
Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LI

Beddenstal voor gespeende biggen

Adapted house for weaned piglets

Ing. J.M.G. Hol
Ir. C.M. Groenestein
Ing. E. Evers

IMAG Rapport 2001-09

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LI

Beddenstal voor gespeende biggen

Adapted house for weaned piglets

Ing. J.M.G. Hol
Ir. C.M. Groenestein
Ing. E. Evers

IMAG Rapport 2001-09
mei 2001

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Hol, J.M.G., C.M. Groenestein en E. Evers

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LI - Beddenstal voor gespeende biggen= Adapted house for weaned piglets / J.M.G. Hol, C.M. Groenestein en E. Evers. – Wageningen: IMAG. – (Rapport / Stichting Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek; 2001-09).

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

ISBN 90-5406-194-4

NUGI 849

Trefwoorden: ammoniakemissie, geuremissie, gespeende biggen, stallen

C 2001-09 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.

1 Abstract

J.M.G. Hol, C.M. Groenestein and E. Evers. Research into the ammonia emission from livestock production systems LI Adapted house for weaned piglets with boxes. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 2001-09, in Dutch, with summary in English, 21 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 house for weaned piglets with boxes. The research was carried out during a spring and summer period.

The emission of ammonia from the house amounted to 0.17 (spring period) and to 0.30 (summer period) kg/year per animal place with 10% correction for under-occupation. The odour emission was 2.4 OUE /s per animal place.

Keywords: ammonia emission, odour emission, weaned piglets

2 Voorwoord

Onderzoek naar de emissie uit veestallen onder praktische omstandigheden vergroot het inzicht in en de kennis over 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 gespeende biggen (Nürtinger systeem). Het onderzoek is uitgevoerd door de IMAG-meetploeg op het bedrijf van de familie Ten Brummelaar. Wij zijn alle partijen erkentelijk voor de goede samenwerking. We vertrouwen erop dat van de resultaten een nuttig gebruik wordt gemaakt.

Ir. A.A. Jongebreur

Directeur
IMAG Wageningen

2.1.1.1 Inhoud

| | |
|--|----|
| Abstract | 4 |
| Voorwoord | 5 |
| 1 Inleiding | 7 |
| 2 Materiaal en methode | 8 |
| 2.1 Stal- en bedrijfssituatie | 8 |
| 2.1.1 Bedrijfssituatie | 8 |
| 2.1.2 Huisvesting | 8 |
| 2.1.3 Ventilatie | 8 |
| 2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe | 9 |
| 2.2 Bedrijfsvoering | 9 |
| 2.2.1 Zoötechniek | 9 |
| 2.2.2 Klimaatregeling | 9 |
| 2.2.3 Voeding | 9 |
| 2.2.4 Gezondheid | 9 |
| 2.2.5 Mestmanagement | 10 |
| 2.3 Metingen | 10 |
| 2.3.1 Algemeen | 10 |
| 2.3.2 Productiegegevens | 11 |
| 2.3.3 Klimaat | 11 |
| 2.3.4 Ventilatiegebied | 11 |
| 2.3.5 Ammoniakconcentratie | 11 |
| 2.3.6 Geurconcentratie | 12 |
| 2.4 Dataverwerking | 12 |
| 3 Resultaten | 13 |
| 3.1 Productieresultaten | 13 |
| 3.2 Klimaat en ventilatiegebied | 13 |
| 3.3 Ammoniakconcentratie en -emissie | 13 |
| 3.4 Geurconcentratie en -emissie | 14 |
| 4 Discussie | 16 |
| 5 Conclusie | 17 |
| Literatuur | 18 |
| Samenvatting | 20 |
| Summary | 21 |
| Bijlagen | 22 |

3 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, namelijk het 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 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, in potentie emissiearme maatregelen, 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 milieu-effecten.

In bovenstaand kader werd door de meetploeg onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een zogenaamde Beddenstal voor gespeende biggen. Het ammoniakemissiereducerend principe van het stalontwerp was tweeledig, namelijk: het verkleinen van emitterend oppervlak door het verkleinen van de mestplek en het verlagen van de temperatuur van het emitterend oppervlak door het verlagen van de ruimtetemperatuur. Beide facetten konden worden gerealiseerd door de hokinrichting aan te passen. In het onderhavige onderzoek werd derhalve niet afzonderlijk ingestoken op het verlagen van de ruimtetemperatuur.

