

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIII

Guste- en dragende zeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer

C.M. Groenestein

dlo



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIII

Guste- en dragende zeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer

C.M. Groenestein

Rapport 94-1004

© 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 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	2
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methode	4
3 Resultaten en discussie	7
4 Conclusie	10
Literatuur	11

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x een van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het nivo 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 van een guste- en dragende zeugenstal met het Haglando mestschuifstelsysteem.

Het mestschuifstelsysteem bestond uit een ondiepe put en mestschuiven onder de roosters. De exact horizontaal gelegen vloer van de put was zeer vlak en glad afgewerkt en voorzien van een coating van epoxyhars. De mest werd 5 maal per dag uit de stal geschoven.

In de stal waren 133 guste- en dragende zeugen gehuisvest. De zeugen waren niet aangebonden. Er waren 7 rijen van 19 ligboxen. Deze waren ieder 0,65 m breed en 2,42 m lang, waarvan 40 cm trog, 72 cm dicht beton en 130 cm betonrooster. Achter de zeug, op de plaats waar het meest gemest werd, lag een metalen rooster van 50 bij 41 cm met extra mestdoorlaat van 8 cm breed onder het afsluithek van de ligbox. Het rooster tussen twee rijen ligboxen was 1,40 m breed. Per zeug was 1,41 m² rooster aanwezig. De laatste rij bestond uit 5 hokken voor beren en voor oude en zieke zeugen. De gemiddelde bezetting was één dier per hok. Voor de berekening van de emissie per dierplaats is uitgegaan van 138 dierplaatsen.

Er werd twee maal daags om 07:00 en 16:30 uur automatisch gevoerd naar individuele behoefte. Het voeren ging gepaard met een emissiepiek, waardoor het verloop van de ammoniakemissie over een dag een difasisch karakter kreeg. Dit onderzoek bevestigt hiermee de bevindingen van Groenestein en Hol (1994) over het effect van voeren en de daaraan gekoppelde activiteit, op het ammoniakemissiepatroon.

Tijdens de meetperiode emitteerde per dag per dierplaats 10,6 g ammoniak. Op jaarbasis, rekening houdend met een leegstand van 5%, was de ammoniakemissie 3,7 kg per dierplaats. In de Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen (1993) wordt voor guste- en dragende zeugen een ammoniakemissie gegeven van 4,2 kg. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het hier onderzochte mestschuifstelsysteem de ammoniakemissie ten opzichte van een traditionele stal met mestopslag onder de roosters nauwelijks reduceerde.

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 kwam 94% daarvan uit de landbouw. De bijdrage van NH_x aan de totale verzuring in Nederland bedroeg in 1989 46% (Heij & Schneider, 1991). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het nivo 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 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 NH_3 -emissievermindering perspectief bieden. Deze begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid en het landbouwbedrijfsleven. Het onderzoek wordt vervolgens uitgevoerd door de DLO-meetploeg.

In bovenstaand kader werd onderzoek verricht naar de ammoniakemissie van een stal voor gaste en dragende zeugen met een mestschuifstelsel over een gladde vlakke vloer onder de roosters. Het principe van dit systeem was dat de mest met behulp van de schuiven frekwent en restloos uit de stal werd verwijderd waardoor de emissie van ammoniak vermeden zou kunnen worden. De gemeten ammoniakemissies werden vergeleken met de berekende emissiefactor zoals die is opgenomen in de Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen (1993).

2 Materiaal en methode

Van 24 maart tot en met 26 april 1993 is de ammoniakemissie gemeten in een zeugenstal met het Haglando mestschuifstelsel.

Het mestschuifstelsel bestond uit een ondiepe put onder de roosters en mestschuiven (Bijlage). De exact horizontaal gelegen vloer van de put was zeer vlak en glad afgewerkt en voorzien van een waterafstotende coating van epoxyhars. De schuiven bestonden uit verzinkt en roestvrij staal met aan de onderkant een kunststof strip. De mestschuiven werden met het tandheugelprincipe voortbewogen zodat geen kettinggoot nodig was. Eén schuifbeweging bestond uit een heen- en teruggaande beweging. Vooraan, in het midden en achteraan in de put waren afvoerpunten voor de mest. Elk afvoerpunt bestond uit een goot over de gehele breedte van de put met in het midden een rioleringsbuis. De kopse uiteinden van de goot lagen op putniveau, de rioleringsbuis was het diepste punt van de goot. De mest hoopte zich bij de afvoer aan de ZW-kant van de stal nogal op. Om dat te voorkomen was een roestvrij stalen drempelconstructie aangebracht om de urine langs de buitenkant de trechter in te laten lopen waardoor de vaste mest goed meegevoerd zou kunnen worden.

