracht naar de kraamafdeling. Op de lege plaatsen kwamen zeugen uit de dekstal, zodat de bezetting kontinu 80 varkens was.

Tabel 1. De worpindex en het aantal grootgebrachte biggen per zeug per jaar op het bedrijf en het landelijk gemiddelde (Kwantitatieve Informatie Veehouderij, 1993-1994).

	Dit onderzoek	Landelijk gemiddelde
Worpindex	2,30	2,22
Aantal grootgebrachte biggen	20,0	20,5

Het klimaat in de stal werd geregeld met twee ventilatoren van 45 cm doorsnede (totale maximale capaciteit 12.000 m³/uur). De temperatuur was ingesteld op 18°C. Tijdens de metingen werd vanwege het dalen van de buitentemperatuur de minimale ventilatie verlaagd van 26% naar 20% op dag 9, en naar 17% op dag 15.

De zeugen werden 2 maal per dag om 8:00 en 17:00 uur automatisch, individueel met brij gevoerd. De brij bestond de eerste 19 dagen uit drachtkruim en water met een mengverhouding 1:3,8. Daarna werd de brij gemaakt van drachtkruim en CCM (Corn Cob Mix) en water met een mengverhouding van 1:3,9. In Tabel 2 staan de gemiddelde samenstellingen en hoeveelheden per dag. Door de individuele voeding kon iedere zeug naar konditie worden gevoerd. Gemiddeld werd 12,2 kg brij per zeug per dag gevoerd.

Tabel 2. De energiewaarde (EW), het percentage ruw eiwit (re) en de hoeveelheden voedermiddel en water per dag per dier (kg).

	EW	re	Hoeveelheid	
			dag 1-20	dag 20-49
Drachtkrullm	0,97	14,4	2,83	2,45
Corn Cob Mix	1,3		-	0,59
Water			9,37	9,16

De volgende variabelen werden continu gemeten:

- NH₃-concentratie in de afdeling en in de centrale gang (mg/m³);
- ventilatiedebiet (m³/uur);
- relatieve luchtvochtigheid (RH) in de afdeling, de centrale gang en buiten (%);
- temperatuur (T) in de afdeling, de centrale gang en buiten (°C).

De NH₃-concentratie werd gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Thermo Environmental Instrument's Chemiluminescence NO-NO₂-NO_x Analyzer Model 42i). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentie-reactie tussen O₃ en NO:



Deze methode is uitgebreid beschreven door Scholtens (1993). Hier wordt volstaan met een korte beschrijving van het systeem en de meetopstelling.

De maximaal meetbare concentratie was 50 ppm. Om NO te kunnen meten moet NH₃ eerst worden omgezet met een convertor. In de convertor passeert de luchtstroom een filter waarna het verhit wordt tot 775 °C. Bij deze temperatuur wordt NH₃ aan een roestvrij stalen katalysator geoxideerd tot NO. De convertor is zo dicht mogelijk bij het monsternamepunt gemonteerd om de transportafstand van NH₃ tot een minimum te beperken. NH₃ adsorbeert makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen kunnen worden verstoord. De stallucht werd continu aangezogen via teflon slangen. Om condens in de slangen te voorkomen werden alle slangen met een verwarmingslint en isolatie omwikkeld. De monsternamepunten bevonden zich in de ventilatiekokers tussen de meet- en stalventilator. De achtergrond concentratie werd de eerste 18 dagen buiten en daarna in de centrale gang gemeten.

Het ventilatiedebiet werd bepaald met behulp van meetventilatoren in de ventilatiekokers. Per omwenteling werden vier pulsen afgegeven. De pulsen werden geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen en het debiet is bepaald m.b.v. een, volgens de voormalige NEN-norm 1048-11 gebouwde, windtunnel. De relatie tussen het ventilatiedebiet (m³/uur) en het geregistreerde aantal pulsen was:

$$V = 12,1 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) - 212,96$$

Uit Bijlage B blijkt dat bij één van de ventilatoren (mv1 uit Bijlage A) de eerste 10 dagen van de meetperiode het ventilatiedebiet en de concentratie een grotere amplitude vertoonde dan daarna. De wind was toen vrij krachtig tot hard. Het is mogelijk dat deze ventilator beïnvloedde. De andere ventilator (mv2) lag meer in de luwte. Naar aanleiding van de verschillende NH₃-concentraties in de ventilatiekokers werd met een rookproef nagegaan hoe de luchtbeweging in de stal was. Hieruit bleek dat de menging van de lucht in de stal niet optimaal was. De lucht die door iedere koker werd afgevoerd had een verschillend bewegingspatroon doorlopen. Dit kan de verschillen in concentratie verklaren (Bijlage C).