4 2 Materiaal en methode

4.1 2.1 Stal- en bedrijfssituatie

4.1.1 2.1.1 Bedrijfssituatie

De metingen zijn uitgevoerd in één van de afdelingen voor gespeende biggen in een stal voor kraamzeugen en gespeende biggen te Markelo. Deze afdeling is in maart 2000 in gebruik genomen na renovatie van de oude afdeling (traditionele inrichting). De ammoniakemissie werd gedurende twee ronden gemeten t.w. één in het voorjaar en één in de zomer. In Bijlage B is een plattegrond en een overzichtsfoto van de meetafdeling weergegeven. Naast fokvarkens met biggen werd op dit bedrijf ook melkvee gehouden.

4.1.2 2.1.2 Huisvesting

De proefafdeling was ingedeeld volgens een zogenaamde lengteopstelling; de bedden lagen daarbij tegenover elkaar met daartussen een dichte vloer en aan beide hoofdeinden een roostervloer met daaronder een mestkelder. De afdeling kon worden opgedeeld in verschillende functionele gebieden, namelijk: een voer- en speelgebied, een rustgebied en een mestgebied. In Tabel 1 zijn de afmetingen van de afdeling en de functionele gebieden weergegeven.

Tabel 1 Onderdelen van de afdeling en hun oppervlakte.

Table 1 Elements of the compartment and there dimension.

| | |
|---|------|
| Proefafdeling (m ²) | 42,1 |
| Netto vloeroppervlak (m ²)* | 40,0 |
| Voer- en speel gebied, dichte vloer (m ²) | 17,2 |
| Bedden (m ²) | 14,1 |
| Roostervloer, c.q. mestoppervlak in de kelder (m ²) | 8,7 |

*beschikbare ruimte.

In het voer- en speelgebied lag een dichte betonnen vloer. In deze ruimte konden de biggen voer opnemen uit twee dubbele droogvoederbakken (45x37cm). Tussen de voerbakken was een kettingcarrousel (speeltoestel) geplaatst. De ruimte was voorzien van een kleine hoeveelheid los stro.

Het rustgebied bestond uit 8 bedden (rustboxen). Drie wanden van de bedden, de deksel 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 hangen. De bedden konden worden bijverwarmd via de bovenkant. In de deksel was hiervoor een verwarmingselement aangebracht. De bovenkant van het bed kon open gezet worden voor controle van de dieren.

Het mestgebied, gelegen aan weerszijden van het voer- en speelgebied, had een metalen driekantrooster, met daaronder een kelder van 0,25 m diep. De mestkelders konden met een rioleringsysteem worden gelegegd. Het rooster en het voer- en speelgebied waren aaneengesloten. Langs de drie andere zijden van het rooster, aan de muurzijden, zat een mestspleet van 10 cm. De varkens konden drinken uit 6 drinknippels met lekbakjes, die boven de mestruimte hingen (3 per mestruimte).

4.1.3 2.1.3 Ventilatie

De afdeling was voorzien van 1 ventilatiekoker waarin een ventilator en een meetventilator waren geplaatst. De ventilator zorgde voor onderdruk in de stal, waardoor alle ventilatielucht die de stal verliet door de ventilatiekoker ging. De ventilator had een diameter van 35 cm, en een maximale capaciteit van 3.500 m³/uur. Dit is vastgesteld op basis van de gekalibreerde ijklijn (Bijlage C). De buitenlucht werd in de centrale gang opgewarmd en kwam de afdeling binnen via een opening aan de lange zijde aan de tegenoverliggende kant van de ventilator. Deze opening bevond zich 1 meter onder het plafond. Het inlaatoppervlak was 0,50 m² (0,08 x 6,25 m). De inlaatlucht werd niet gestuurd.

4.1.4 2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe

Het ammoniakemissiereducerend principe van het stalontwerp was tweeledig, namelijk het verkleinen emitterend oppervlak door het verkleinen van de mestplek en het verlagen van de temperatuur van het emitterend oppervlak door het verlagen van de ruimtetemperatuur. Via een goede 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 22% van het hokoppervlak, waarmee een klein emitterend kelderoppervlak werd gerealiseerd.

Door de aanwezigheid van de warme bedden, waar de biggen in konden rusten, kon de ruimtetemperatuur lager worden ingesteld. Een lage ruimtetemperatuur heeft in principe een reducerend effect op de ammoniakemissie (Aarmink, 1997). Door de ligging van de proefafdeling in de stal werd de inlaatlucht opgewarmd waardoor de omgevingstemperatuur in de afdeling gedurende de twee meetperioden nauwelijks verschilde van die in een traditionele afdeling.

