
Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen XLIX

Beddenstal voor vleesvarkens

Adapted house for fattening pigs

Ing. J.M.G. Hol
Ing. A.C. Wever
Dr. Ir. A.J.A. Aarnink

IMAG Rapport 2001-04

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen XLIX

Beddenstal voor vleesvarkens

Adapted house for fattening pigs

Ing. J.M.G. Hol
Ing. A.C. Wever
Dr. Ir. A.J.A. Aarnink

IMAG Rapport 2001-04
februari 2001

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Hol, J.M.G., A.C. Wever, A.J.A. Aarnink

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen XLIX - Beddenstal voor vleesvarkens = Adapted house for fattening pigs / J.M.G. Hol, A.C. Wever, A.J.A. Aarnink. – Wageningen: IMAG. – (Rapport / Stichting Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek; 2001-04).

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

ISBN 90-5406-190-1

NUGI 849

Trefwoorden: ammoniakemissie, geuremissie, vleesvarkens, stallen

C 2001-04 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.M.G. Hol, A.C. Wever, and G.J. Monteny. Research into the ammonia and odour emission from livestock production systems XLIX: Fattening pig house with boxes. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 2001-04, in Dutch, with summary in English, 24 pp.

Ammonia emission from animal husbandry has to be reduced in the Netherlands by 70% in the year 2005, compared with the emission level in 1980. Moreover, recently adapted odour legislation requires measurements of the odour emissions of the main conventional and new housing systems. Research was carried out into the emission of ammonia and odour from a fattening pig house named 'Beddenstal' (Nürtinger system). The research was carried out during a summer and winter period.

The emission of ammonia from the house amounted 2.7 (summer) and 1.1 (winter) kg/year per animal place with 10% correction for under-occupation. The odour emission was 21,7 OU_E per animal place which is comparable to the emission of a traditional fattening pig house (22,4 OU_E per animal place).

Keywords: ammonia emission, odour emission, fattening pig, pig house

Voorwoord

Onderzoek naar de emissie uit veestallen onder praktische omstandigheden vergroot het inzicht en de kennis van de milieubelasting. Met deze kennis nemen de mogelijkheden om deze belasting te verminderen c.q. te voorkomen toe. Op voordracht van Agra-Matic B.V. te Ede is onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een zogenaamde Beddenstal voor vleesvarkens (Nürtinger systeem). Het onderzoek is uitgevoerd door de IMAG-meetploeg in een stal van het Onderzoeks Centrum Renswoude (OCR). Wij zijn alle partijen erkentelijk voor de goede en prettige samenwerking. We vertrouwen erop dat van de resultaten een nuttig gebruik wordt gemaakt.

Ir. A.A. Jongebreur

Directeur
IMAG Wageningen

Inhoud

Abstract	2
Voorwoord	7
1 Inleiding	9
2 Materiaal en methode	10
2.1 Stal- en bedrijfssituatie	10
2.1.1 Bedrijfssituatie	10
2.1.2 Huisvesting	10
2.1.3 Ventilatiesysteem	11
2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe	11
2.2 Bedrijfsvoering	12
2.2.1 Zoötechniek	12
2.2.2 Klimaatregeling	12
2.2.3 Voeding	13
2.2.4 Gezondheid	14
2.2.5 Mestmanagement	14
2.3 Metingen	14
2.3.1 Algemeen	14
2.3.2 Productiegegevens	15
2.3.3 Klimaat	15
2.3.4 Ventilatie-debiet	15
2.3.5 Ammoniakconcentratie	16
2.3.6 Geurconcentratie	16
2.4 Dataverwerking	17
3 Resultaten	18
3.1 Productieresultaten	18
3.2 Klimaat en ventilatie-debiet	19
3.3 Ammoniakconcentratie en -emissie	19
3.4 Geuremissie	21
4 Discussie	22
5 Conclusie	23
Literatuur	24
Samenvatting	26
Summary	27
Bijlagen	28

1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn SO_2 (zwaveldioxide), NO_x (stikstofoxiden; NO en NO_2 (stikstofmonoxide en stikstofdioxide)) en NH_3 (ammoniak), samen met hun reactieproducten, in het kort SO_x , NO_y en NH_x genoemd. In 1993 was 86% van de verzuring door NH_x uit eigen land afkomstig en kwam 92% daarvan uit de landbouw. De bijdrage van NH_x aan de totale verzuring in Nederland was in dat jaar 47% (Heij en Schneider, 1995). De Nederlandse overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid Derde Fase, 1993; Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1995). Om dit te kunnen realiseren is invoering van emissiebeperkende staltechnieken en -systemen noodzakelijk.

De landbouwsector is, evenals de industrie en het wegverkeer, een belangrijke bron van geurhinder in Nederland. Zo ervoer in 1995 16% van de bevolking geurhinder van landbouwactiviteiten, 12% van industrie en 8% van verkeer (VROM, 1998). De belangrijkste overheidsdoelstelling voor beheersing van geurhinder in 2000 is stabilisatie op het niveau van 1985. In het Nationaal Milieubeleidsplan van 1989 is hierover opgenomen dat maximaal 750 000 woningen in 2000 geurbelast mogen zijn. Dit komt overeen met een landelijk gemiddeld percentage van 12% geurgehinderde in 2000. Voor het jaar 2010 geldt als doelstelling geen ernstige hinder (VROM, 1989).

Geurhinder in de landbouw wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door twee bronnen: toedienen van dierlijke mest, en de veehouderijgebouwen. Vanaf de jaren zeventig is regelgeving ontwikkeld om de geurhinder door emissie van veehouderijgebouwen te beperken. Momenteel wordt, ten aanzien van geurnormen, voor veehouderijbedrijven de Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996 toegepast (VROM en LNV, 1996). Deze Richtlijn gaat uit van een aangenomen geuruitstoot per dierplaats (uitgedrukt in mestvarkenseenheid, mve) en de daaruit berekende totale geuruitstoot van een bedrijf. Door middel van een afstandengrafiek wordt deze totale geuruitstoot gerelateerd aan minimaal te hanteren afstanden voor 4 bebouwingscategorieën. Ter onderbouwing en verdere ontwikkeling van de in de Richtlijn wordt sinds 1996 in opdracht van de ministeries van LNV en VROM door IMAG een meetprogramma uitgevoerd waarin de geuremissie van thans gangbare en nieuwe veehouderijssystemen wordt vastgesteld volgens een standaard meetprotocol (Ogink en Klarenbeek, 1997). Aanvullend hierop voert de IMAG-meetploeg sedert 1999 geurmetingen uit aan de stalsystemen die zijn opgenomen in het ammoniakmeetprogramma, met gebruikmaking van hetzelfde standaard meetprotocol voor geuremissiemeting.

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 deze systemen onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. De aanvragen voor emissiemetingen kunnen worden ingediend bij het secretariaat van de IMAG-meetploeg (Bijlage A). De Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen van de meetploeg beoordeelt alle aanvragen op de volgende criteria: perspectief voor wat betreft de vermindering van de ammoniakemissie, toepasbaarheid in de praktijk en mogelijke negatieve neveneffecten voor het milieu.

In bovenstaand kader werd door de meetploeg onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een zogenaamde Beddenstal voor vleesvarkens. Het ammoniakemissiereducerend principe van het stalontwerp berust op het verkleinen emitterend oppervlak door het verkleinen van de mestplek. Dit werd gerealiseerd door de hokinrichting aan te passen. Daarnaast kon in deze stal een lage ruimtetemperatuur worden gehandhaafd. Dit heeft in principe een reducerend effect op de ammoniakemissie (Aarnink, 1997).

2 Materiaal en methode

2.1 Stal- en bedrijfssituatie

2.1.1 Bedrijfssituatie

De metingen zijn uitgevoerd op het OCR te Leersum in een stal voor vleesvarkens. De stal was opgedeeld in twee afdelingen, waarvan één werd omgebouwd van natuurlijke ventilatie naar mechanische ventilatie. Dit was noodzakelijk om de metingen uit te kunnen voeren. Deze afdeling werd in april 1999 in gebruik genomen. Gedurende twee productieronden van 4 maanden werd de ammoniak- en geuremissie gemeten. In Bijlage B is een plattegrond weergegeven van de proefafdeling.

2.1.2 Huisvesting

De proefafdeling en de rest van de stal waren met elkaar verbonden door twee goed afsluitbare deuren. Luchtuitwisseling was slechts mogelijk wanneer de deuren voor werkzaamheden werden geopend. De vleesvarkens zaten in 3 naast elkaar gelegen hokken. De hokken waren ingedeeld volgens een zogenaamde lengteopstelling; de bedden liggen tegenover elkaar met daartussen een dichte vloer en aan beide hoofdeinden lag een roostervloer met daaronder een mestkelder. De hokken konden op hun beurt opgedeeld worden in een voer- en speelgebied, een rustgebied en een mestgebied (zie Bijlage B). In Tabel 1 zijn de afmetingen van de hokken en de te onderscheiden gebieden weergegeven.

- In het voer- en speelgebied lag een dichte betonnen vloer. De vloer had een afschot van 10 cm naar de beide mestgebieden toe (vanaf $\frac{1}{4}$ van de lengte van het voer- en speelgebied). Oorspronkelijk zat een waterkanaal in het midden van de afdeling, maar deze werd voor aanvang van de metingen met beton afgedicht (juni 1999). In dit gebied konden de varkens vreten uit twee 2-vaks brijvoederbakken (60x40cm). op 30 juli 1999 werden op de dichte vloer twee schuurpalen geplaatst. op 23 augustus 1999 werd per hok één schuurpaal vervangen door een kettingcarousel. Deze werd tussen de brijvoederbakken geplaatst.
- Het rustgebied bestond uit 8 bedden (rustboxen). Vier wanden van de bedden en de bodem bestonden uit isolerend materiaal. De voorwand bestond uit een strokengordijn met een dubbele rij lamellen van lichtdoorlatende kunststof. De dieren konden, dóór het strokengordijn, vrij in en uit de bedden lopen. De warmte die door de dieren werd geproduceerd bleef door het strokengordijn in de bedden behouden. De bovenkant kon worden open gezet voor controle van de dieren. Op warme dagen werden de bedden open gezet t.b.v. klimaatbeheersing in de bedden.
- Het mestgebied, gelegen aan weerszijden van het voer- en speelgebied, bestond uit een kelder (0,80m diep) met stalen driekantroosters. De wand grenzend aan de dichte vloer was schuin afgesmeerd. Hierdoor ontstond onder het rooster een verkleining van het mestkelderoppervlak over een strook van ca. 10 cm breed. De mestkelders waren door tussenmuren onderverdeeld in 3 compartiment die met een mestafvoerleiding konden worden geleegd. De mestruimtes waren per hok met elkaar verbonden door middel van een mestleiding. Een mestafsluiter zorgde ervoor dat de mestruimtes van de hokken onderling niet met elkaar in verbinding stonden. Het rooster en het voer- en speelgebied waren aaneengesloten. Langs de andere zijden van het rooster zat een mestspleet van 10 cm. De varkens konden per hok drinken uit 8 drinknippels met bakjes, die boven de mestruimte hingen (4 per mestruimte).

Tabel 1 Onderdelen en oppervlakte van de afdeling en hokken.

Table 1 Elements and dimension of the compartment and pens.

Proefafdeling (m ²)	270,0
Hok (m ²)	78,0
Netto vloeroppervlak per hok (m ²)*	76,0
Voer- en speelgebied, dichte vloer per hok (m ²)	35,7
Bedden per hok (m ²)	25,5
Roostervloer per hok (m ²)	16,8
Mestoppervlak in de kelder per hok (m ²)	15,1

* beschikbare ruimte.

2.1.3 Ventilatiesysteem

De afdeling werd mechanisch geventileerd met behulp van 3 ventilatoren in de nok (Ø 56cm). Deze ventilatoren zorgden voor een onderdruk in de stal, waardoor alle ventilatielucht via de ventilatiekokers de stal verliet. Onder de ventilatiekoker was een koker van circa 70 cm met een meetventilator en een instroomring geplaatst. De instroomring hing ca. 3 meter boven de vloer. Buitenlucht kwam de stal binnen door een opening over de gehele lengte van beide zijden van de afdeling. Deze opening zat op een hoogte van 1,20 m tot net onder het dak op 2,28 m. Voor de opening zat 48 cm vogelgaas (doorlaat bijna 100%) en daarboven 60 cm windbreekgaas (doorlaat 25%). De grootte van de opening werd gereguleerd door een kunststof windgordijn dat voor het gaas werd gerold (doorlaat 0,1%).