De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Pt 100, 1/3 DIN; C80 Hygromer (Rotronic)) met een

nauwkeurigheid van respectievelijk 0,5°C en 1,5%. In Bijlage D zijn de daggemiddelden van de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid op de genoemde lokaties gegeven. De gemiddelde waarden over de hele periode voor temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en ventilatie staan in Tabel 3. Uit deze tabel blijkt dat de gemiddelde staltemperatuur 19°C was. De temperatuurschommelingen in de stal waren gering ($\sigma_{n-1}=0,8$).

Tabel 3. Gemiddelde temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) in de stal, centrale gang en buiten, en ventilatiedebiet per zeug (m³/uur) gedurende de meetperiode.

	Gemiddeld
Staltemperatuur	19,0
Temperatuur centrale gang	7,0
Buitentemperatuur	2,9
Relatieve luchtvochtigheid stal	52
Relatieve luchtvochtigheid centrale gang	71
Relatieve luchtvochtigheid buiten	88
Ventilatiedebiet	44

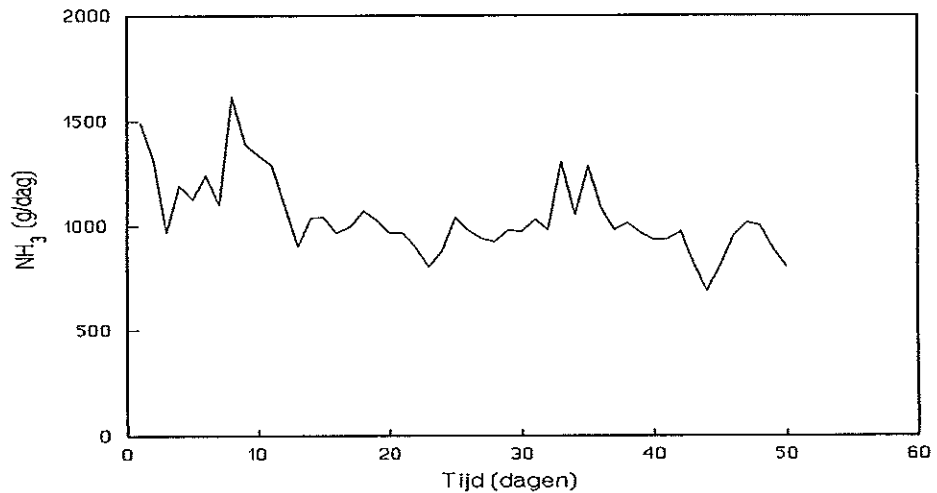
De meetapparatuur werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Alle verzamelde gegevens werden hierin opgeslagen. Eén keer per 4,5 minuten werden alle variabelen gemeten. Na een uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven. Elke week werd de apparatuur gecontroleerd, de monitor geijkt en zonodig de filters voor de convertors vervangen. Tevens werd de algemene situatie in de stal genoteerd. De convertors werden voor en na de proefperiode geijkt.

De monitor werd geijkt met 42,8 ppm NO gas (0,7% onzuiver). De absolute afwijking tijdens de ijking was gemiddeld 2%. Uit de ijking van de convertors bleek dat voor de metingen gemiddeld 92% van de aangeboden NH₃ als NO_x werd gemeten; na de meting was dit 85%. Het lage rendement na de meetperiode werd sterk beïnvloed door één convertor uit de stal; zonder deze convertor was het gemiddelde rendement 93%. De waarden die bij deze convertor zijn gemeten, zijn gekorrigeerd.

De emissie is het produkt van de NH₃-concentratie en het ventilatiedebiet. De totale emissie werd berekend door cumulatie van de uur-gemiddelden. Bij het ontbreken van de meetgegevens door storingen werd ten behoeve van de cumulatie geïnterpoleerd.