4.2 2.2 Bedrijfsvoering

4.2.1 2.2.1 Zoötechniek

Volgens de welzijnsnormen voor gespeende biggen is het minimale beschikbare oppervlak 0,4 m² per big (Varkensbesluit, 1998). Op basis hiervan waren in deze afdeling 100 dierplaatsen aanwezig. In de afdeling werden 109 gespeende biggen (Seghers Hybrid) vanaf 7 kilo (leeftijd: 3-4 weken) gehuisvest tot een gewicht van 22-28 kg, waarna ze werden verplaatst naar een bedrijf met vleesvarkens. Tussentijds, op dag 33 en 32 van de betreffende productieperiodes, werden de zwaarste dieren uit de afdeling afgevoerd. In de voorjaarsperiode was dit 11% van de dieren en in de zomerperiode was dit 14%.

4.2.2 2.2.2 Klimaatregeling

De hoogte van het ventilatiedebiet werden geregeld met een klimaatcomputer en was afhankelijk van de afdelingstemperatuur. De afdelingstemperatuur werd gemeten met behulp van één temperatuursensor die op 1,5 m hoogte boven het rustgebied was geplaatst.

Het ventilatiedebiet werd geregeld tussen 1,5 en 32 m³/uur per big, waarbij de streef temperatuur in de stal 23 °C was. Bij het opleggen van de biggen werden de bedden verwarmd zodat de temperatuur ca. 30 °C was. Omdat de biggen na enkele dagen in staat waren om de bedden met hun eigen lichaamswarmte te verwarmen, werd de verwarming van de bedden uitgeschakeld.

4.2.3 2.2.3 Voeding

De dieren werden gevoerd met twee dubbele droogvoerbakken. De droogvoerbakken werden met de hand gevuld. Tabel 3 geeft de samenstellingen van het krachtvoer. Speenvoer werd gedurende de eerste 10 tot 14 dagen na opleg verstrekt waarna geleidelijk werd overgegaan op groeivoer.

Tabel 3 De energiewaarde (EW) en het ruw eiwit (re) van het krachtvoer.

Table 3 The energy value and the crude protein content of concentrate

| voersoort | EW (MJ/kg) | Re (g/kg) |
|-----------|------------|-----------|
| Speenvoer | 1,16 | 16,9 |
| Groeivoer | 1,14 | 17,2 |

De dieren konden onbeperkt water opnemen in de mestruimte. Hiervoor waren in de mestruimte aan beide zijden van de afdeling drie drinknippels beschikbaar. Onder iedere drinknippel was een opvangbak geplaatst.

4.2.4 2.2.4 Gezondheid

De dieren werden dagelijks visueel gecontroleerd en indien nodig individueel behandeld. Tijdens beide meetperioden werd 5 maal een dier individueel behandeld. Alle dieren werden gedurende beide meetperioden

preventief behandeld tegen diarree door 7 dagen een kuur, Colimix, aan het drinkwater toe te voegen. In de eerste meetperiode werd de eerste 21 dagen na opleg zink aan het drinkwater toegevoegd met als doel de weerstand van de biggen te verbeteren. Toetreding van daglicht in de stal was via lichtdoorlatende golfplaten in het dak mogelijk.

4.2.5 2.2.5 Mestmanagement

Iedere dag werden de roosters, indien nodig, mestvrij gemaakt. Dagelijks werd vers lang stro in het voer- en speelgebied gestrooid (ca. 20 g per dier per dag). Deze handelingen vonden in het algemeen tussen 9:00 en 10:00 uur plaatst. De mestkelder werd in de eerste meetperiode op 27 dagen na opleg geleegd. In de tweede meetperiode was dit op dag 24.

4.3 2.3 Metingen

4.3.1 2.3.1 Algemeen

De meetperioden liepen parallel aan de productieronden (zie Tabel 4). De 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 de veehouder (§2.3.2). De geurconcentratie werd per meetperiode 5 keer bepaald (§2.3.6).

Gedurende de meetperioden werden de volgende variabelen continu gemeten:

- klimaat in de afdeling, in één bed en buiten (§ 2.3.3);
- ventilatiedebiet (§ 2.3.4);
- ammoniakconcentratie van de uitgaande en van de ingaande lucht (§ 2.3.5).

In Tabel 4 worden de data en de lengten van de meetperioden vermeld.

Tabel 4 Start- en einddata van een meetperiode en het aantal meetdagen.