2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe

Het emissiereducerende principe van deze stal berust op het verkleinen van het emitterend oppervlak en het verlagen van de ruimtetemperatuur. Via de hokinrichting werd beoogd het lig- en mestgedrag van de varkens te beheersen. In een varkensstal bestaat het emitterend oppervlak uit het oppervlakte van de mestkelder en het totale oppervlak van (rooster)vloer en wanden die bevuild zijn met urine en mest. Het mestoppervlak in de kelder was 21% van het hokoppervlak, waarmee een klein emitterend kelderoppervlak werd gerealiseerd. In Tabel 2 worden van een aantal stalsystemen voor vleesvarkens het emitterend kelderoppervlak en de emissiefactor gegeven. Op basis van het emitterend oppervlak van 0,13 m² na opleg van de dieren (116 dieren met 15,1 m² mestoppervlak in de kelder) en 0,26 m² na splitsing (58 dieren met 15,1 m² mestoppervlak in de kelder) zou de Beddenstal een verwachte emissie hebben die tussen de 1,0 en 2,5 kg/jaar per dierplaats ligt.

Tabel 2 Emitterend kelderoppervlak en ammoniakemissie voor verschillende stalsystemen voor vleesvarkens (WUAV, 2000 en oppervlakten zoals gebruikelijk in de praktijk).

Table 2 Slurry pit surface and ammonia emission for different kinds of housing systems for fattening pigs (WUAV, 2000 and area common in practice).

Stalsysteem	Emitterend kelderoppervlak (m ² per dierplaats)	Ammoniakemissie (kg/ jaar per dierplaats)
Volledig roostervloer ^{a)}	0,70	3,0
Gedeeltelijk roostervloer ^{a)}	0,40	2,5
Schuine kelderwanden ^{b)}	≤ 0,18	1,0
Schuine kelderwanden ^{b)}	> 0,18 en < 0,27	1,4

^{a)} met betonnen roostervloer

^{b)} met metalen roostervloer

De stal werd oorspronkelijk natuurlijk geventileerd en niet verwarmd. De dieren konden naar behoefte een warm klimaat opzoeken in de bedden of een frisser klimaat in de overige ruimte. Hierdoor kon een lage ruimtetemperatuur worden gehandhaafd, wat ook reducerend effect op de ammoniakemissie heeft (Aarnink, 1997). Onderzoek van Hol en Groot Koerkamp (1999) in een rondloopstal voor dragende zeugen heeft aangetoond dat een lagere ruimtetemperatuur ten opzichte van traditionele houderijsystemen met name in de winter wordt bereikt en dat daarmee een aanzienlijk lagere emissie kan worden bereikt.

2.2 Bedrijfsvoering

2.2.1 Zoötechniek

Na de opleg werden de dieren na ca. 6 weken op een gemiddeld gewicht van ca. 45 kg gesplitst waarbij de helft van de dieren uit de proefafdeling werd gehaald en in de andere afdeling van de stal geplaatst. Het aantal dierplaatsen per hok was in het eerste deel van de productieronde 116 en in het tweede deel 58 (het aantal dierplaatsen is gebaseerd op de algemene voorwaarden PVV-regeling scharrelvarkens, maart, 2000). Tijdens de zomerronde was het ras COFOK en tijdens de winterperiode Krusta*F1. In Tabel 3 staan de gegevens over de bedrijfsvoering van beide productieperiodes. Het beschikbare oppervlak per dier lag boven de wettelijke minimale norm (Varkensbesluit, 1998). Tot 50 kilo moet 0,6 m² per dier beschikbaar zijn, dit was 0,7 m² en na de splitsing 1,0 m², dit was 1,3 m².

2.2.2 Klimaatregeling

De klimaatregeling had als belangrijkste doel om een natuurlijke ventilatie te simuleren. Om dit te realiseren werd een lagere streef temperatuur ingesteld dan bij een mechanisch geventileerde stal. De grootte van de inlaatopening en de hoogte van het ventilatiedebiet werden geregeld met een klimaatcomputer. Deze waren afhankelijk van de afdelingstemperatuur. De afdelingstemperatuur werd gemeten met 2 temperatuursensoren die op 1,5 m hoogte boven het rustgebied waren geplaatst. De streef temperatuur was ingesteld op 15°C en in de winterperiode op 24 november verlaagd naar 13°C. Deze verandering was noodzakelijk om voldoende onderdruk in de afdeling te creëren zodat de metingen goed konden worden uitgevoerd. De instelling van het maximum ventilatiedebiet werd 29 juni verhoogd zodat de temperatuur in de proefafdeling beter overeenkwam met de temperatuur in de andere afdeling die nog steeds natuurlijk geventileerd werd. Vanaf 29 december werd met in de proefafdeling met twee ventilatoren geventileerd (nr. 1 en 3). De maximale inlaatopening was tot 5 augustus 6 cm daarna 10 cm bij maximale ventilatie en 2 cm bij

minimum ventilatie. In de winter (vanaf 24 november) werd de maximale en minimale opening, wegens onvoldoende onderdruk, achtereenvolgens ingesteld op 5 en 0 cm.

De deksels van de bedden werden vanaf 20 juli 1999 automatisch geopend, bij een afdelingstemperatuur hoger dan 25°C en gesloten wanneer de afdelingstemperatuur onder de 25°C lag. Voor die tijd werden de kleppen, indien nodig, met de hand open gezet.

Tabel 3 Start- en einddata, het aantal opgelegde dieren en de bezettingsgraad per productieperiode.

Table 3 Dates of Start and end, number of animals and stocking density per production period.

Meetperiode	Zomer	Winter
Opleg koppel	22 juni 1999	27 oktober 1999
Start meting	24 juni 1999	28 oktober 1999
Splitsing koppel	29 juli 1999	16 december 1999
Einde meting	12 oktober 1999	7 maart 2000
Einde productieperiode	13 oktober 1999	3 april 2000
Aantal meetdagen	111	132
Aantal opgelegde dieren per afdeling	348	348
Aantal dieren na splitsing	174	174
Beschikbaar oppervlak per dier voor splitsing (m ²)	0,66	0,66
Beschikbaar oppervlak per dier na splitsing (m ²)	1,31	1,31
Oppervlakte rooster per dier voor splitsing (m ²)	0,14	0,14
Oppervlakte rooster per dier na splitsing (m ²)	0,29	0,29

2.2.3 Voeding

Twee keer per dag werden de voerbakken automatisch gevuld, de hoeveelheid was zodanig dat de dieren *ad lib.* voer tot hun beschikking hadden. Voyer werd verstrekt om 8:00 en om 17:00. In Tabel 4 zijn de stikstofgehaltes en energiewaarden van het tijdens de meetperiode verstrekte voer weergegeven. Drinkwater was *ad lib.* beschikbaar via de drinknippels die boven de roosters hingen.

Tabel 4 Periode, de energiewaarde (EW) en het ruweiwitgehalte (Re) van het voer.

Table 4 Period, feed sort, the energy values (EW) and the crude protein content (Re) of the feed.

Periode	Startvoer	Eindvoer
	Opleg tot splitsing van de koppel	Na splitsen van de koppel
EW (/kg)	1,08	1,08
Re (g/kg)	180	162

2.2.4 Gezondheid

De dieren werden dagelijks tussen 7:00 en 9:00 uur visueel gecontroleerd. Tijdens een stalbezoek werd de afdeling verlicht met TL-lampen. Verder was daglichttoetreding via de inlaatopeningen van de stal mogelijk.

Tijdens de meetperioden kregen de dieren een Aujeszky enting op de dag dat koppel gesplitst werd. In de zomerronde, vanaf 26 augustus tot en met 29 augustus, kregen de dieren in de proefafdeling een medicijnenkuur (Doxytetracyline) via het drinkwater toegediend om het hoesten van de dieren te behandelen. Van de 348 opgelegde dieren werden verdeeld over zomerronde 25 dieren individueel met medicijnen behandeld. In de winterronde betrof dit 35 dieren. Deze medicaties bestonden voor 70% uit behandelingen tegen longaandoeningen.

2.2.5 Mestmanagement

Wanneer de mest in de kelder ca. 70 cm had bereikt, werd de kelder geleegd tot een niveau van circa 10 cm. Gedurende de meetperioden werden de kelders gemiddeld om de 6 à 7 weken leeggepompt. De mest werd via een mestafvoerleiding naar een tussenopslag (capaciteit 60 m³) gepompt. Voor het begin van de productieperiodes werden de kelders leeggepompt.

Tijdens de eerste week van een productieperiode werden per hok 2 van de 8 bedden afgesloten. Dit om het liggedrag van de dieren te sturen en daarmee te voorkomen dat de dieren de onderbezette bedden zouden gaan vervuilen. Aan het begin van de periode werd voer op de dichte vloer gestrooid om het mestgedrag zo te sturen dat de dieren niet op deze vloer gingen mesten. Wanneer een of meer bedden vuil waren, werd de mest daaruit verwijderd. Tussen de productieperiodes werd de proefafdeling schoongespoten met water. De proefafdeling werd niet ontsmet.

2.3 Metingen

2.3.1 Algemeen

De meetperioden liepen parallel aan de productieronden (zie Tabel 1). Elke meetperiode werd afgerond op het moment dat er minder dan 50% van de opgelegde dieren aanwezig waren. Tijdens de meetperioden werden de productiegegevens geregistreerd door het Onderzoeks Centrum Renswoude (zie §2.3.2). De geurconcentratie werd per meetperiode 5 keer bepaald (zie §2.3.6).

Gedurende de meetperioden werden de volgende variabelen continu gemeten:

- klimaat in twee hokken, in twee bedden en buiten (zie § 2.3.3);
- ventilatie-debiet per koker (zie § 2.3.4);
- ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht per ventilator en van de ingaande lucht (zie § 2.3.5).

De meetapparatuur voor de continue metingen werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. De meetapparatuur stond in een hok die aan de noordoostelijke zijde van de stal was geplaatst. Eenmaal per drie minuten werden alle variabelen gemeten. Elk uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven naar de datalogger. Iedere week werd de apparatuur gecontroleerd en de algemene situatie in de stal opgenomen. Hiervan werden notities gemaakt in een logboek.

2.3.2 Productiegegevens

Gedurende de twee productieperioden werden de volgende gegevens geregistreerd:

- aantal opgelegde dieren;
- aantal ligdagen;
- opleggewicht (kg)
- aflevergewicht (kg);
- voerverbruik per dier (kg);
- waterverbruik per dier (l);
- uitval (%).

Het aflevergewicht per dier werd tijdens het afleveren bepaald. Het voerverbruik werd bijgehouden door een voercomputer. Uit deze gegevens werd de groei per dag (g), de voederconversie (kg voer per kg groei) en de EW-conversie (EW per kg groei) berekend. Het waterverbruik werd bepaald door het wekelijks aflezen van de watermeter.

2.3.3 Klimaat

De temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer). De nauwkeurigheid van deze sensoren is respectievelijk $\pm 1,0$ °C en $\pm 2\%$. Het klimaat in hok 1 en hok 3 werd geregistreerd nabij de ventilatiekoker. De sensor hing ca. 2 meter boven de dichte vloer van het voer- en speelgebied. In 2 bedden van hok 2 werd ook het klimaat geregistreerd. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden aan de noordwest zijde van de stal gemeten. Op 20 januari 2000 werd om technische reden de sensor verplaatst naar de noordoost zijde. De sensoren werden vóór en na de metingen gecontroleerd.

2.3.4 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m^3/uur) werd met een meetventilator gemeten. Deze hing in een meetkoker met dezelfde diameter als de ventilatiekoker. De meetkoker werd onder de oorspronkelijke ventilatiekoker geplaatst. Om zeker te zijn dat alle lucht via de meetventilatoren naar buiten werd afgevoerd moest een onderdruk in de stal heersen van ten minste 10 Pa. Om de natuurlijke ventilatie na te bootsen werd de inlaat zo groot mogelijk gehouden, waarbij tevens gelet werd op voldoende onderdruk. Een drukverschilmeter werd tussen de meetperiodes geplaatst. Deze meter gaf het verschil aan tussen de druk in en buiten de stal.

Per omwenteling van de meetventilator werden vier pulsen afgegeven en het aantal pulsen per 10 seconden werd geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen en het debiet werd bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans *et al.*, 1991; Scholtens en Van 't Klooster, 1993). De kalibratie werd uitgevoerd aan 3 meetventilatoren. De resultaten zijn vermeld in Bijlage C.

Aan het einde van de zomerronde (5 oktober) liep de meetventilator van de ventilatiekoker van hok 3 vast. Voor de debietberekening van deze koker, vanaf 5 oktober tot het eind van de zomerronde, is het gemiddelde debiet van kokers van de hokken 1 en 2 gebruikt. Tijdens de winterperiode werd een andere meetventilator in de ventilatiekoker van hok 3 geplaatst. De oorspronkelijke meetventilatoren hadden 3 bladen; de meetventilator uit koker van hok 3 werd vervangen door een meetventilator met 4 bladen. Aan het eind van beide rondes werden de meetventilatoren uit de kokers van hok 2 en 3 gekalibreerd, inclusief de ventilator uit de zomerperiode. Voor de debietberekening van de koker van hok 1 werd de ijklijn van de meetventilator uit koker uit hok 2 gebruikt.