Per dag werd vijf maal geschoven. De intervallen tussen schuifbeurten waren niet konstant: er werd intensief rond de voertijden geschoven en wel om 07:30, 09:00, 12:00, 18:30 en 19:30 uur. Op 13 april zijn de tijden iets veranderd: 08:00, 10:00, 12:30, 16:40 en 19:00 uur.

In de stal waren 133 drachtige zeugen gehuisvest (fokkerij volgens het Coova-programma van Cofok, Handboek van de Varkenshouderij, 1993). De zeugen waren niet aangebonden. Er waren 7 rijen van 19 ligboxen. De boxen waren ieder 0,65 m breed en 2,42 m lang, waarvan 40 cm trog, 72 cm dicht beton en 130 cm betonrooster. Achter de zeug op de plaats waar het meest gemest werd, lag een metalen rooster van 50 bij 41 cm met extra mestdoorlaat van 8 cm breed onder het afsluithek van de ligbox. Het rooster tussen twee rijen ligboxen was 1,40 m breed. Per zeug was 1,41 m² rooster aanwezig. De laatste rij bestond uit 5 hokken voor beren en voor oude en zieke zeugen. De gemiddelde bezetting was één dier per hok. Voor de berekening van de emissie per dierplaats is uitgegaan van 138 dierplaatsen. De rij ligboxen tegenover de hokken was voor de zeugen die net uit de kraamstal kwamen. Deze zeugen hadden, tot ze gedekt waren, twee maal per dag 15 minuten uitloop over de roosters achter de ligboxen. De ligboxen waren voorzien van vloerverwarming. In de bijlage wordt de plattegrond van de stal weergegeven.

De afdeling werd geventileerd door vier ventilatoren met een doorsnede van 50 cm. Dit betekende dat de totale maximale capaciteit 32 000 m³/uur was. De luchtinlaat bevond zich in de lange zijmuren aan de onderzijde van het dak en werd geregeld met handmatig instelbare kleppen. Direct onder de inlaat hingen drie verwarmingsbuizen. De zijmuren hadden ramen. Eén maal in de twee weken werden rond 08:00 of 09:00 uur de voergangen in de afdeling met een hogedrukspuit met water schoongespoten.

Er werd twee maal daags om 07:00 en 16:30 uur automatisch gevoerd naar individuele behoefte. Na het voeren werd om 07:45 en 16:45 uur drinkwater verstrekt. Stikstofgehalte en energiewaarde van het voer en voer- en wateropname per dierplaats zijn weergegeven in Tabel 1. Twee maal daags, rond de voertijden, kwam de boer de zeugen controleren. Tabel 2 geeft de bedrijfsresultaten en het landelijke gemiddelde weer.

Tabel 1. De energiewaarde (EW), het percentage ruw eiwit (re) en de hoeveelheden voedermiddel en water per dag per dier (kg).

	EW	re	Hoeveelheid
Dragende zeugenkorrel	0,97	13,3	2,6
Water	-	-	9,4

Tabel 2. 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	2,2 à 2,3	2,22
Aantal grootgebrachte biggen	21,4	20,5

De volgende variabelen werden continu gemeten:

- NH₃-concentratie in de afdeling en buiten (mg/m³);
- ventilatiedebiet (m³/uur);
- relatieve luchtvochtigheid (RH) in de afdeling en buiten (%);
- temperatuur (T) in de afdeling 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 teflonslangen. 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 achtergrondconcentratie werd buiten 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:

$$V = 12,0 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 170$$

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%.

De meetapparatuur werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Alle verzamelde gegevens werden hierin opgeslagen. Eén keer per 3 minuten werden

alle variabelen gemeten. Na een uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven.