Table 4 Begin and end date of the two periods and the number of measuring days.

| | Voorjaarsperiode | Zomerperiode |
|------------------|------------------|-----------------|
| Start metingen | 1 april 2000 | 22 juni 2000 |
| Einde metingen | 9 mei 2000 | 2 augustus 2000 |
| Aantal meetdagen | 39 | 40 |

De meetapparatuur voor de continue metingen werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. 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 werd de algemene situatie in de stal opgenomen. Hiervan werden notities gemaakt in een logboek.

4.3.2 2.3.2 Produktiegegevens

Gedurende de twee productieperioden werden de volgende gegevens geregistreerd:

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

Het aflevergewicht werd per dier tijdens afleveren bepaald. Het voerverbruik werd bijgehouden. Uit deze gegevens werd de groei per dag (g) en het voerverbruik per dag berekend.

4.3.3 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 resp. $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en $\pm 2\%$. Het klimaat in de afdeling werd geregistreerd nabij de ventilatiekoker en in één van de bedden. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden aan de noordzijde van de stal gemeten. De sensoren werden vóór en na de metingen gecontroleerd.

4.3.4 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, waarbij de afstand tussen ventilator en meetventilator minimaal 0,5 m was. 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 meetventilator werd na de tweede meetperiode gekalibreerd. De resultaten zijn vermeld in Bijlage D.

4.3.5 2.3.5 Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x -monitor (Monitor Labs Inc., model ML 8840). Deze methode staat beschreven in Scholtens (1993) een korte omschrijving staat in Bijlage E. Om NH_3 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 (circa 250ml/min) en gemeten. De gemeten NH_3 -concentratie in ppm werd met een factor 0,71 (bij 20°C en 1 atm.) omgerekend naar mg NH_3 per m^3 lucht (Weast *et al.*, 1986). Het monsternamepunt van de uitgaande lucht bevond zich in de ventilatiekoker tussen de ventilator en de meetventilator. De ingaande lucht werd in de inlaatopening bemonsterd.

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 E. 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 meetperioden gekalibreerd. De gemiddelde omzettingspercentages zijn vermeld in Bijlage F.

4.3.6 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 een ventilatiekoker tussen ventilator en meetventilator. In totaal werden 10 geurmetingen verricht. De meetmomenten werden gelijkmatig verspreid over de meetperiodes. 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 zogenaamde longmethode. Hierbij werd een lege teflon-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 langs de monsternameleiding aangebracht. De stallucht werd vóór het monstervat gefilterd met een stofilter (1-2 μm).

De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van het IMAG volgens de voornorm NVN 2820 met wijzigingsblad A1 (NNI, 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 worden vermeld in resp. OU_E/m^3 en OU_E/s . De uitdrukking 'OU_E' staat hierbij voor 'European Odour Units'. Deze terminologie werd ontleend aan de Pre European Norm (PrEN) 'Odours' die binnen afzienbare tijd van kracht wordt. Verder sluit deze terminologie betere aan bij de internationale literatuur op het betreffende vakgebied. Tot aan de invoering van de PrEN geldt voor binnenlands gebruik: $1 \text{OU}_E/\text{m}^3 = 2 \text{g.e.}/\text{m}^3$ (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.

4.4 2.4 Dataverwerking

De ammoniakemissie (g/uur) werd berekend als het product van de ammoniakconcentratie (g/m^3) en het ventilatiedebiet (m^3/uur). Bij de berekening van de emissie werd de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht verminderd met de ammoniakconcentratie van de ingaande lucht. Door de lage onderdruk in de stal kwam het regelmatig voor dat in plaats van de ammoniakconcentratie van de ingaande lucht de concentratie van de bij de inlaat heersende stallucht werd gemeten. Op deze tijdstippen werd de gemiddelde concentraties van de ingaande lucht gebruikt. De berekende ammoniakemissie werd vergeleken met de emissiefactor voor gespeende biggen met een traditioneel ingerichte afdeling (volledig roostervloer met hokoppervlak groter dan $0,35 \text{m}^2$ per dier), code D 1.1.15.2 (Wijziging Uitvoeringsregeling, 2000). De geuremissie (OU_E/s) werd berekend als het product van geurconcentratie (OU_E/m^3) en ventilatiedebiet gedeeld door $3600 (\text{m}^3/\text{s})$. Op dit moment worden voor de gangbare biggenstallen geuremissiemetingen uitgevoerd en gerapporteerd. De rapportage is echter nog niet afgerond zodat vergelijking van deze resultaten niet mogelijk was.