2.3.5 Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x-monitor (tijdens de zomerronde: Thermo Environmental Instruments Inc., model This 42i en tijdens de winterronde: Monitor Labs Inc., model ML 8840). Deze methode staat beschreven in Scholtens (1993) een korte omschrijving staat in Bijlage D. Om NH₃ met de NO_x-monitor te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. Het gevormde stabiele NO werd met een pomp door teflonslangen naar de monitor gezogen en gemeten. De gemeten NH₃-concentratie in ppm werd met een factor 0,71 (bij 20°C en 1 atm.) omgerekend naar mg NH₃ per m³ lucht (Weast *et al*, 1986).

De monsternamepunten van de uitgaande lucht bevonden zich in de ventilatiekokers tussen de ventilator en de meetventilator. De NH₃-concentratie van de ingaande lucht werd aan beide kanten van de proefafdeling voor de opening van de luchtinlaat gemeten. Nadat was gebleken dat de inlaatconcentratie circa 4 x zo hoog was als normaal, werd op 13 juli 1999 een schutting geplaatst tussen de inlaat van de proefafdeling en de inlaat van de natuurlijk geventileerde afdeling. Tevens werd ca. 6 meter van de inlaat van de natuurlijk geventileerde afdeling, dat tegen de proefafdeling lag, afgesloten met platen. Beide ingrepen waren nodig om te voorkomen dat er lucht buitenom rechtstreeks van de natuurlijk geventileerde afdeling de proefafdeling in kwam. De monsterpunten van de ingaande lucht zaten (vanaf hok 1 gezien) tot 16 augustus 1999 op 1/3 van de lengte van de inlaat. Daarna werd aan de noordwest zijde het monsterpunt verplaatst naar het midden. En aan de zuidoost zijde werd het monsterpunt vertakt naar 1/3 en 2/3 van de lengte van de afdeling.

Ieder week werd de monitor gekalibreerd met NO-gas van ca. 40 ppm. De resultaten van de kalibraties van de monitor zijn vermeld in Bijlage D. Bij het gebruikte meetprincipe is het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie. De ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht werd met een gasdetectiebuisje bepaald om de omzetting van de convertors te controleren. De stoffilters in de luchtleiding voor de convertors werden regelmatig vervangen. De convertors werden voor en na beide meetperiodes gekalibreerd. De gemiddelde omzettingpercentages zijn vermeld in Bijlage E.

2.3.6 Geurconcentratie

De geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geuremissies uit de veehouderij (Werkgroep Emissiefactoren, 1996). Het monsternamepunt voor de geur bevond zich in de ventilatiekoker van hok 2. Nadat deze koker werd afgesloten (op 29 december) werd het monsternamepunt verlegd naar de ventilatiekoker van hok 1. In totaal werden 10 geurmetingen verricht, gelijkmatig verspreid over de meetperiodes. De eerste 3 metingen werden in duplo uitgevoerd, de overige in enkelvoud. De te analyseren lucht werd tussen 10:00 en 12:00 uur aangezogen door een pomp bij de meetapparatuur. De bemonstering werd uitgevoerd met behulp van de zgn. longmethode. Hierbij werd een lege monsterzak, die zich in een gesloten vat bevond, via een teflonslang gevuld met stallucht. Door de lucht uit het vat te zuigen (0,5 L/min) ontstond in het vat onderdruk en werd stallucht aangezogen. Om condensvorming te voorkomen werd verwarmingslint (ca. 13 W/m) langs de monsternameleiding aangebracht. De stallucht werd vóór het monstervat gefilterd met een stoffilter (1-2 µm).

De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van het IMAG volgens de voornorm NVN 2820 met wijzigingsblad A1 (1995). Het gebruik van het wijzigingsblad wil zeggen dat gebruik werd gemaakt van het zogenaamde zekerheids criterium bij het vaststellen van de geurdrempel van het geurpaneel, hetgeen een verbetering is ten opzichte van de eerste versie van NVN 2820. Het geurlaboratorium van IMAG is onder nummer K072 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses. Aan de geuranalyses werd deelgenomen door een groep van 4 tot 6 panelleden in wisselende samenstelling. De gevoeligheid van de panelleden werd voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en -emissies werden vermeld in resp. OU_E/m³ en OU_E/s. De

uitdrukking 'OU_E' staat hierbij voor 'European Odour Units'. Deze terminologie is ontleend aan de Pre European Norm (PrEN) 'Odours' die binnen afzienbare tijd van kracht wordt. Verder geeft deze terminologie betere aansluiting bij de internationale literatuur op het betreffende vakgebied. Tot aan de invoering van de PrEN geldt voor binnenlands gebruik: 1 OU_E/m³ = 2 g.e./m³ (g.e. = geureenheid). De eenheid g.e. wordt gebruikt voor metingen volgens de eerste versie van de NVN 2820 waarin geen gebruik werd gemaakt van het zekerheids criterium.

2.4 Dataverwerking

De ammoniakemissie (g/uur) werd berekend als het product van de ammoniakconcentratie (g/m³) en het ventilatiedebiet (m³/uur). Deze waarde werd voor iedere koker berekend. Bij de berekening van de emissie werd de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht verminderd met de ammoniakconcentratie van de ingaande lucht. Hiervoor werd de gemiddelde concentraties van de ingaande lucht gebruikt. De totale emissie uit de stal werd berekend door sommatie van de emissie van de drie kokers. De geuremissie (OU_E/s) werd berekend als het product van geurconcentratie (OU_E/m³) en ventilatiedebiet (m³/s).

De meetperiode werd gestart op de eerste hele dag na opleg van de dieren. Het einde van de meetperiode werd bereikt op het laatste etmaal voordat 50% van de dieren afgeleverd werden. De ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de convertors en de kalibraties van de monitor. Missende uurwaarnemingen (als gevolg van kalibraties en technische storingen) van het ventilatiedebiet, de ammoniakconcentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid werden niet geïnterpoleerd. Waarnemingen en metingen op uren dat de tussendeur naar de natuurlijk geventileerde afdeling had opengestaan werden niet meegenomen, omdat dan lucht vanuit de natuurlijk geventileerde afdeling de proefafdeling werd ingezogen. Wanneer deze deur open stond werd dit in het logboek genoteerd. Dit was tevens te zien aan het ventilatiedebiet. Door het wegvallen van de onderdruk werd de ventilatie hoger dan het maximum.

Uit de uurwaarnemingen van de hiervoor genoemde parameters werden daggemiddelden berekend. De daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur) van dagen met minder dan 21 urregevens werden niet meegenomen in de verdere berekening. Van beide meetperioden werd de gemiddelde emissie (g/uur) gedurende de periode voor en na het splitsen berekend. Vervolgens werd de totale uitstoot van ammoniak per periode bepaald (in kg). De emissie gedurende de periode na het splitsen werd vermenigvuldigd met 2, omdat tijdens het afmesten de helft van het aantal opgelegde dieren in de proefafdeling zat. Hieruit werd voor beide meetperioden, op basis van 348 dierplaatsen, de ammoniakemissie per dierplaats per jaar berekend, uitgaande van een vastgestelde leegstand voor vleesvarkens van 10% (Beoordelingsrichtlijn, 1996).

Van de geurconcentraties van de duplo-metingen werd het natuurlijk logaritme berekend (Ln) en per meting gemiddeld. De data van het ventilatiedebiet werden elk uur opgeslagen. Indien de urregemiddelden niet op het hele uur vielen, werd het debiet geïnterpoleerd om een gemiddeld debiet tussen 10 en 12 uur te bepalen. De Ln werd bepaald van de geuremissies per dierplaats en gemiddeld. Dit geometrisch gemiddelde werd vervolgens weer door omzetting via de exponentiële functie op normale schaal uitgedrukt.

3 Resultaten

3.1 Productieresultaten

In Tabel 5 worden de productieresultaten van de gemeten productieperiodes en het landelijk gemiddelde weergegeven. De resultaten zijn weergegeven van het totaal opgelegde koppel.

Tabel 5 Productieresultaten per productieronde en het landelijk gemiddelde (KWIN, 1999-2000).

Table 5 Production result en features of the fattening periods and the national standard.

	Zomer	Winter	Landelijk gemiddelde
Aantal opgelegde dieren	348	348	-
Aantal ligdagen gemiddeld	107	130	118
Opleggewicht (kg)	28,0	27,1	25
Levend eindgewicht gemiddeld (kg)	113,6	125,9	113,3
Geslacht gewicht (kg)	88,2	97,8	88
Groei per dag (g)	786	732	750
Voerverbruik (kg)	254	285	238
Voerverbruik per dag (kg)	2,33	2,11	2,02
EW-conversie (EW per kg groei)	3,20	3,11	2,91
Voederconversie (kg voer per kg groei)	2,97	2,88	2,7
Uitval (%)	1,5	4,1	2,2

Tijdens de zomerronde werden de dieren in 4 keer afgeleverd, t.w. op productiedag 90, 101, 108 en 114. Tijdens de winterronde was dit in 5 keer, op productiedag 99, 113, 134, 147 en 159.

De dieren waren in de tweede ronde, in vergelijking met het landelijk gemiddelde, 12 dagen langer aanwezig en werden gemiddeld 12,6 kg zwaarder afgeleverd. Het gemiddelde gewicht bij het splitsen van het koppel tijdens de zomer- en winterronde was 48 kg. De voederconversie en de EW-conversie waren tijdens de zomerronde hoger en daarmee minder goed dan de winterronde en het landelijk gemiddelde. De voederconversie was lager dan het landelijk gemiddelde. Dit werd mogelijk veroorzaakt door een, met het groter oppervlak per dier samenhangende, verhoogde dieractiviteit, waardoor de dieren meer aten.

Medio juli 1999 werd een watermeter op een aparte watertoevoersysteem geplaatst. Aangezien dit watertoevoersysteem ook gebruikt werd om medicijnen toe te dienen kon de waterverbruik van de proefafdeling niet altijd worden geregistreerd. Hierdoor zijn van slechts twee perioden gedurende beide productieperiodes gegevens beschikbaar. Na het splitsen tijdens de zomerronde was het gemiddelde waterverbruik per opgelegd dier 5,7 liter per dag. De laatste 50 dagen van de productieronde van de wintermetingen was het waterverbruik 5,7 liter per dag per dier. Volgens het Handboek voor de Varkenshouderij (1993) is het landelijk gemiddelde van het waterverbruik 4,3 liter per dier per dag. Het verschil werd veroorzaakt doordat het gemeten waterverbruik in de laatste deel van een productieperiode liggen terwijl het landelijk gemiddelde over de gehele productieperiode werd gegeven.

3.2 Klimaat en ventilatie-debiet

In Tabel 6 zijn de gemiddelde temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en het ventilatie-debiet per gemiddeld aanwezig dier tijdens beide meetperioden weergegeven. In Bijlage F en G staan de daggemiddelden van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de afdeling en van de buitenlucht grafisch weergegeven. In Bijlage H staat het totale ventilatie-debiet voor beide meetperioden gegeven.

Tabel 6 Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht, in de afdeling, in de bedden en het ventilatie-debiet per opgelegd dier tijdens beide meetperioden.

Table 6 Mean temperature and relative humidity of the outdoor air, the indoor air, and the air in the beds, and the ventilation rate per pig per period.

Meetperiode	Zomer			Winter		
	Voor splitsen	Na splitsen	Gemiddeld	Voor splitsen	Na splitsen	Gemiddeld
Temperatuur (°C)						
Buiten	18,3	16,4	17,1	6,6	2,9	4,5
Proefafdeling	22,0	20,2	20,8	16,3	13,3	14,6
Bed	29,9	29,0	29,3	27,6	27,5	27,5

Relatieve luchtvochtigheid (%)						
Buiten	74	81	78	90	87	88
Proefafdeling	65	68	67	68	65	66
Bed	62	62	57	47	40	43

Ventilatie-debiet per aanwezig dier (m ³ /uur)	62	113	96	25	36	31

Uit de tabel blijkt dat de buitentemperatuur in de zomerperiode aanzienlijk hoger was dan de winterperiode. Met name de winterperiode na het splitsen van de koppel is koud. Deze verschillen zijn ook terug te vinden in de afdelingstemperatuur. In de winterperiode na het splitsen van de koppel was de afdelingstemperatuur slechts 13 °C. In een traditionele stal zal de staltemperatuur voor vleesvarkens ongeveer 20 °C zijn. De lagere buitentemperatuur in de winterperiode had tot gevolg dat het ventilatie-debiet ook aanzienlijk lager was ten opzichte van de zomerperiode.