De gemiddelde waarden voor temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en ventilatie gedurende de meetperiode staan in Tabel 3.

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

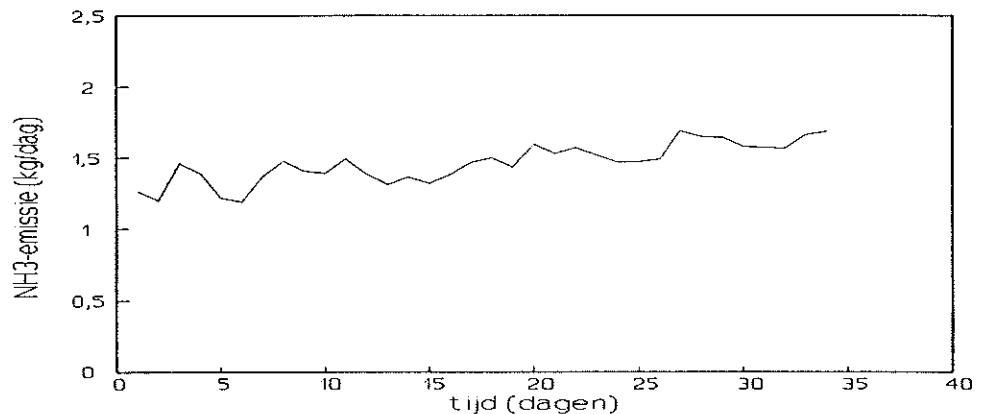
Staltemperatuur	19,1
Buitentemperatuur	9,6
Relatieve luchtvochtigheid stal	52
Relatieve luchtvochtigheid buiten	68
Ventilatiedebiet	75

Elke week werd de apparatuur gecontroleerd, zonodig de filters voor de convertors vervangen, de algemene situatie in de stal genoteerd en de monitor geijkt met 41,2 of 42,2 ppm ijkgas (0,7% onzuiver). De absolute afwijking tijdens de ijking was gemiddeld 7%. Bij een afwijking groter dan 2,5%, werd gecorrigeerd. Bij ijking van de convertors bleek dat voor en na de metingen gemiddeld 94% van de aangeboden NH₃ als NO_x werd gemeten.

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 en berekening van de gemiddelden, geïnterpoleerd.

3 Resultaten en discussie

In Figuur 1 is het verloop van de dagelijkse ammoniakemissie weergegeven.



Figuur 1. Dagelijkse ammoniakemissie op stalnivo.

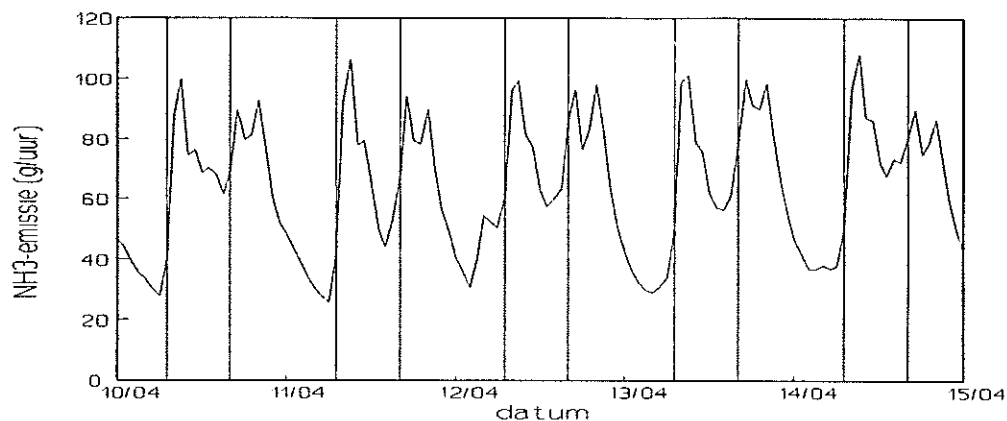
De licht stijgende tendens van de ammoniakemissie gaat gepaard met een stijging van de buitentemperatuur van ca. 5°C aan het begin van de meetperiode tot ongeveer 15°C aan het eind van de meetperiode. Dientengevolge steeg de ventilatie ook van gemiddeld 6 000 tot 15 000 m³/uur. De correlatiecoëfficiënten tussen de daggemiddelden van de ammoniakemissie, de buitentemperatuur en de ventilatie waren hoog, respectievelijk 0,82 en 0,87 (Tabel 4).