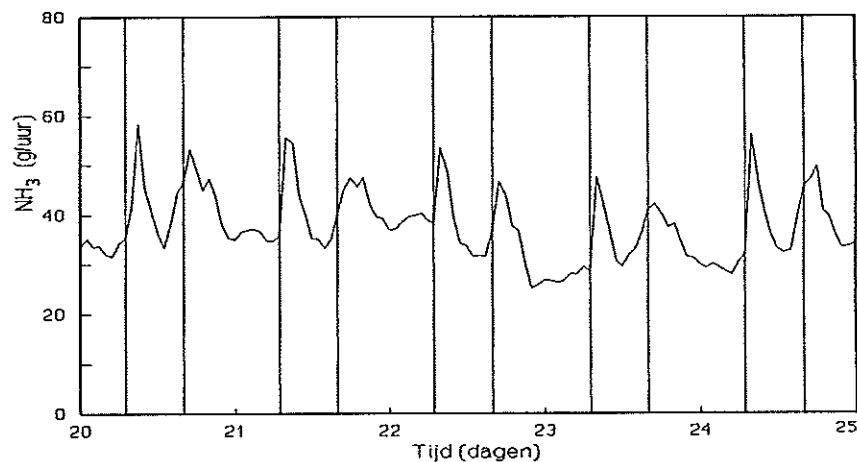
3 Resultaten

In Bijlagen B en C zijn respectievelijk de gemeten ventilatiedebieten en NH_3 -concentraties gegeven. Figuur 1 geeft het verloop van de dagelijkse emissie in de stal. De emissie was vrij constant. In het begin was de gemiddelde emissie wat hoger. Dit viel samen met de in hoofdstuk 2 genoemde invloed van de wind op de ventilatie en de concentratie.



Figuur 1. NH_3 -emissie uit de stal gemiddeld per dag gedurende de meetperiode.

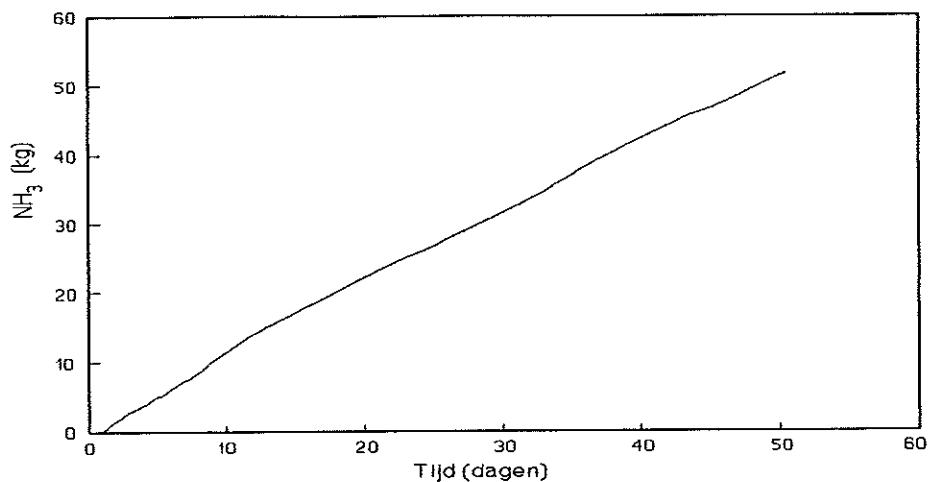
Uit Figuur 2 blijkt dat het verloop van de emissie een dagelijks ritme vertoonde: iedere ochtend en iedere avond was een duidelijke emissiepiek zichtbaar. In de figuur is tevens zichtbaar dat deze stijging correspondeerde met het voeren (vertikale lijnen).



Figuur 2. NH_3 -emissie uit de stal per uur gedurende enkele dagen. De verticale lijnen geven de voertijden aan.

In Figuur 3 is de emissie cumulatief gegeven. In totaal emitterde in deze meetperiode uit de stal 51,6 kg NH_3 .

In de Beoordelingsrichtlijn Groen Label (1993) is voor guste en dragende zeugen een emissiefactor gegeven van 4,2 kg NH_3 per zeug per jaar. Hierbij is een leegstand van 5% ingekalkuleerd. Tijdens het onderhavige onderzoek was geen sprake van leegstand.



Figuur 3. Cumulatieve NH₃-emissie uit de stal gedurende de meetperiode.

Tabel 4 geeft samenvattend de resultaten van de ammoniakemissiemetingen. Voor de berekening op jaarbasis is uitgegaan van een situatie met zowel 0 als 5% leegstand.

Tabel 4. Ammoniakemissie per periode, per zeug per dag en per zeug per jaar.