3.3 Ammoniakconcentratie en -emissie

Het verloop van de ammoniakconcentratie in de ventilatielucht van hok 3 is weergegeven in Bijlage I. Het verloop van de ammoniakconcentratie in de ventilatielucht van de andere twee kokers was nagenoeg gelijk. Het niveau tussen de kokers verschilde echter wel. Gedurende de metingen met 3 ventilatiekokers was de concentratie van de koker in hok 2 en hok 3 gemiddeld resp. 10% en 15% lager dan de koker van hok 1. Na afdichten van de koker van hok 2 (periode na het splitsen) was de concentratie van de koker van hok 3 gemiddeld 25% lager dan van hok 1. De gemiddelde concentratie was gedurende de zomer- en winterperiode 4 mg/m³. De ammoniakconcentratie van de ingaande lucht was gedurende de zomerperiode gemiddeld 0,2 mg/m³ en gedurende de winterperiode gemiddeld lager dan 0,1 mg/m³.

In Tabel 8 wordt een overzicht gegeven van de ammoniakemissie tijdens beide meetperioden. In de zomerperiode vervielen in totaal 19 meetdagen wegens storing aan de meetapparatuur, waarvan 5 gedurende de periode voor splitsen van het koppel en de overige dagen in de periode na splitsen. In de

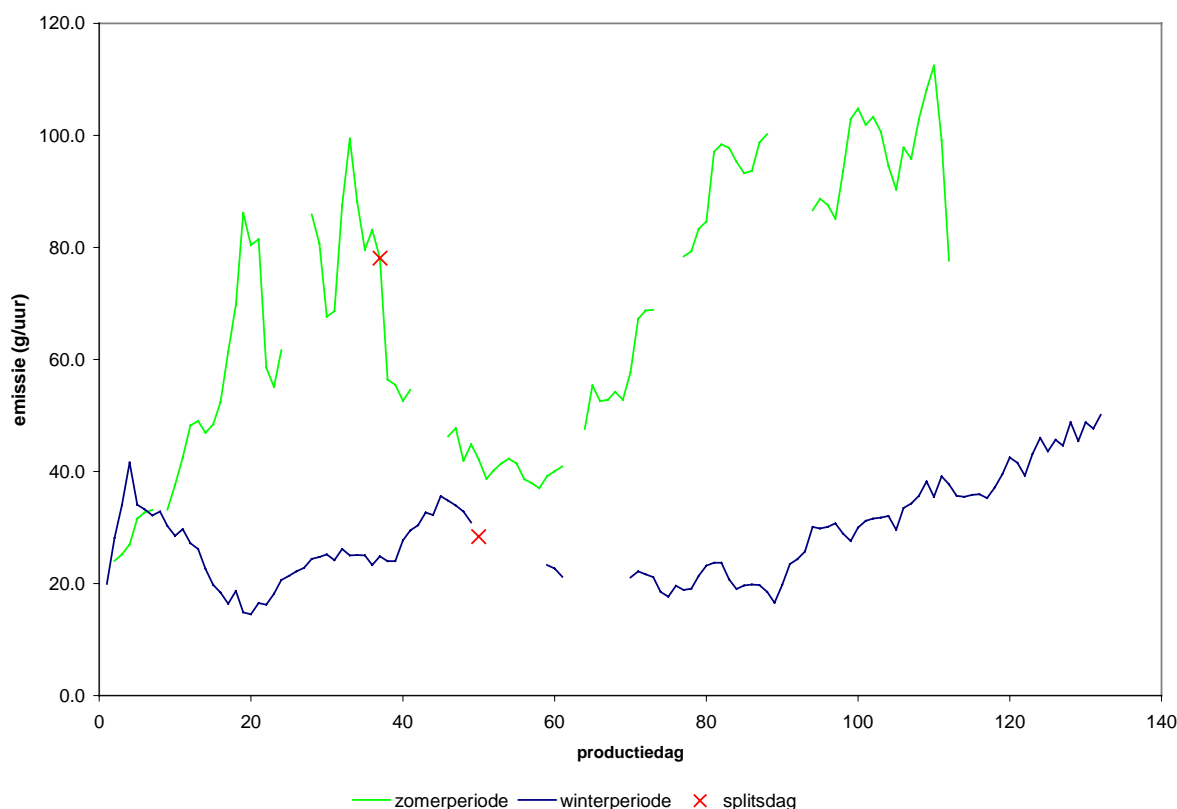
winterperiode na het splitsen van het koppel vervielen 8 dagen wegens een defect aan de ventilatoren en 8 dagen wegens storing van de meetapparatuur. Gedurende beide meetperioden werd meer dan 80% van het aantal meetdagen meegenomen in de berekening van de emissie op jaarbasis.

Tabel 8 De lengte van de meetperioden, het percentage bruikbare meetdagen en de gemiddelde ammoniakemissie uit de afdeling en per dierplaats per jaar voor beide meetperioden.

Table 8 Length of the fattening periods (days), percentage useable measuring days and the mean ammonia emission from the pig house and per animal place per year for both measuring periods.

Meetperiode	Zomer			Winter		
	Voor splitsen	Na splitsen	Totale periode	Voor splitsen	Na splitsen	Totale periode
Aantal dierplaatsen	348	174	-	348	174	-
Lengte meetperiode (dagen)	36,5	75,5	111	49,5	82,5	132
Ammoniakemissie (g/uur)	58,9	72,0	-	26,1	30,6	-
Ammoniakemissie (kg/jaar per dierplaats)	-	-	2,7	-	-	1,1

Gedurende de zomerperiode was de gemiddelde ammoniakemissie 2,7 en in de winterperiode 1,1 kg per dierplaats per jaar (gecorrigeerd voor 10% leegstand). De emissie was gedurende de zomermeting een factor 2,5 hoger dan de wintermeting. In Figuur 1 is het verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie van de afdeling van de beide meetperioden weergegeven.



Figuur 1 Verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur) gedurende de meetperioden.

Figure 1 The daily average of ammonia emission (g/h) during the measuring periods.

De emissie was gedurende de zomerperiode aanzienlijk hoger dan in de winterperiode. Na het splitsen van het koppel daalde de emissie tijdelijk, waarna de emissie weer steeg. Tijdens de periode voor het splitsen van de wintermeting steeg de emissie de eerste 5 dagen, gevolgd door een daling tot dag 20. Tijdens de zomer- en de winterperiode werd de dichte vloer flink bevuild door de dieren. Het betrof met name het gedeelte van de vloer op de overgang van de dichte vloer naar de roostervloer. Daarnaast bleek dat op het schuine stuk beton in de mestkelder, wat oorspronkelijk moest dienen als beperking van het emitterende mestoppervlak, mest was opgehoopt.

3.4 Geuremissie

In de Tabel 10 staan de resultaten van de geuremissiemetingen tijdens de zomer en winterperiode vermeld.

Tabel 10 Ventilatie-debiet, geurconcentraties en geuremissies tijdens de zomer- en winterperiode.

Table 10 Air exchange rates, odour concentrations and odour emissions during the summer and winter period.

Datum	Tijd	Productie- periode	Productie- dag	Ventilatie- debiet (m ³ /uur)	Geur- concentratie (OU _E /m ³)	Geuremissie	
						(OU _E /s)	(OU _E /s per dierplaats)
13-jul-99	10:00 - 12:00	Zomer	21	24711	1013	6956	20,0
16-aug-99	10:00 - 12:00	Zomer	55	23421	840	5465	15,7
2-sep-99	10:00 - 12:00	Zomer	72	23612	604	3964	22,8
14-sep-99	10:00 - 12:00	Zomer	84	23908	1272	8448	48,6
28-sep-99	10:11 - 12:26	Zomer	98	23809	1116	7380	42,4
03-nov-99	10:25 - 12:25	Winter	8	12455	1700	5882	16,9
24-nov-99	10:00 - 12:00	Winter	28	11494	806	2573	7,4
19-jan-00	10:00 - 12:00	Winter	85	4946	3417	4695	27,0
02-feb-00	10:00 - 12:00	Winter	98	8744	5903*	14338	82,4
09-feb-00	10:00 - 12:00	Winter	105	7165	2039**	4058	**

* 1 varken uit de groep gehaald tijdens geurmeting.

** geen NKO kwaliteit; derhalve niet meegenomen in de berekening van de gemiddeld geuremissie.

De eerste twee geurmetingen in de zomer- en winterperiode werden genomen voor splitsen van het koppel. Uit de tabel blijkt dat met name in de winterperiode de resultaten sterk verschillend waren. De gemiddelde geuremissie in de zomerperiode was 27,1 OU_E/s per dierplaats en in de winterperiode was dit 23,0 OU_E/s per dierplaats. De geuremissie in de winter was iets lager dan in de zomer (op Ln schaal 5% lager). De geuremissie van een traditionele vleesvarkenstal is 22,4 OU_E/s per dierplaats (Ogink en Klarenbeek, 1997). Gedurende de geurmeting van 2 februari werd door de diervoorzorg 1 dier uit de afdeling gehaald. Dit heeft waarschijnlijk effect gehad op de geurconcentratie door extra activiteit van de overige dieren. Wanneer deze meting niet werd meegenomen in de berekening lag de geuremissie van de winterperiode op Ln schaal 15% lager ten opzicht van de zomerperiode. De meting van 9 februari werd geanalyseerd door onvoldoende gekwalificeerde panelleden. Hierdoor kon geen NKO kwaliteitskeurmerk worden afgegeven. De gemiddelde geuremissie op jaarbasis was zonder de metingen van 2 en 9 februari 21,7 OU_E/s per dierplaats.

4 Discussie

De ammoniakemissie was in de zomerperiode 2,7 en in de winterperiode 1,1 kg per dierplaats per jaar. Over beide perioden gemiddeld bedroeg de emissie 1,9 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De gemiddelde emissie kwam hoger uit dan op basis van het emitterend kelderoppervlak (zie Tabel 2) mocht worden verwacht en ook hoger dan de emissiefactor voor Groenlabelstallen voor vleesvarkens (1,5 kg per dierplaats per jaar). Echter, het totale vloeroppervlak per dier was groter dan in traditionele stallen voor vleesvarkens, zodat de gevonden gemiddelde emissie in de lijn der verwachting lag. De afwijking ten opzichte van de genoemde emissiefactor was waarschijnlijk veroorzaakt door de geconstateerde hokbevuiling. Het grote verschil tussen de zomer- en de winterperiode was opmerkelijk, aangezien er in beide perioden sprake was van hokbevuiling. Een mogelijke verklaring hiervoor was dat, als gevolg van ventilatie, in de zomerperiode een verhoging van zowel het debiet als de temperatuur optrad, met een hoge emissie als gevolg. In de winterperiode werd weinig geventileerd en was de ruimtetemperatuur laag. Kennelijk had dit een minder verhogend effect op de ammoniakemissie, zowel relatief ten opzichte van de zomer als in absolute zin.

Uit de resultaten van de productiegegevens viel op dat in de winterperiode het aantal ligdagen 12 dagen meer was dan het landelijk gemiddelde. Het emissieverloop in figuur 1 geeft aan dat de emissie juist aan het einde van de winterperiode toenam. Wanneer het aantal ligdagen gelijk aan het landelijk gemiddelde werd gesteld dan zou de emissie in de winterperiode 1,0 kg NH₃ per dierplaats per jaar zijn geweest, hetgeen iets lager is dan op basis van alle meetdagen werd berekend.

In de praktijk zal de Beddenstal natuurlijk worden geventileerd. Om onderzoekstechnische redenen werd in het onderhavige onderzoek besloten om de stal mechanisch te ventileren. Gemiddeld bedroeg het ventilatiedebiet 96 m³/uur per dier in de zomerperiode en 31 m³/uur per dier in de winterperiode, gemiddeld was het 45 m³/uur per dier. Dit was hoger dan in eerder onderzoek is gemeten in mechanisch geventileerde varkensstallen. In die onderzoeken varieerde het gemiddelde debiet tussen 25 en 45 m³/uur per dier (Reitsma *et al.*, 1994; Groenestein en Huis in 't Veld, 1996; Hol en Satter, 1998 en Satter *et al.*, 1997). Echter, het ventilatiedebiet in natuurlijk geventileerde stallen zal in de praktijk waarschijnlijk hoger liggen dan in mechanisch geventileerde stallen. In het onderhavige onderzoek was derhalve terecht gekozen voor een hoger ventilatiedebiet dan in mechanisch geventileerde stallen. Negatieve invloeden op het dier waren niet te verwachten, omdat de varkens zonder extra bijverwarming in de bedden toch warm konden liggen. Het luchtpatroon bij mechanisch geventileerde stallen wijkt af van die van natuurlijk geventileerde stallen. Onduidelijk is of dit afwijkende luchtpatroon tot een verandering in de ammoniakemissie zal leiden.