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 ammoniak-concentraties 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. Uit de uurwaarnemingen van deze parameters werden daggemiddelde waarden berekend. De daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur) van dagen met minder dan 20 uren gegevens werden niet meegenomen in de verdere berekening. Voor beide meetperiodes werd, op basis van 100 dierplaatsen, de ammoniakemissie per dierplaats per jaar berekend, uitgaande van een vastgestelde leegstand voor gespeende biggen van 10% (Beoordelingsrichtlijn, 1996).

Gedurende beide meetperiodes zijn in totaal 10 geurmetingen verricht. De data van het ventilatiedebiet werden elk uur opgeslagen. Indien de uurgemiddelden niet op het hele uur vielen, werd het debiet geïnterpoleerd om een gemiddeld debiet tussen 10 en 12 uur te bepalen. Per geuremissies werd het natuurlijk logaritme (LN) berekend en deze werden gemiddeld. Dit geometrisch gemiddelde werd vervolgens weer door omzetting via de exponentiële functie op normale schaal uitgedrukt. Tenslotte werd, op basis van 100 dierplaatsen, de geuremissie per dierplaats berekend.

5 3 Resultaten

5.1 3.1 Productieresultaten

In Tabel 5 worden de productieresultaten tijdens het onderzoek en het landelijk gemiddelde weergegeven. Aangezien de biggenopfok als een onderdeel van de technische resultaten van de kraamzeugen wordt gezien, werden slechts het aflevergewicht en het voerverbruik vermeld in de Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2000-2001 (KWIN, 2000). De registratie van de voergegevens bleek onjuist te zijn verlopen. Het was echter niet waarschijnlijk dat de voeropname afwijkend was aangezien de twee productieronden zonder bijzonderheden verliepen.

Tabel 5 Productieresultaten per meetperiode en het landelijk gemiddelde (KWIN, 2000-2001)

Table 5 Production results and features of the rearing periods and the national standard (KWIN, 2000-2001).

| | Voorjaarsperiode | Zomerperiode | Landelijk gemiddelde |
|------------------------------|------------------|--------------|----------------------|
| Gewicht opgelegde big (kg) | 7 | 7 | - |
| Gewicht afgeleverde big (kg) | 23 | 26 | 25 |
| Uitval (%) | 0,9 | 2,0 | - |
| Lengte productieperiode | 40 | 41 | - |
| Groei (g/dag) | 400 | 460 | - |
| Voerverbruik (kg per big) | - | - | 28* |

* vanaf geboorte

5.2 3.2 Klimaat en ventilatiedebiet

In Tabel 6 zijn de gemiddelde temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en het ventilatiedebiet per aanwezig dier tijdens beide meetperioden weergegeven.

Tabel 6 Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht, de ingaande lucht, in de afdeling, in de bedden en ventilatiedebiet per dier tijdens beide meetperioden.

Table 6 Mean temperature and relative humidity of outdoor air, inlet air, air in the beds and ventilation rate per animal per measuring period.

| | Voorjaarsperiode | | | | Zomerperiode | | | |
|--|------------------|---------|----------|------|--------------|---------|----------|------|
| | buiten | ingaand | afdeling | bed | buiten | ingaand | afdeling | bed |
| Temperatuur (°C) | 12,6 | 16,8 | 22,7 | 30,0 | 17,1 | 18,7 | 24,1 | 30,5 |
| Relatieve luchtvochtigheid (%) | 72 | 55 | 58 | 56 | 75 | 65 | 68 | 59 |
| Ventilatiedebiet per aanwezig dier (m ³ /uur) | - | - | 5,1 | - | - | - | 6,1 | - |

In Bijlage G en H staan de daggemiddelden van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de uitgaande lucht en van de buitenlucht grafisch vermeld. In de voorjaarsperiode was de gemeten afdelingstemperatuur nagenoeg gelijk aan de streef temperatuur. In de zomerperiode was de afdelingstemperatuur hoger dan de streef temperatuur. In de zomerperiode waren ook de buitentemperatuur en de temperatuur van de ingaande lucht hoger dan tijdens de voorjaarsperiode, respectievelijk 4,5 °C en 2,1 °C. In Bijlage I staan de uurgemiddelden van het ventilatiedebiet voor beide meetperioden.