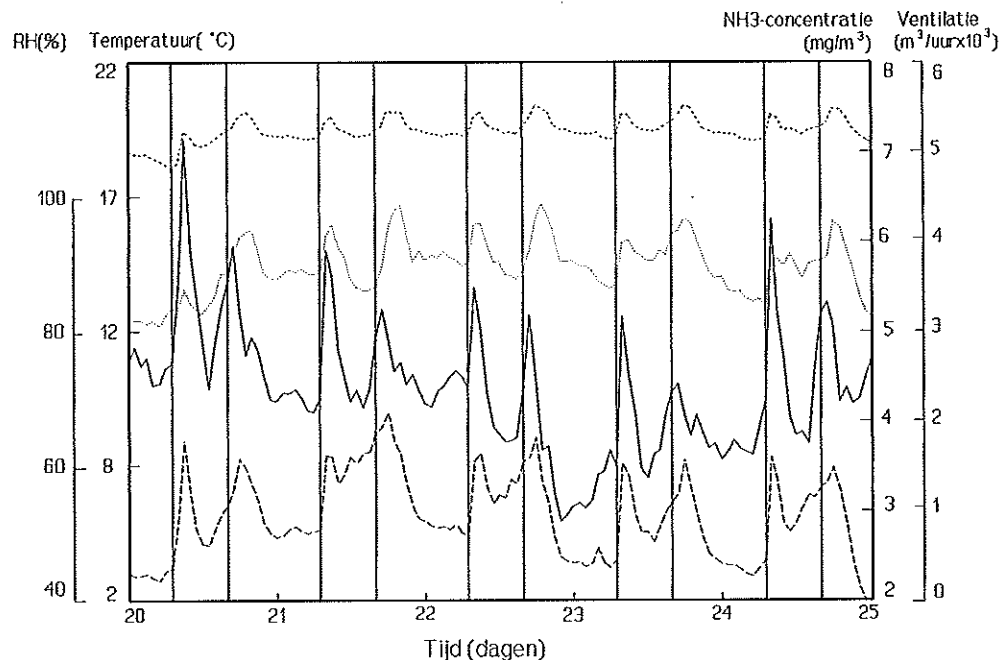
Lengte meetperiode (dagen)	49
Totale NH ₃ -emissie (kg)	51,6
NH ₃ -emissie per zeug (g/dag)	13,2
NH ₃ -emissie per zeug (kg/jaar) met 0% leegstand	4,7
NH ₃ -emissie per zeug (kg/jaar) met 5% leegstand	4,4

Bij een vergelijking van de gemeten emissie met de emissiefactor (respektievelijk 4,4 vs. 4,2 kg) blijkt niet dat het verkleinen van het contactoppervlak tussen de mest in de mestkelder en de stallucht bij zeugen in voerligboxen invloed had op de ammoniakemissie.

4 Diskussie

Een verklaring voor het ammoniakemissie-patroon met twee pieken op een dag kan gezocht worden in een toenemende activiteit van de dieren rond de voertijd. Het "in de benen komen" ging gepaard met kollektief mestgedrag. Een relatie tussen mestgedrag (urineer- en defaeceer-gedrag) en emissie is bij vleesvarkens aangetoond door Aarnink et al., (1993a).

Synchronisatie van gedrag in het algemeen kan ontstaan door ritmische verschijnselen in de omgeving van het dier. Hierbij moet gedacht worden aan natuurlijke verschijnselen als dag en nacht, het verloop van de buitentemperatuur, luchtdruk enz., en aan bedrijfsmatige factoren zoals bijvoorbeeld het voeren (onderhavig onderzoek), uitvoeren van controles en verlichting (leggedrag van kippen). Het verschijnsel dat voertijd biologische ritmen beïnvloedt is al eerder beschreven door Sulzman et al. (1977).



Figuur 4. Voertijden (vertikale lijnen), relatieve luchtvochtigheid (---), NH_3 -concentratie (—), ventilatiedebiet (...) en staltemperatuur (.-.) gedurende enkele dagen.

De gesynchroniseerde mestproductie (ammoniak-bron) is terug te vinden in het emissiepatroon als pieken. In Figuur 4 zijn voor dezelfde dagen de staltemperatuur, de concentratie, de ventilatie en de relatieve luchtvochtigheid weergegeven. Al deze factoren vertoonden op hetzelfde tijdstip na voeren een verhoging. Dit is opvallend: ondanks een hogere verdunningsgraad door verhoogde ventilatie vanwege verhoogde staltemperatuur, stegen de NH_3 -concentratie en de relatieve luchtvochtigheid. De verhoogde staltemperatuur zal enerzijds het gevolg zijn geweest van een verhoogde lichaamstemperatuur door aan voeropname gerelateerde activiteit (fysiek en fysiologisch). Dit verhoogt de warmteproductie van het dier (Aschoff, 1970; Hahn et al., 1993), wat betekent dat het dier meer warmte aan de omgeving afgeeft. Anderzijds zal de geproduceerde mest met een temperatuur van 39°C (lichaamstemperatuur) warmte afgeven en dus stallucht opwarmen. De ventilatie reageerde op 1°C temperatuurverandering en zal dus door de extra warmteafgifte zijn toegenomen. Wanneer dit betekent dat hierdoor de luchtsnelheid over het emitterend oppervlak toenam, zal ammoniakemissie zijn toegenomen

(Elzing et al., 1992). De relatieve luchtvochtigheid steeg ca. 15%. In absolute hoeveelheden water in stallucht van 19°C betekende dat 2,1 g/m³. Bij een stalvolume van 2000 m³ betekent dat er op dat moment 4,2 l water meer in de lucht zat. Dit kan afkomstig geweest zijn van verdamping van water uit de mest met een temperatuur van 39°C.