De gemiddelde geuremissie (27,1 OU_E/s zomerperioden en 23,0 OU_E/s winterperiode) lag in lijn met de eerder gemeten emissie voor conventionele varkensstallen met gedeeltelijk roostervloer van 22,4 OU_E/s per dierplaats (Ogink en Klarenbeek, 1997). Dit laatste cijfer was gebaseerd op afzonderlijke metingen aan vier varkensstallen. Bij deze metingen bleek dat de variatie tussen vleesvarkensstallen aanzienlijk kan zijn met een variatiecoëfficiënt van bijna 25%. In het VROM/LNV-meetprogramma ter bepaling van geuremissies uit stalsystemen werden meerdere ammoniakemissie-arme stalsystemen bemeten. De resultaten van deze metingen waren nog niet beschikbaar en konden hier daarom niet in relatie met deze geurmeting besproken worden.

5 Conclusie

De ammoniakemissie uit de Beddenstal voor vleesvarkens was gedurende de zomerperiode gemiddeld 2,7 en voor de winterperiode 1,1 kg per dierplaats per jaar (gecorrigeerd voor 10% leegstand). De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg 21,7 OU_E/s per dierplaats.

De Beddenstal voor vleesvarkens zal in de praktijk natuurlijk geventileerd worden. Dit had tot gevolg dat het ventilatie-debiet hoger zal zijn en de ruimtetemperatuur meer met de buitentemperatuur mee beweegt ten opzichte van mechanisch geventileerde stallen. Beide factoren hebben invloed op de ammoniakemissie.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., 1997. Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behavior. PH.D. thesis, Agricultural University Wageningen, 175 pp.
- Aarnink, A.J.A. en A. Elzing, 1998. Dynamic model for ammonia volatilization in housing with partially slatted floors, for fattening pigs. *Livestock Production Science* 53: 153-169.
- Beoordelingsrichtlijn emissiearme stalsystemen, 1996. Uitgave maart 1996 door Stichting Groen Label, Deventer.
- Berckmans, D., Ph. Vandenbroeck en V. Goedseels, 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3: 323-336.
- Groenestein, C.M. and J.H.W. Huis in 't Veld, 1996. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIX. Vleesvarkensstal met koeling van mestoppervlak in de kelder. DLO-rapport 96-1003
- Handboek voor de Varkenshouderij, 1993. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij. Afdeling varkenshouderij. Publikatie nr. 37, p. 291.
- Heij, G.J. en T. Schneider, 1995. Dutch priority programme on acidification. Final report third phase Additional programme on acidification no. 300-05, 160 pp.
- Hol, J.M.G. and I.H.G. Satter, 1998. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIX. Vleesvarkensstal met gereduceerd emitterend oppervlak door aangepaste hokinrichting. DLO-rapport 98-1001.
- Hol, J.M.G. en P.W.G Groot Koerkamp, 1999. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIV, Rondloopstal voor dragende zeugen met voerstation en strobed. Wageningen, IMAG, Rapport 99-08, 22 pp. excl. bijlage.
- Intergrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1995. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, SDU-Uitgeverij, 's Gravenhage, 36 pp.
- Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1999-2000. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, KWIN-V september 1999, Lelystad, Drukkerij Cabri b.v., 443 pp.
- NNI, 1995. NVN 2820/A1 Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, Maart 1995. (met wijzigingsblad A1, in brief aan geaccrediteerde instellingen 1996)
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.
- Ogink, N.W.M en J.V. Klarenbeek, 1997. Evaluation of a standard sampling method for determination of odour emission from animal housing systems and calibration of the Dutch pig odour unit into standardised odour units. Gepubliceerd in: Proceedings of the International symposium. Ammonia and odour control from production facilities. Vinkeloord The Netherlands, 1997. P231-238.
- PVV-regeling scharrelvarkens, 2000. Algemene voorwaarden PVV-regeling, versie 8 maart 2000. Productschap voor Vee en Vlees, Rijswijk.

Reitsma, B., J.M.G. Hol and C.M. Groenestein, 1994. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVI. Vleesvarkensstal met mestverwijdering door verschillende mestschuifsystemen. DLO-rapport 94-1007.

Satter, I.H.G., J.M.G. Hol, J.H.W. Huis in 't Veld and C.M. Groenestein, 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIX. Vleesvarkensstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten. DLO-rapport 97-1004.

Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyzer. In: E.N.J. van Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-22.

Scholtens, R. en C.E. van 't Klooster, 1993. Meetventilator. In: E.N.J. van Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.

VROM, 1989. Nationaal Milieubeleidsplan: kiezen of verliezen. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.

VROM, 1998. Nationaal Milieubeleidsplan 3. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.

VROM en LNV, 1996. Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996. Publicatie van de Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Weast, R.C., M.J. Astle and W.H. Beyer, 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.

Werkgroep Emissiefactoren, 1996. Meetprotocol voor geuremissies uit stallen. Verkrijgbaar via het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 2000. Interimwet Ammoniak en Veehouderij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant 139, Den Haag, Bijlage 4 van 7^{de} wijziging UAV.

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en 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 van 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn. Ter ondersteuning van de regelgeving voor geurhinder door de veehouderij voert de IMAG-meetploeg aanvullende geuremissiemetingen uit aan stalsystemen waar ook NH_3 wordt gemeten. In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie uit van een zogenaamde 'Beddenstal' voor vleesvarkens. Om de emissie te kunnen meten werd de van oorsprong natuurlijk geventileerde stal voor een deel omgebouwd naar een mechanisch geventileerde afdeling. De mechanische ventilatie werd dusdanig ingesteld dat het klimaat in de stal zoveel mogelijk vergelijkbaar was aan het klimaat in de naastgelegen, natuurlijk geventileerde afdeling. Het ammoniakemissiereducerend principe van dit ontwerp berust op het verkleind emitterend oppervlak doordat het oppervlak van de mestplek (roostervloer) beperkt is. Aanvullend kan de lagere ruimtetemperatuur emissiereducerend werken. Beide punten werden gerealiseerd door de hokinrichting aan te passen.

Het onderzoek werd uitgevoerd gedurende twee productieronden van 4 maanden in een nieuwe stal voor vleesvarkens. De stal was opgedeeld in twee afdelingen; één afdeling was natuurlijk geventileerd, de andere mechanisch. De metingen werden verricht in de mechanisch geventileerde afdeling met 3 naast elkaar gelegen hokken. De hokken waren ingedeeld volgens een zogenaamde lengteopstelling; de bedden liggen tegenover elkaar met daartussen een dichte vloer en aan beide hoofdeinden lag een roostervloer met daaronder een mestkelder. De hokken konden opgedeeld worden in een voer- en speelgebied, een rustgebied en een mestgebied. In het voer- en speelgebied stonden 2 brijvoerbakken, een kettingcarrousel (speeltoestel) en een schuurpaal. In het mestgebied boven de roosters hingen 8 drinknippels met bakjes. Het rustgebied bestond uit 8 rustboxen die ook wel 'bedden' worden genoemd. De voorkant van een bed bestond uit een 'strokengordijn' waardoor de dieren vrij in en uit de bedden konden lopen. De door de dieren geproduceerde warmte bleef in de bedden hangen, waardoor de dieren naar behoefte een warmer (in de bedden) of koeler klimaat (buiten de bedden) konden opzoeken. De afdeling werd mechanisch geventileerd met 3 ventilatoren in de nok (\varnothing 56 cm). Buitenlucht kwam de stal binnen door een opening over de gehele lengte van beide zijden van de afdeling. De grootte van de opening werd gereguleerd door een kunststof windgordijn dat voor het gaas werd gerold. De grootte van de inlaatopening en de hoogte van het ventilatiedebiet werden geregeld met een klimaatcomputer. Deze werd geregeld afhankelijk van de afdelingstemperatuur. Het voer en water was *ad lib.* beschikbaar, waarbij de voerbakken tweemaal per dag werden gevuld.

In de onderzoeksafdeling werden 348 varkens opgelegd. Na 6 weken werd de helft van het koppel uit de afdeling verwijderd. Gedurende de periode voor het splitsen van de groep was het beschikbaar oppervlak $0,7 \text{ m}^2$ per dier en tijdens de periode na het splitsen $1,31 \text{ m}^2$ per dier. Van 22 juni 1999 tot 14 oktober 1999 (zomerperiode) en van 27 oktober 1999 tot 8 maart 2000 (winterperiode) werden de ammoniak- en geuremissie en het klimaat gemeten. De ammoniakemissie en het klimaat werd continue gemeten, de geuremissie werd 5 maal per productieronde tussen 10:00 en 12:00 uur gemeten.

De gemiddelde buitentemperatuur was voor de zomermeting $17,1 \text{ }^\circ\text{C}$ en voor de wintermeting $4,5 \text{ }^\circ\text{C}$. De gemiddelde temperatuur van de afdeling was respectievelijk $20,8 \text{ }^\circ\text{C}$ en $14,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Het bijbehorende debiet per varken was $96 \text{ m}^3/\text{uur}$ en $31 \text{ m}^3/\text{uur}$. De ammoniakemissie was gedurende de zomerperiode gemiddeld $2,7 \text{ kg}$ per dierplaats per jaar en voor de winterperiode $1,1 \text{ kg}$ (gecorrigeerd voor 10% leegstand). De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg in de zomerperiode $27,1 \text{ OU}_E/\text{s}$ per dierplaats en in de winterperiode $23,0 \text{ OU}_E/\text{s}$ per dierplaats. Het gemeten niveau ligt in lijn met de gemeten $22,4 \text{ OU}_E/\text{s}$ voor conventionele varkensstallen met gedeeltelijk roostervloer. Twee metingen uit de winterperiode werden niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde over beide meetperioden, waarmee geometrisch gemiddelde geuremissie $21,7 \text{ OU}_E/\text{s}$ per dierplaats bedroeg.

Summary

Deposition of ammonia, besides NO_x and SO_x deposition, causes acidification and eutrophication of the environment. The policy of the Dutch government aims at a reduction of 50% in the 2000 and 70% in 2005, compared with the emission level in 1980. Also, new legislation on odours from animal husbandry is being prepared. Within this framework research was carried out into the emission of ammonia and odour from a fattening pig house with beds (the so-called Beddenstal, Nütringer system). The originally naturally ventilated pig house was mechanically ventilated to allow emission measurements. The ventilation system was designed to simulate natural ventilation in terms of indoor climate. The emission reducing principle of the system was a combination of a reduced emitting surface area (slatted floors, pit), and a reduced temperature in the rooms.

The research was conducted during two fattening periods of 4 months each in a newly built pig house. The house had two compartments. The measurements were conducted in one mechanically ventilated compartment with three pens. Each pen could be divided in a foraging and playing area, an area for resting and a dunging area. The foraging and playing area contained 2 foddering troughs, whereas 8 drinking nipples were located in the dunging area. The resting area consisted of 8 boxes (so-called beds). A curtain was located in front of each box, to allow free animal traffic in and out the beds and to keep the heat inside the bed room. The animals were allowed to select the most convenient climatic conditions. The dunging area was 22% of the total pen surface area. The compartment was ventilated with 3 fans (\varnothing 56 cm), situated in the top of the roof. Ventilation air entered through lateral, curtain covered openings situated on both sides of the compartment. The size of the inlet openings and the ventilation rate (maximum 144 m^3 per hour per animal) were computer controlled, depending on the room temperature. Food and water was *ad lib.* available.

The research compartment contained 348 pigs. After 6 weeks, 50% of the animals were removed from the compartment. The surface area per animal was 0.66 m^2 before, and 1.31 m^2 after removal of the animals. The measurements (ammonia and odour emissions, climate) were conducted from 22 June to 14 October 1999 (summer period) and from 27 October 1999 to 8 March 2000 (winter period). The measurements of ammonia and climate were continuously. Odour was measured 5 times during a fattening period between 10:00 and 12:00 hours.

Average outside temperature was 17.1 $^{\circ}\text{C}$ during the summer and 4.5 $^{\circ}\text{C}$ during the winter. The average room temperatures were 20.8 $^{\circ}\text{C}$ and 14.6 $^{\circ}\text{C}$, respectively. Per animal, 96 m^3 per hour and 31 m^3 per hour was ventilated during the summer and the winter period, respectively. The ammonia emission was 2.7 kg per animal place per year for the summer period and 1.1 kg per animal place per year for the winter period. The geometrical mean odour emission amounted in the summer period was 27.1 OU_E/s per animal place and 23.0 OU_E/s per animal place in the winter period. The measured level was in the same range as for a traditional pig house which is 22.4 OU_E/s per animal place. The geometrical mean odour emission without two measurements from the winter period (false measurements due to disturbance in the pig house and no NKO quality) was 21.7 OU_E/s per animal place.