Tabel 4. Correlatiecoëfficiënten van daggemiddelden van ammoniakemissie (NH₃), buitentemperatuur (Te), staltemperatuur (Ti) en ventilatie (V).

	NH ₃	Te	Ti	V
NH ₃	1,00	0,82	0,75	0,87
Te		1,00	0,96	0,96
Ti			1,00	0,92
V				1,00

Bij uitspraken over de relatie tussen de staltemperatuur, buitentemperatuur en ventilatie enerzijds en ammoniakemissie anderzijds, dient men zich bewust te zijn van de onderlinge verbanden (verstrengeling van effecten). Dit wordt geïllustreerd door de hoge correlatiecoëfficiënten in Tabel 4.

Figuur 2 geeft de gemeten ammoniakemissie gedurende enkele dagen weer, waarbij de voertijden zijn aangegeven. Opvallend zijn de pieken na het tijdstip van voeren, waardoor de ammoniakemissie over een dag een difasisch (cyclisch met twee maxima) patroon krijgt. Hetzelfde was waargenomen door Groenestein en Hol (1994), eveneens bij zeugen met beperkte voeding in een ligboxenstal, maar met een verkleind roosteroppervlak. In dat onderzoek werd aangegeven dat beperkt voeren effecten synchroniseert (zoals mestgedrag van de dieren) van factoren die invloed hebben op het verloop van de ammoniakemissie. In Figuur 2 is zichtbaar dat de stijging van de emissie vlak voor de voertijd aanvangt. Dit correspondeert met de waarneming dat de dieren in onderhavig onderzoek zodanig op de voertijden gekonditioneerd waren dat ze vlak voor de voertijd massaal opstonden. Dit "in de benen komen" ging gepaard met mesten en urineren.

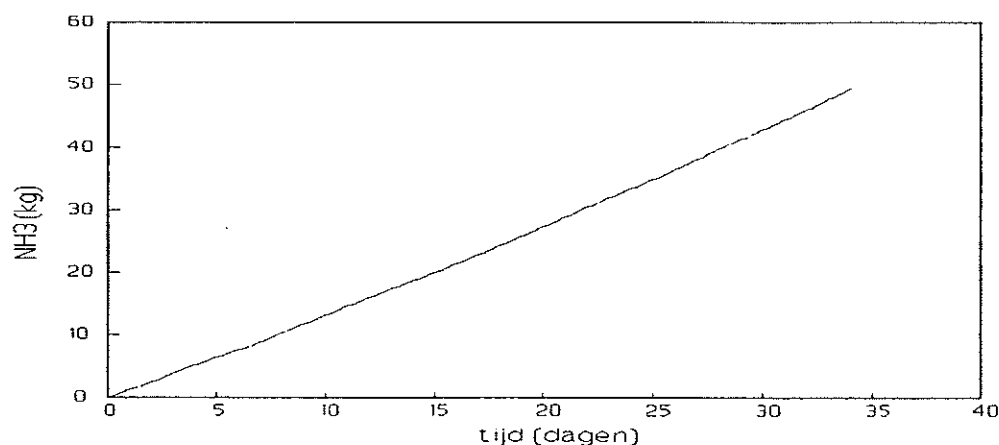


Figuur 2. Ammoniakemissie per uur op stalnivo gedurende 5 dagen. Vertikale lijnen geven voertijden aan.

Het effect van voeren was alle ochtenden, en na 13 april ook in de namiddag verstrengeld met een eventueel effect van schuiven omdat dit (bijna) op dezelfde momenten plaatsvond. Uitgaande van de bevindingen van Groenestein en Hol (1994) en het feit dat het emissiepatroon niet veranderde na het veranderen van de schuiftijden op 13 april wordt verondersteld dat de twee dagelijkse emissiepieken veroorzaakt werden door mesten en urineren en niet door schuiven.