Bovenstaande geeft aan dat het beperkt voeren effect had op meerdere factoren die van invloed zijn op het verloop van de ammoniakemissie. Deze effecten vonden plaats op het zelfde moment en versterkten elkaar waardoor een ammoniakemissiepatroon ontstond met pieken na het tijdstip van voeren (Figuur 2). 's Middags begon de stijging van de emissie meestal eerder en duurde de piek langer. Hier speelde nog een extra faktor een rol, nl. het verloop van de buitentemperatuur. Bij hogere buitentemperaturen wordt meer geventileerd (en geëmitteerd) om dezelfde hoeveelheid warmte af te voeren. Dit effect is beschreven door Groenestein & Reitsma (1992).

De idee van het verkleinen van het kontaktoppervlak tussen de mest in de mestkelder en de stallucht was, dat hierdoor het emitterend oppervlak verkleind zou worden. Het verkleinen van het emitterend oppervlak had bij melkvee een emissie-reducerend effect. Groenestein en Montsma (1991) toonden aan dat uit een grupstal 75% minder emitterde dan uit een ligboxenstal. Het verschil tussen een ligboxenstal en een grupstal is tweërlei nl. een kleiner oppervlak van de mestopslag onder de roosters en een kleiner oppervlak waar verse mest terechtkomt door beperking van de bewegingsvrijheid van de dieren. Bij de huidige zeugenstal is het kontaktoppervlak tussen mestkelder en stallucht eveneens verkleind, maar bleef het oppervlak waar verse mest terecht kwam ten opzichte van een traditionele stal gelijk. Dit zou kunnen inhouden dat het verkleinen van emitterend oppervlak betekent, verkleinen van de plaats waar verse mest terechtkomt. In onderzoek van Aarnink et al. (1993b) werd bij biggen het kontaktoppervlak tussen mest in de mestkelder en stallucht met 50% verkleind. Door de hokinrichting en het plaatsgebonden mestgedrag van varkens betekende dit echter niet een halvering van de plaats waar verse mest terecht kwam. De ammoniakemissie werd ook niet recht-evenredig met de verkleining van het roosteroppervlak gereduceerd, maar met slechts 20%.

Behalve dat bij rundvee in een ligboxenstal de verse mest over een groot oppervlak verspreid wordt, is de verspreiding ook continu in de tijd uit te drukken: rundvee heeft over het algemeen een diffuus mestgedrag (Hafez, 1969). Zoals eerder beschreven had het beperkt voeren op bepaalde tijdstippen bij de zeugen synchronisatie van mestgedrag tot gevolg. Samenvattend kan dus gesteld worden dat rundvee in een ligboxenstal overal en continu mest en in een grupstal continu op een beperkt oppervlak. In een zeugenstal waar beperkt wordt gevoerd geldt voor zowel een traditionele als voor de hier onderzochte stal dat mestgedrag gesynchroniseerd en gefaseerd is in de tijd en op een beperkt oppervlak plaatsvindt.

Het belang van de aanwezigheid van verse mest op de ammoniakemissie en de synchronisatie van mestgedrag in de zeugenhouderij, suggereren dat emissiebeperkende maatregelen het best gericht kunnen zijn op de momenten dat de mest geproduceerd wordt. Dit idee wordt aangemoedigd door het feit dat tijdens dit onderzoek op dat moment factoren als staltemperatuur en ventilatie het ammoniakemissiepatroon beïnvloedden waardoor pieken optraden.

5 Conclusie

De zeugenstal voor dragende zeugen met 62% minder roostervloer ten opzichte van een traditionele stal, emitteerde in de meetperiode 51,6 kg NH₃. Berekend met 0 en 5% leegstand was dit respectievelijk 4,7 en 4,4 kg NH₃ per zeug per jaar. Dit onderzoek gaf niet aan dat het verminderen van het kontaktoppervlak tussen de mest in de mestkelder en de stallucht, de ammoniakemissie verlaagde ten opzichte van de emissiefactor (4,2 kg/jaar per zeug) zoals die in de Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen-Label-stallen (1993) vermeld staat.