Bijlagen

BIJLAGE A	Kader en contactpersonen DLO-meetploeg
BIJLAGE B	Plattegrond en dwarsdoorsnede van de proefafdeling
BIJLAGE C	Kalibratieresultaten meetventilator
BIJLAGE D	Principe en kalibratieresultaten NO _x -monitor
BIJLAGE E	Omzettingspercentage convertors
BIJLAGE F	Temperatuur
BIJLAGE G	Relatieve luchtvochtigheid
BIJLAGE H	Ventilatiedebiet
BIJLAGE I	Ammoniakconcentratie

BIJLAGE A Kader en contactpersonen IMAG-meetploeg

1.1 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 emissie-arme 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 Begeleidings-commissie van DLO 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 "Emissie-arme stallen" die is opgesteld door de Stichting Groen Label. De daarin genoemde landbouwkundige voorwaarden vallen onder de verantwoordelijkheid van de aanvrager.

1.2 Contactpersonen

1.2.1

1.2.2 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

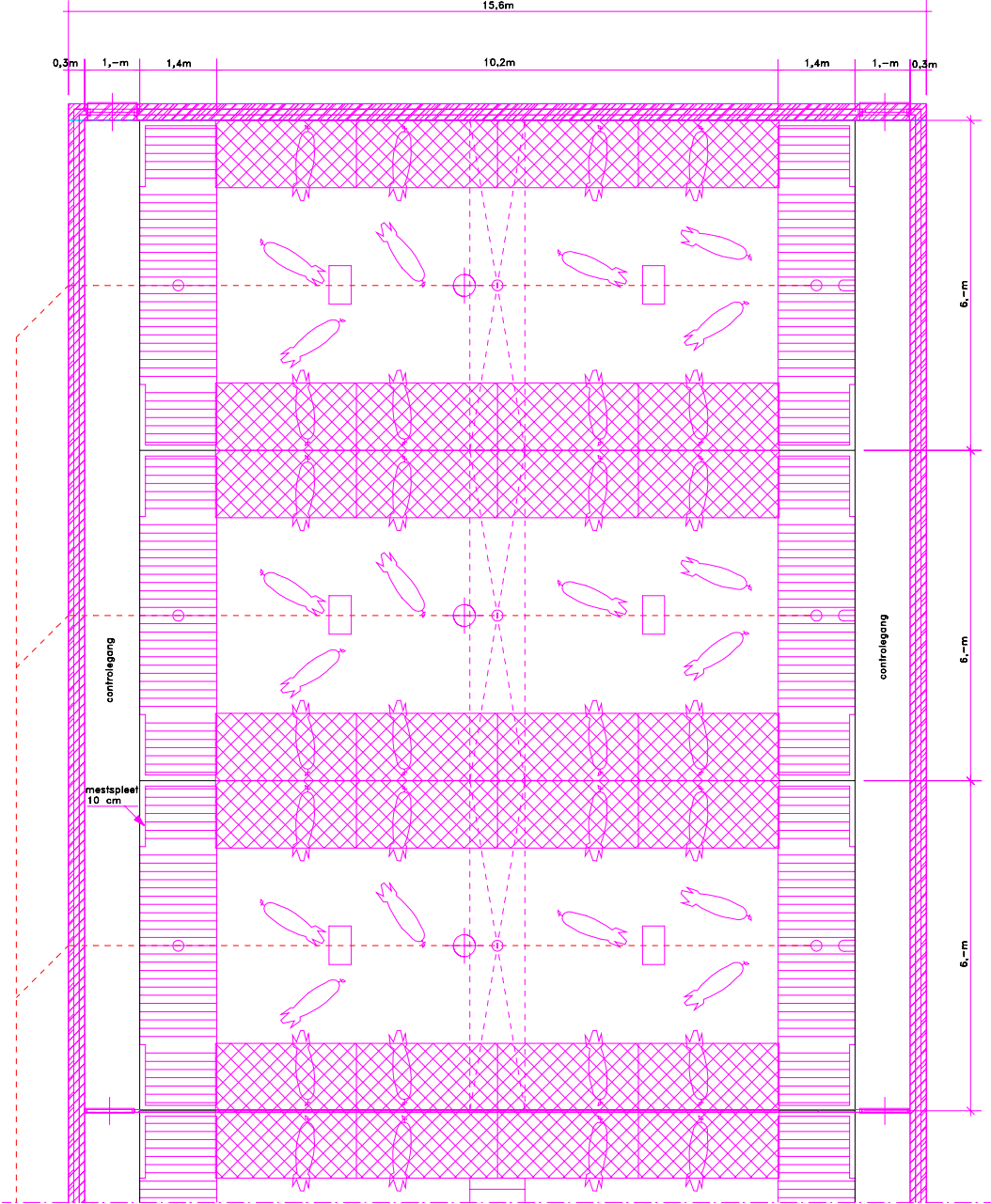
1.2.3 Coördinator IMAG-meetploeg

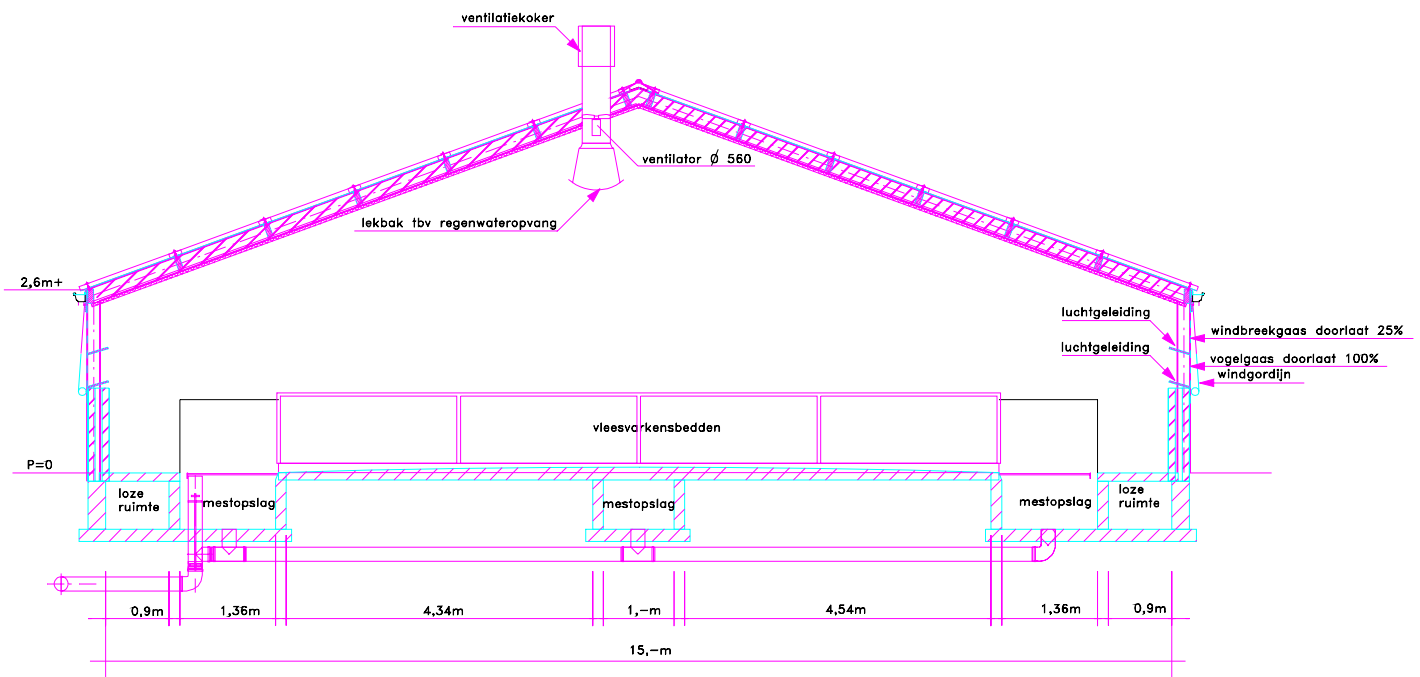
Dr. Ir. Peter W.G. Groot Koerkamp
Instituut voor Milieu- en Agritechniek IMAG
Bezoekadres: Mansholtlaan 10-12
6708 PA Wageningen
Postadres: Postbus 43
6700 AA Wageningen

Telefoon: 0317 47 63 00

BIJLAGE B

Plattegrond en doorsnede van de stal

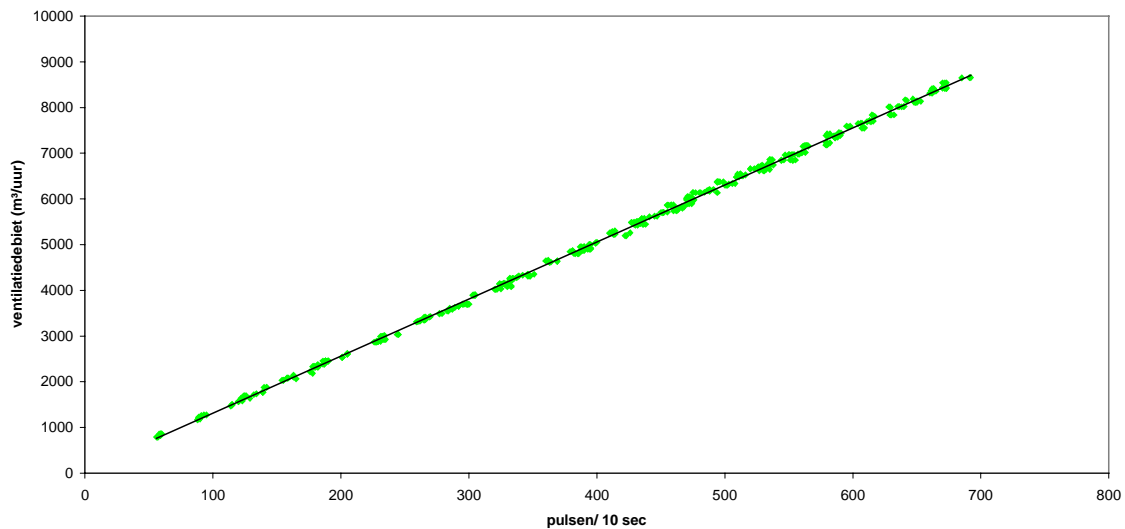




BIJLAGE C Kalibratieresultaten meetventilator

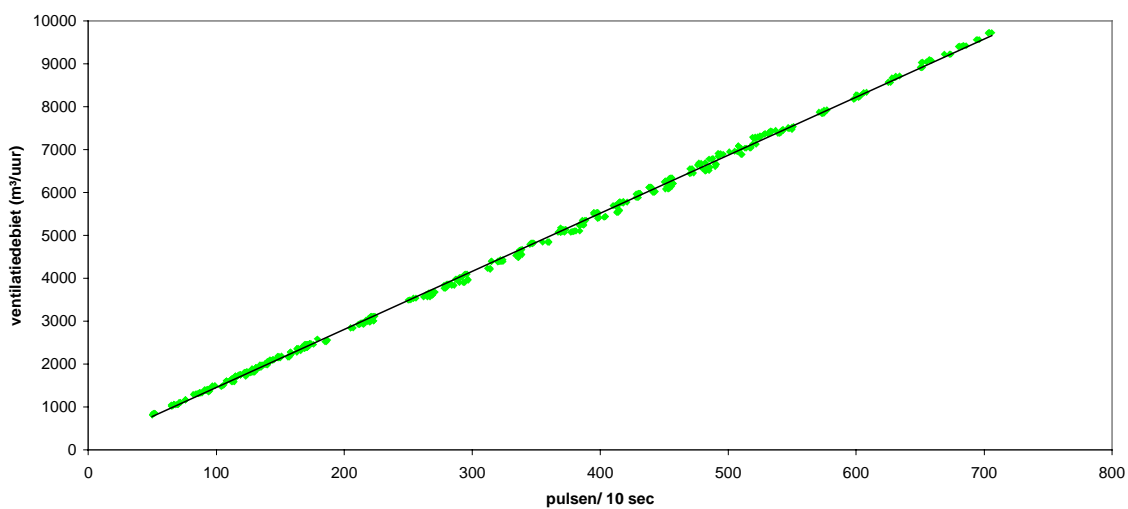
Een meetventilator met een diameter van 56 cm en 3 bladen, welke in de ventilatiekamer van hok 2 heeft gehangen, werd op 10 en 12 april 2000 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatie debiet (V in m³/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden gebruikt voor hok 1 en hok 2 was:

$$V = 13,290 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 131$$



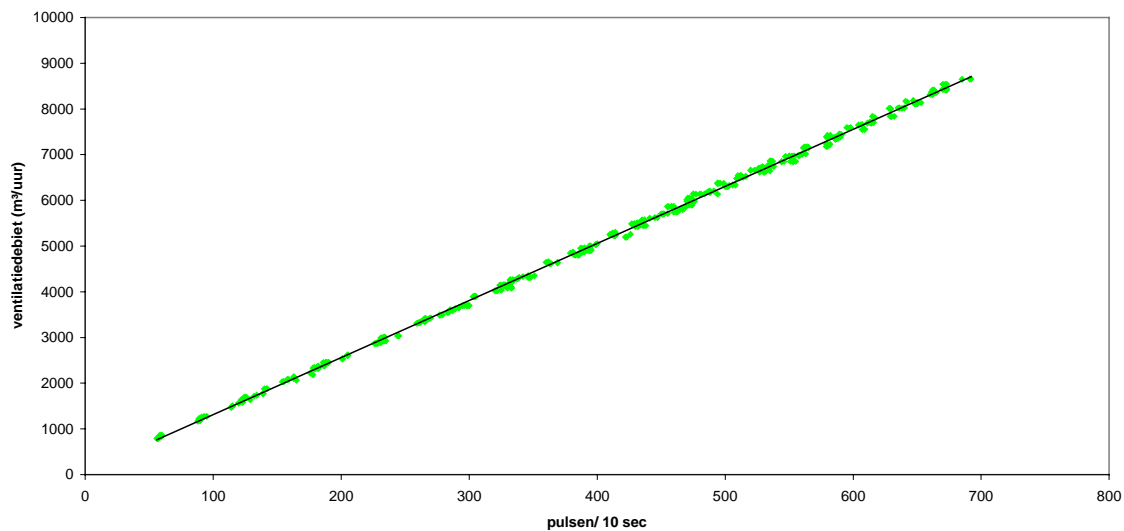
Een meetventilator met een diameter van 56 cm en 3 bladen, welke de zomerronde in hok 3 heeft gehangen, werd op 12, 14 en 17 april 2000 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatie debiet (V in m³/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$V = 13,553 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 96$$