Opvallend in Figuur 2 is het tweede piekje na het voeren in de namiddag. Deze is consequent zichtbaar rond 20:00 uur. Mogelijk valt dit wel toe te schrijven aan de laatste dagelijkse schuifbeurt van 19:00 tot 13 april en van 19:30 uur vanaf 13 april. Het emissie-verhogende effect van schuiven op de korte termijn zou kunnen zijn dat de mest als het ware wordt uitgesmeerd, waardoor een groter emitterend oppervlak wordt verkregen. Er zijn geen andere factoren bekend (gemeten) die het effect van schuiven hier zouden hebben kunnen doorkruisen.

Een verschil in het emissiepatroon tussen voornoemd onderzoek van Groenestein en Hol (1994) (zonder mestschuiven) en het huidige onderzoek is de hoogte van de dagelijkse pieken. De amplitude van het cyclische verloop van de emissie was twee maal zo groot door een lagere minimum-emissie en een hogere maximum-emissie per zeug per dag. Dit zou toegeschreven kunnen worden aan het schuiven. De variatie in ammoniakemissie binnen een dag correspondeert echter ook met het verschil in buitentemperatuur (en daarmee het ventilatiedebiet) binnen een dag van $\pm 10^{\circ}\text{C}$ tijdens dit onderzoek en $\pm 5^{\circ}\text{C}$ tijdens voornoemd onderzoek. Gezien de invloeden van temperatuur en lichtsnelheden op de emissie (Elzing et al., 1993) en de hier berekende hoge correlatiecoëfficiënten kunnen deze verschijnselen niet los van elkaar gezien worden.



Figuur 3. Cumulatieve NH_3 -emissie uit de stal gedurende de meetperiode.

Figuur 3 geeft het cumulatieve verloop van de emissie op stalnivo weer. Tabel 5 geeft samenvattend de resultaten van de ammoniakemissiemetingen. Voor de berekening op jaarbasis is uitgegaan van een situatie met zowel 0 als 5% leegstand.

Tabel 5. Ammoniakemissie per periode, per zeug per dag en per zeug per jaar.

Lengte meetperiode (dagen)	34
Totale NH ₃ -emissie (kg)	49,8
NH ₃ -emissie per zeug (g/dag)	10,6
NH ₃ -emissie per zeug (kg/jaar) met 0% leegstand	3,9
NH ₃ -emissie per zeug (kg/jaar) met 5% leegstand	3,7

In de Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen (1993) wordt voor guste en dragende zeugen een ammoniakemissie gegeven van 4,2 kg per dierplaats per jaar. Hier is een leegstandperiode van 5% ingekalkuleerd. Dat betekent dat deze vergeleken dient te worden met 3,7 kg per dierplaats per jaar zoals in Tabel 5 is aangegeven. Tijdens dit onderzoek was de ammoniakemissie van een zeugenstal met het geteste mestschuifstelsel nauwelijks lager dan van een traditionele stal met mestopslag onder de roosters.

4 Conclusie

De stal voor gaste en dragende zeugen met een mestschuifstelsel over een gladde vlakke vloer emitteerde per dierplaats per dag gemiddeld 10,6 g NH₃. Op jaarbasis was de emissie 3,7 kg NH₃ per dierplaats, uitgaande van 5% leegstand.