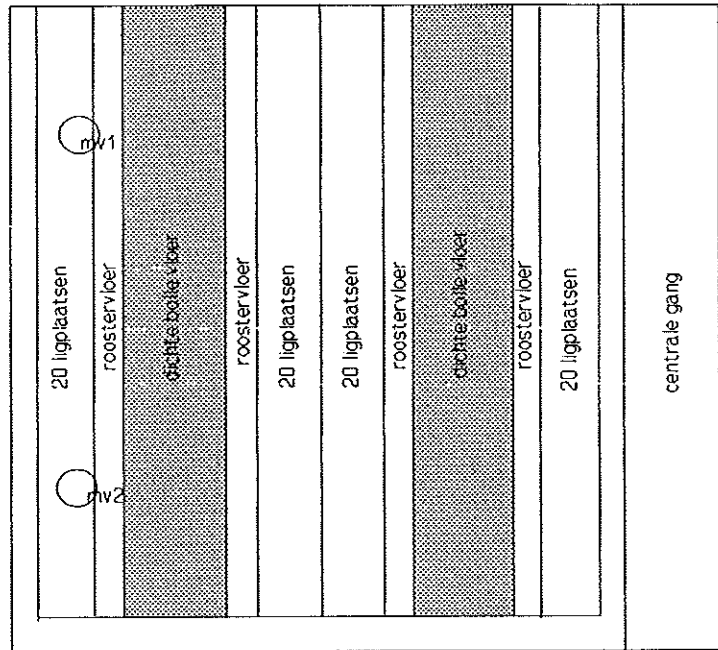
Beperkt voeren synchroniseert effecten die een invloed hebben op de ammoniakemissie. Hierdoor wordt het ammoniakemissie-patroon beïnvloedt die een piek laat zien na het tijdstip van voeren.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., A.C. Koetsier & A.J. van den Berg, 1993a. Dunging and lying behaviour of fattening pigs in relation to pen design and ammonia emission. In: E. Collins & C. Boon (Eds.): Livestock environment IV. Fourth International Symposium, University of Warwick, Coventry, England, 6-9 July 1993, ASAE, St. Joseph, Michigan, USA, p. 1176-1184.
- Aarnink, A.J.A., M.J.M. Wagemans & A. Keen, 1993b. Factors affecting ammonia emission from housing for weaned piglets. In: M.W.A. Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen & J.H.M. Metz (Eds.): Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. EAAP Publication No. 69, Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands, p. 286-294.
- Aschoff, J., 1970. Circadian rhythm of activity and of body temperature. In: J.D. Hardy, A.P. Gagge & J.A.J. Stolwijk (Eds.), Physiological and behavioral temperature regulation. C.C. Thomas, Springfield, p. 905-917.
- Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen, 1993. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Den Haag.
- Elzing, A., W. Kroodsmma, R. Scholtens & G.H. Uenk, 1992. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: Theoretische beschouwingen. IMAG-DLO Rapport 92-3, Wageningen, 25pp.
- Groenestein, C.M. & H. Montsma, 1991. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen: Grupstal voor melkvee. Wageningen DLO, Rapport 91-1002, 14pp.
- Groenestein, C.M. & B. Reitsma, 1992. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen V: vleesvarkensstal met dikstrooiselsysteem. Wageningen, DLO, Rapport 92-1003.
- Hafez, E.S.E., 1969. The behaviour of domestic animals. Baillière, Tindall & Cassell, London, 647 pp.
- Hahn, G.L., J.A. Nienaber & R.A. Eigenberg, 1993. Environmental influences on the dynamics of thermoregulation and feeding behavior in cattle and swine. In: E. Collins & C. Boon (Eds.) Livestock Environment IV, Fourth International Symposium, 6-9 July 1993, Coventry, England, ASAE, St. Joseph, Michigan, USA, p. 1106-1116.
- Handboek voor de varkenshouderij, 1993. Consulentenschap in Algemene Dienst voor Varkenshouderij, 6e druk, Rosmalen.
- Heij, G.J. & T. Schneider, 1991. Dutch priority programme on acidification. Final report second phase Dutch priority programme on acidification no. 200-09.
- Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1993-1994. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Publikatie nr 6, Ede.
- Nationaal Milieubeleidsplan, 1989. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nrs. 1-2, SDU uitgeverij 's-Gravenhage, p. 134.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyser. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen.
- Sulzman, F.M., C.A. Fuller & M.C. Moore-Ede, 1977. Feeding time synchronizes primate circadian rhythms. Physiology & Behavior 18:775-779.