Een meetventilator met een diameter van 56 cm en 4 bladen, welke de winterronde in hok 3 heeft gehangen, werd op 7 en 10 april 2000 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatiedebiet (V in m³/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

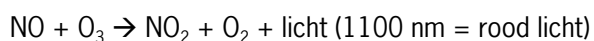
$$V = 12,484 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 70$$



BIJLAGE D Principe en kalibratieresultaten NO_x-monitor

1.3 Meetprincipe

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Monitor Labs nitrogen oxydes analyzer, model 8840). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentiereactie tussen ozon (O₃) en NO. Bij deze reactie komt NO₂, zuurstof (O₂) en licht vrij:



De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de NO-concentratie van de aangezogen lucht. Hierna volgt een korte beschrijving van het systeem en de meetopstelling.

Om NH₃ te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. In de convertor passeert de luchtstroom een stoffilter (5-6µm) waarna het verhit wordt tot circa 775 °C. Bij deze temperatuur wordt NH₃ aan een roestvrijstalen katalysator geoxideerd tot NO. De convertor is zo dicht mogelijk bij het monsternamepunt gemonteerd om het transport van NH₃ tot een minimum te beperken. NH₃ adsorbeert namelijk makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen kunnen worden verstoord. De stallucht werd continu aangezogen via teflonslangen. Om condensvorming in de slangen te voorkomen waren alle slangen verwarmd met een verwarmingslint en omwikkeld met isolatiemateriaal.

Voor het meten van NO₂-concentraties kan een molybdeenconvertor worden toegepast. In deze convertor wordt NO₂ vrijwel voor 100% omgezet naar NO door oxidatie van NO₂ op molybdeen bij ca. 325 °C. Een molybdeenconvertor kan noodzakelijk zijn als, door transport van NO in zeer lange leidingen, NO wordt omgezet in NO₂. Tijdens testmetingen met een slang van 350 m is geen verschil gemeten in NO-concentraties voor en na transport door deze slang (Bleijenberg, R en Ploegaert, J.P.M., 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 molybdeenconvertor in de monitor. Onder de gegeven meetomstandigheden vond tijdens het transport van lucht van de NH₃-convertor naar de NO_x-monitor geen aantoonbare omzetting plaats van NO in NO₂.

1.4 Kalibratieresultaten

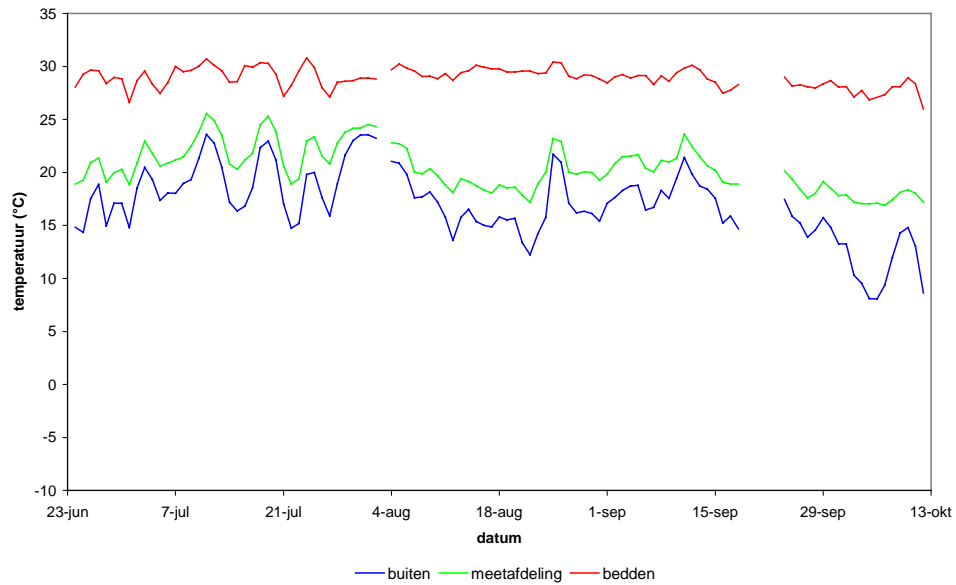
De wekelijkse kalibratie van de monitor werd gedurende de zomerronde uitgevoerd met 41,2 ppm NO-gas en tijdens de winterronde met 42,7 ppm. Tijdens de zomerperiode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld 4,8% en tijdens de winterperiode gemiddeld 2,2%.

BIJLAGE E Omzettingspercentage convertors

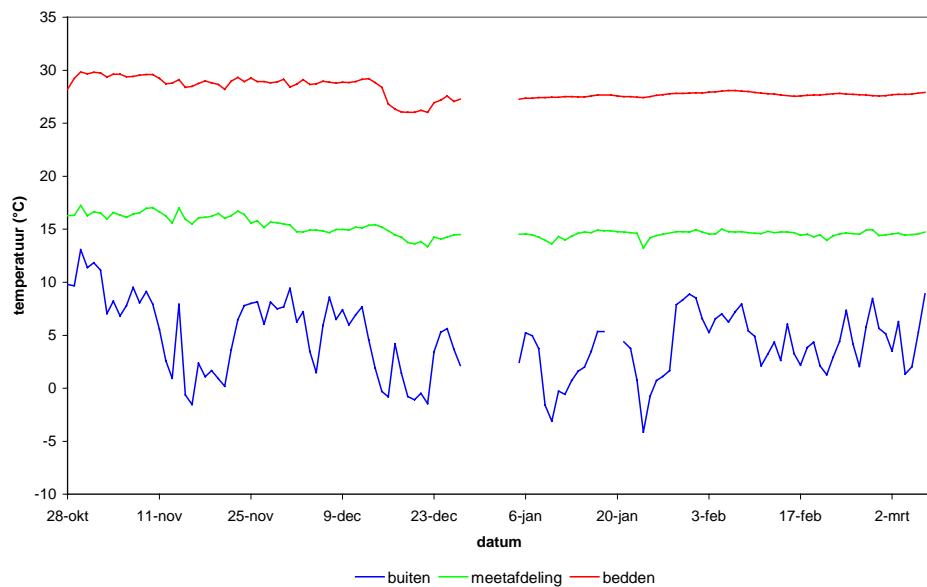
In onderstaande tabel staat per meetpunt het gemiddelde omzettingspercentage van de convertors weergegeven bij aanbieding van 10 ppm NH₃. Deze waarden werden gebruikt voor de correctie van de ammoniakconcentraties.

Meetperiode	zomer	winter
Achtergrond noordwest	96%	91%
Achtergrond zuidoost	93%	90%
Stalventilator hok 1	92%	94%
Stalventilator hok 2	92%	92%
Stalventilator hok 3	94%	93%

BIJLAGE F Temperatuur

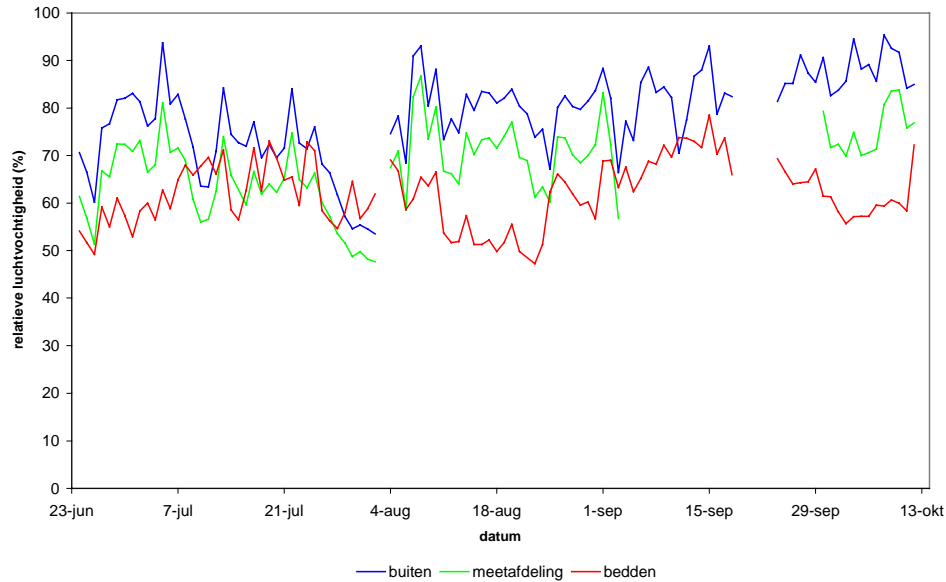


Daggemiddelden van de buitentemperatuur, de afdelingstemperatuur en de temperatuur in de bedden gedurende de zomerperiode.

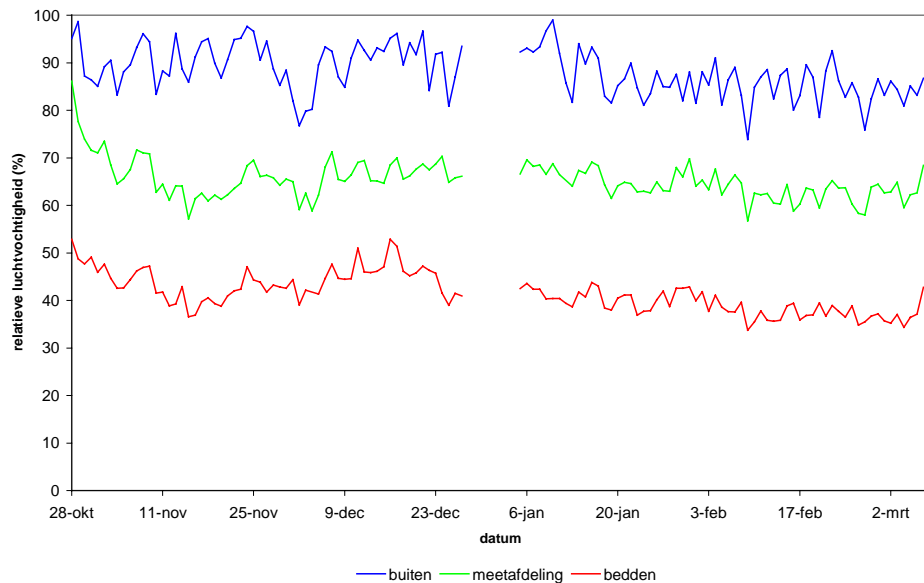


Daggemiddelden van de buitentemperatuur, de afdelingstemperatuur en de temperatuur in de bedden gedurende de winterperiode.