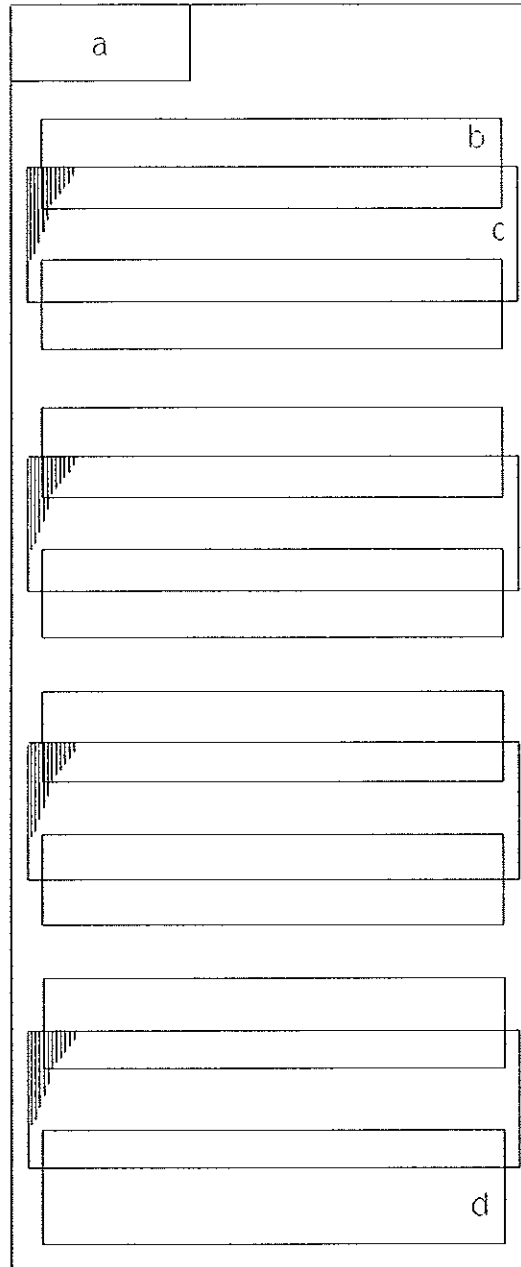
Het mestschuifstelsel reduceerde de ammoniakemissie nauwelijks ten opzichte van de traditionele stal met mestopslag onder de roosters.

Uit dit onderzoek kwam naar voren dat voeren (en de daaraan gekoppelde activiteit van de zeugen) invloed heeft op het verloop van de ammoniakemissie.

Literatuur

- Elzing, A., W. Kroodsmā, R. Scholtens & G.H. Uenk, 1992. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestāl: Theoretische beschouwingen. IMAG-DLO Rapport 92-3, Wageningen, 25 pp.
- Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen, 1993. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 32 pp.
- Groenestein, C.M. en J.M.G. Hol, 1994. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XI: zeugenstal met gereduceerd roosteroppervlak. Wageningen, DLO, Rapport 94-1001, 12 pp. excl. bijlage.
- Handboek voor de varkenshouderij, 1993. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Publikatie nr. 37, Ede, 362 pp.
- 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. 6-93, Ede, 264 pp.
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.
- 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, p. 19-22 en 59-62.

Bijlage: Plattegrond van de stal

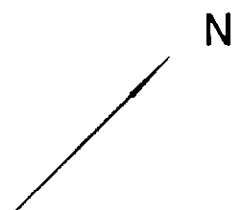


a : hygiënestuis

b : 19 ligboxen

c : roostervloer

d : 5 hokken



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen publikatieoverzicht

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen I: slachtkuikenstal met vloerventilatie.
Wageningen, DLO, rapport 91-1001, 14 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen II: grupstal voor melkvee.
Wageningen, DLO, rapport 91-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III: biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering.
Wageningen, DLO, rapport 92-1001, 12 pp. excl. bijlage

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IIIa: aanvullend onderzoek aan een biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering.
Wageningen, DLO rapport 93-1001, 9 pp excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IV: kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven.
Wageningen, DLO, Rapport 92-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IVa: aanvullend onderzoek aan een kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1003, 13 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen V: vleesvarkensstal met dikstrooiselsysteem.
Wageningen, DLO, Rapport 92-1003, 18 pp. excl. bijlage

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniak uit stallen VI: vleesvarkensstal met diepstrooiselstalsysteem.
Wageningen, DLO, Rapport 92-1004, 20 pp. excl. bijlage.

Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VII: konijnenstal met mestscheiding, frekwente mestverwijdering en luchtafzuiging boven de giergoot.
Wageningen, DLO rapport 93-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VIII: vleesvarkensstal met overdrukventilatie en luchtverdeling via slangen.
Wageningen, DLO rapport 93-1003, 14 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IX: kraamzeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO rapport 93-1004, 13 pp.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen X: potstal voor melkvee, Wageningen, DLO, Rapport 93-1005, 15 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.M.G. Hol, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XI: zeugenstal met gereduceerd roosteroppervlak. Wageningen, DLO, Rapport 94-1001, 12 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XII: kraamzeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer. Wageningen, DLO, Rapport 94-1002, 11 pp. excl. bijlage.