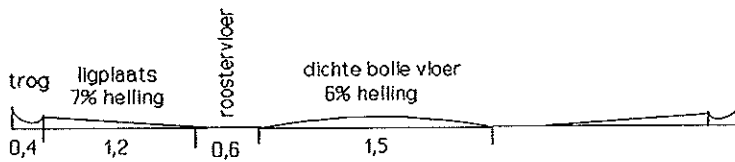
Bijlage A Schematische weergave van de stal

Bovenaanzicht stalinrichting



Dwarsdoorsnede

lengtematen in meters



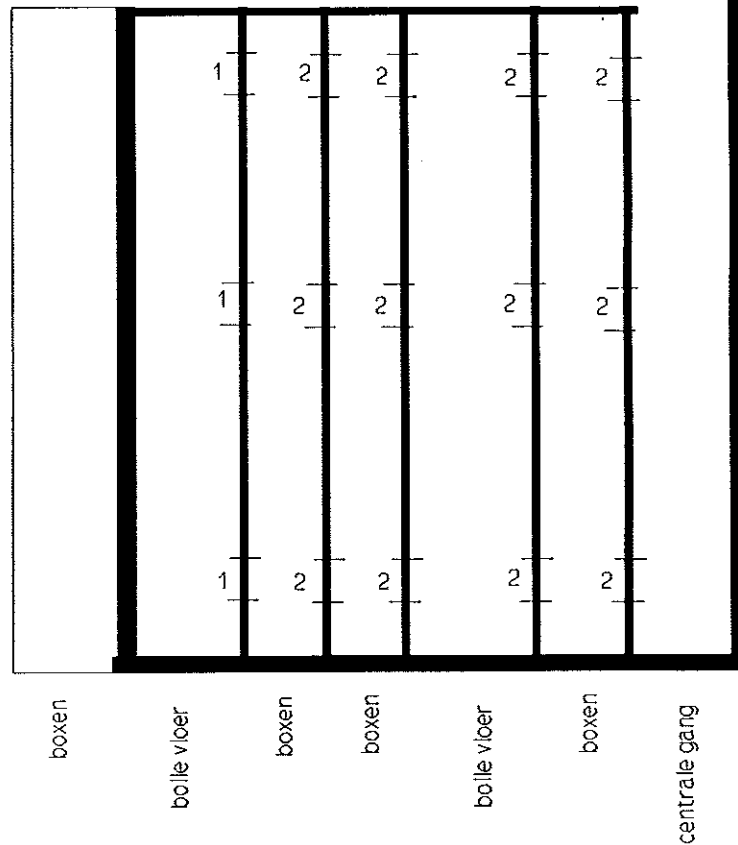
Bovenaanzicht mestkelder

Inhoud mestkelder zonder centrale gang:

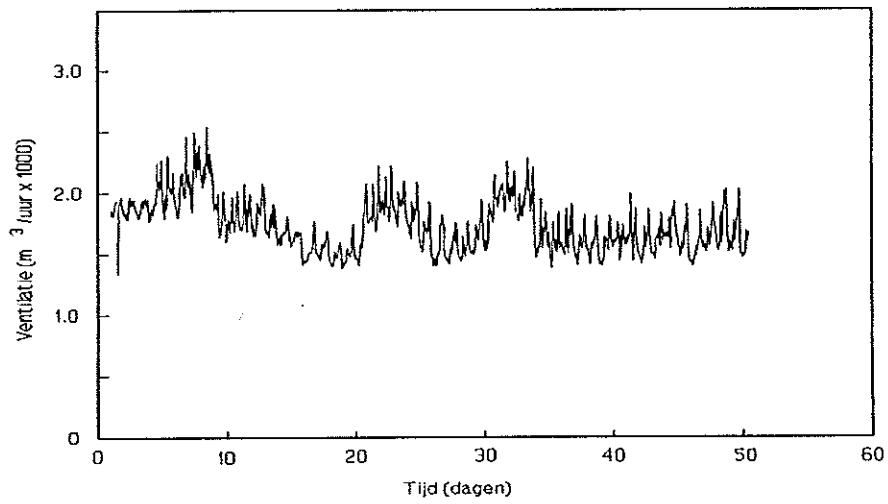
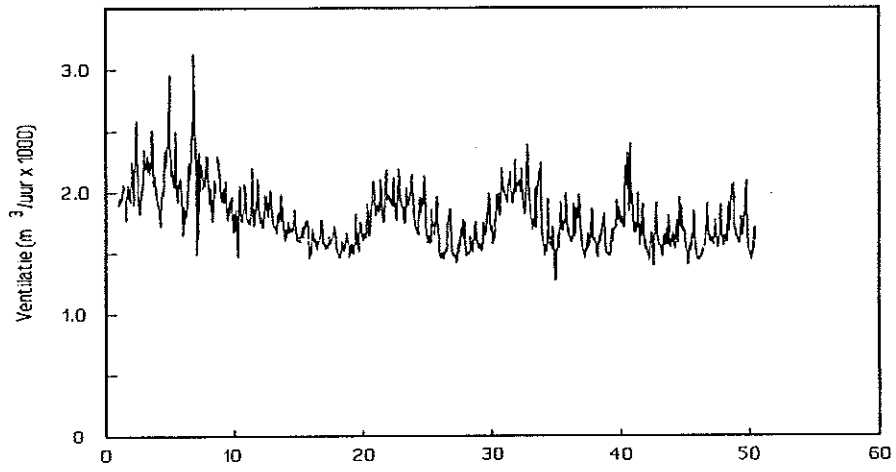
$$14,0 \times 11,0 \times 1,6 = 246,4 \text{ m}^3$$