BIJLAGE G Relatieve luchtvochtigheid

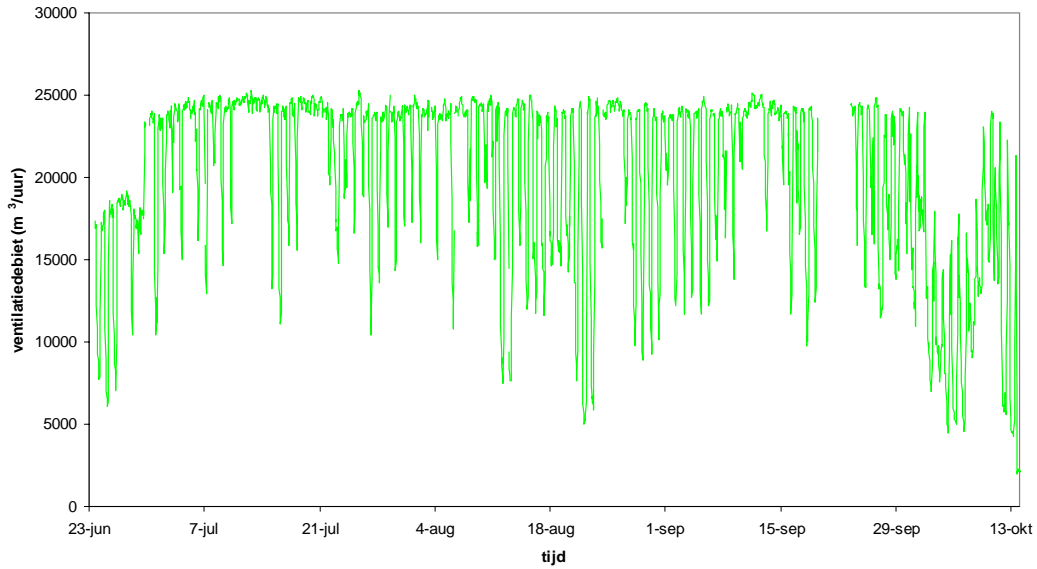


Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht, de lucht in de afdeling en in de bedden gedurende zomerronde.

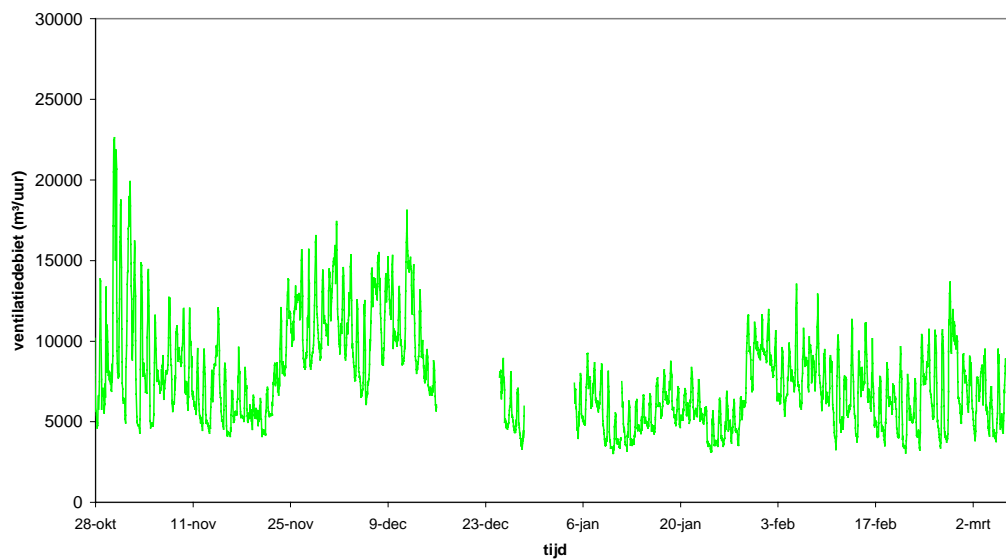


Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht, de lucht in de afdeling en in de bedden gedurende winterronde.

BIJLAGE H Ventilatiedebiet

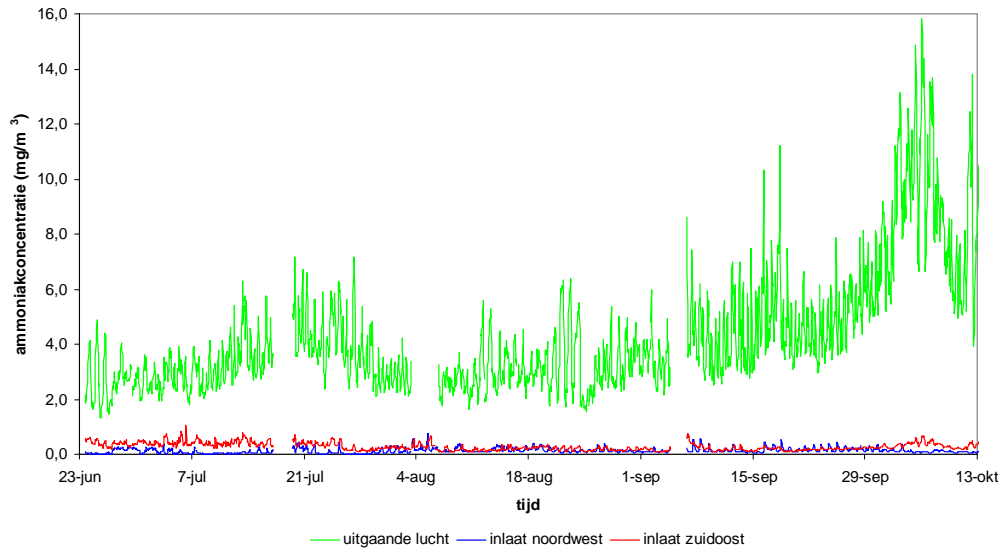


Uurgemiddelden van het totale ventilatiedebiet (m³/uur) tijdens de zomerperiode.

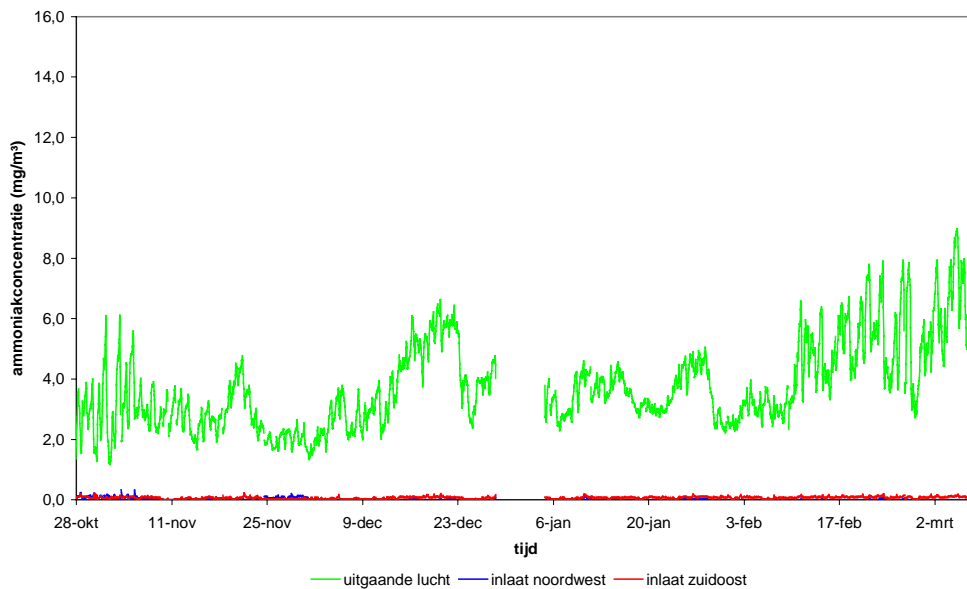


Uurgemiddelden van het totale ventilatiedebiet (m³/uur) tijdens winterperiode.

BIJLAGE I Ammoniakconcentratie



Uurgemiddelden van de ammoniakconcentratie (mg/m³) van de uitgaande (ventilatiekoker van hok 3) en ingaande lucht tijdens de zomerperiode.



Uurgemiddelden van de ammoniakconcentratie (mg/m³) van de uitgaande (ventilatiekoker van hok 3) en ingaande lucht tijdens de winterperiode.

Publicatieoverzicht

- 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.
- Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 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 ammoniakemissie van stallen VI: vleesvarkensstal met diepstrooiselsysteem.
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.

Groenestein, C.M., 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIII: zeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1004, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIV: biggenopfokstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO rapport 94-1005, 12 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XV: potstal voor zoogkoeien.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1006, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVI: vleesvarkensstal met mestverwijdering door schuifsystemen.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1007, 19 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., R. Bleijenberg en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVII: vleeskuikenouderdierenstal met halfroostervloer.
Wageningen, DLO rapport 94-1008, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVIII: compactbatterij voor leghennen met tweemaal daags verwijderen van natte mest.
Wageningen, DLO rapport 95-1001, 11 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIX: hellingstal voor vleesvarkens.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1002, 13 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XX: stal voor guste en dragende zeugen met mestopslag onder betonroosters.
Wageningen, DLO rapport 95-1003, 10 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXI: zeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1004, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., C.M. Groenestein en J.W.H. Huis in 't Veld, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXII: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met reductie van mestoppervlak en verdunning van mest.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1005, 23 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., J.W.H. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIII: Bandbatterij voor leghennen met geoptimaliseerde mestdroging.
Wageningen, DLO rapport 95-1006, 12 pp. excl. bijlage.

Huis in 't Veld, J.W.H. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIV: vleesvarkensstal met verdunning van mest door opvang in ammoniakvrije vloeistof.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1007, 15 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXV: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met pH-verlaging van de mest door spoelen met aangezuurde dunne mestfractie.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1001, 26 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVI: zeugen- en kraamzeugenstal met mestverwijdering door schuiven en reductie van mestoppervlak.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1002, 15 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVII: vleesvarkensstal met koeling van mestoppervlak in de kelder.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1003, 15 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXVIII: biggenopfokstal met mestverwijdering door hellende mestband.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1004, 15 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIX: scharrelstal voor leghennen.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1005, 12 pp. excl. bijlage.

Scholtens, R., J.J.C. van der Heiden-de Vos en J.W.H. Huis in 't Veld, 1996 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXX: natuurlijk geventileerde ligboxenstal voor melkvee met hellende dichte vloer en zelfrijdende sproeischuiven.
Wageningen, DLO, Rapport 96-1006, 15 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXI: verschillende huisvestingssystemen voor vleeskalveren.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1001, 15 pp. excl. bijlage.

Satter, I.H.G., H. Gunnink, B. Reitsma en C.M. Groenestein, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXII: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met koeling van het mestoppervlak in de kelder.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1002, 23 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en I.H.G. Satter, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIII: behandeling van lucht uit een composteringbak voor voorgedroogde leghennenmest door een fysisch-chemische wasser.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1003, 15 pp. excl. bijlage.

Satter, I.H.G., J.M.G. Hol, J.H.W. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIV: vleesvarkensstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1004, 17 pp. excl. bijlage.

Satter, I.H.G., H. Gunnink en C.M. Groenestein, 1997 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXV: Zeugenstal met reductie van mestoppervlak en verdunning van mest door opvang in ammoniakvrije vloeistof.
Wageningen, DLO, Rapport 97-1005, 12 pp. excl. bijlage.

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.

Hol, J.M.G. en I.H.G. Satter, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVII: Vleesvarkensstal met specifieke hokinrichting en gereduceerd emitterend oppervlak.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1001, 13 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en I.H.G. Satter, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVIII: Behandeling van lucht uit een scharrelstal voor leghennen met een chemische wasser.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1002, 13 pp. excl. bijlage.

Satter, I.H.G. en H. Gunnink, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIX: Scharrelstal voor leghennen met droging van de mest op banden onder de beun.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1003, 15 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en P.W.G. Groot Koerkamp, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXX: Vleeskuikenstal met verwarming en koeling van de vloer.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1004, 16 pp. excl. bijlage.

Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXXI: Natuurlijk geventileerde vleesstierenstal met betonroosters.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1005, 16 pp. excl. bijlage.

Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1998 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXXII: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer voor melkkoeien.
Wageningen, DLO, Rapport 98-1006, 16 pp. excl. bijlage.

Wever, A.C. en J.M.G. Hol, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIII: Twee traditionele huisvestingssystemen voor vleeseenden.
Wageningen, IMAG, Rapport 99-07, 25 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en P.W.G. Groot Koerkamp, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIV: Rondloopstal voor dragende zeugen met voerstation en strobed.
Wageningen, IMAG, Rapport 99-08, 22 pp. excl. bijlage.

Wever, A.C. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLV: Vleeskuikenstal met isolatie en ventilatie volgens het VEA-concept.
Wageningen, IMAG, Rapport 99-09, 21 pp. excl. bijlage.

Huis in 't Veld, J.W.H., P.W.G. Groot Koerkamp en R. Scholtens, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVI: Voletage volièresysteem voor legouderdieren en een droogtunnel
Wageningen, IMAG, Rapport 99-10, 22 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., J.V. Klarenbeek en P.W.G. Groot Koerkamp, 1999 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVII: Biothermische droogunit voor voorgedroogde leghennenmest met luchtbehandeling door een chemische wasser.
Wageningen, IMAG, Rapport 99-11, 23 pp. excl. bijlage.

Huis in 't Veld, J.W.H., G.J. Monteny en R. Scholtens, 2001 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVIII: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met sleufvloer voor melkvee; zomerperiode.
Wageningen, IMAG, Rapport 2001-03, 20 pp. excl. bijlage.