1: doorstroomopening 150 x 40 cm

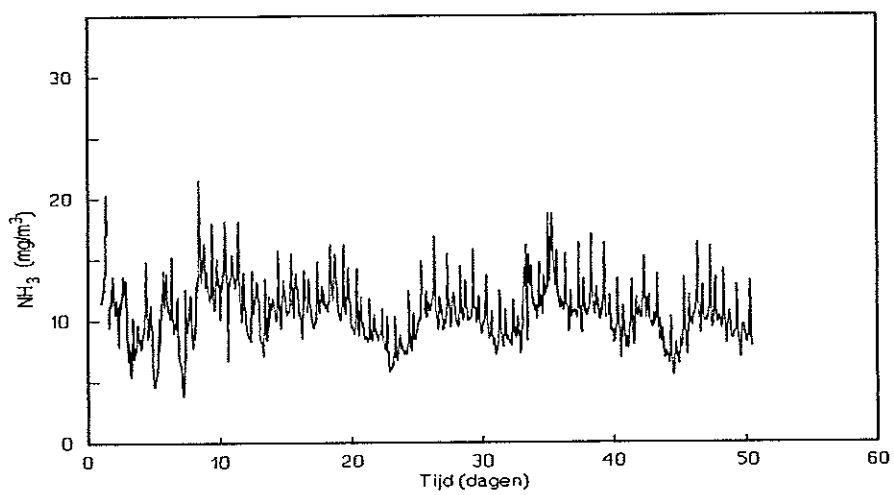
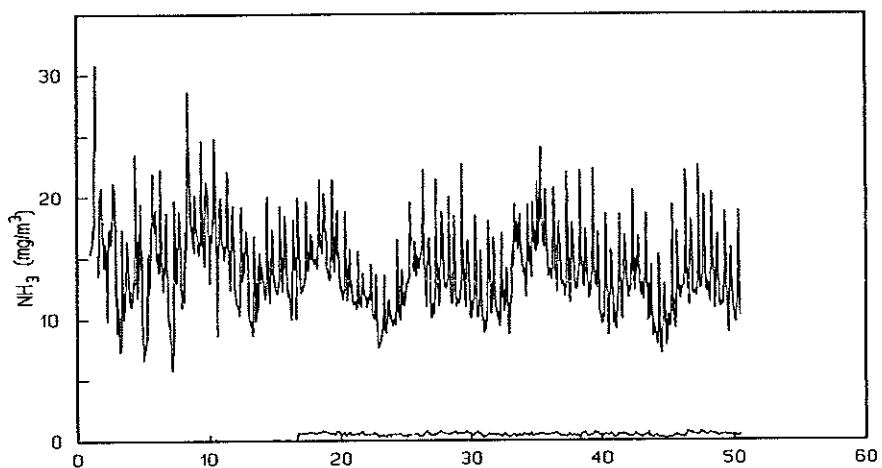
2: doorstroomopening 150 x 20 cm



Bijlage B Gemeten ventilatie per meetpunt
Ventilator 1 (boven), ventilator 2 (onder)



Bijlage C Gemeten concentratie per meetpunt
Ventilator 1 en achtergrond (boven), ventilator 2 (onder)



Bijlage D Relatieve luchtvochtigheid en temperatuur.
In de stal (boven), centrale gang (midden) en buiten (onder)