5.3 3.3 Ammoniakconcentratie en -emissie

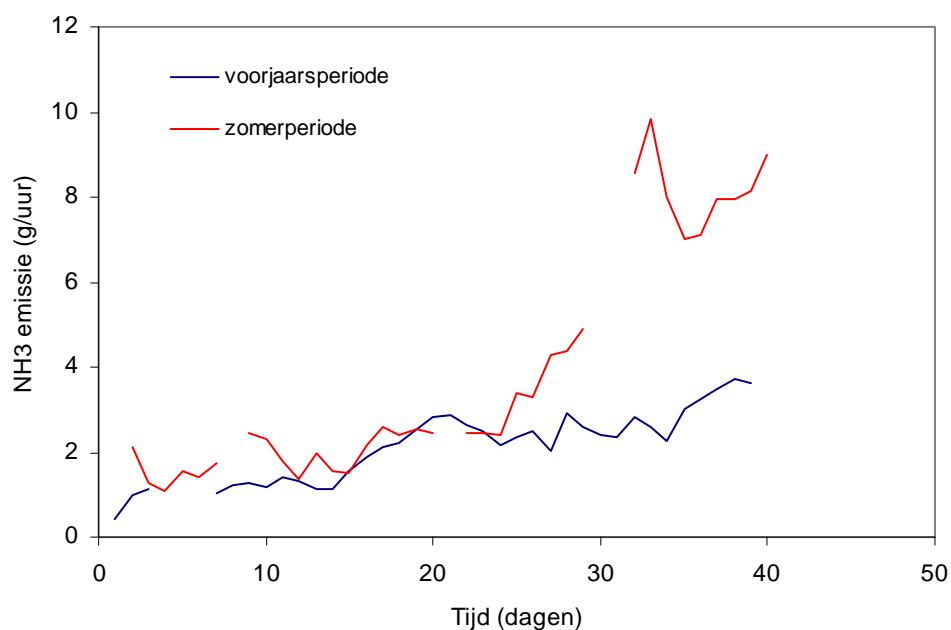
In Bijlage I zijn de gemeten NH₃-concentraties van de afdeling en de ingaande lucht voor beide meetperioden gegeven. In Tabel 7 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde ammoniakconcentraties en -emissie tijdens beide meetperioden.

Tabel 7 Gemiddelde NH₃-concentratie van de ingaande en uitgaande lucht en NH₃-emissie uit de afdeling per dag en per dierplaats per jaar voor beide meetperioden.

Table 7 Mean NH_3 -concentration of the inlet en outlet air and NH_3 -emission from the pig house per day and per animal place per year for both measuring periods.

| | Voorjaarsperiode | Zomerperiode |
|---|------------------|--------------|
| Lengte meetperiode (dagen) | 39 | 40 |
| Aantal dierplaatsen | 100 | 100 |
| NH_3 -concentratie in de stal (mg/m^3) | 4,2 | 6,1 |
| NH_3 -concentratie ingaande lucht (mg/m^3) | 0,4 | 0,4 |
| NH_3 -emissie (g/uur) | 2,15 | 3,81 |
| NH_3 -emissie per dierplaats (kg/jaar), met 10% leegstand | 0,17 | 0,30 |

Gedurende de meetperiode in het voorjaar was de gemiddelde NH_3 -emissie 0,17 kg en voor de meetperiode in de zomer 0,30 kg per dierplaats per jaar (met 10% leegstand). In Figuur 1 is het verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie uit de afdeling van de beide meetperioden weergegeven.



Figuur
Figure

Figuur 1 laat zien dat de emissie in de loop van beide meetperioden toenamen. Tot en met dag 24 was het niveau en het verloop voor beide meetperioden vergelijkbaar; daarna nam de emissie in de zomerperiode veel sneller toe. De metingen in de zomerperiode waren 1 dag na opleg van de biggen gestart waardoor de eerste meetdag niet volledig werd gemeten. De overige missende waarnemingen werden veroorzaakt door technische storingen in de meetapparatuur, waardoor geen of te weinig waarnemingen op een dag beschikbaar waren (dag 4, 5 en 6 van de voorjaarsperiode en dag 8, 21, 30 en 31 van de zomerperiode).

5.4 3.4 Geurconcentratie en -emissie

In Tabel 8 wordt de geurconcentratie en -emissie per dierplaats voor beide meetperioden gegeven, in Bijlage J worden de resultaten per meting gegeven. De geuremissie per dierplaats in de voorjaarsperiode was 2,1 OU_e/s en in de zomerperiode was dit 2,9 OU_e/s . De gemiddelde geuremissie over 10 metingen was 2,4 OU_e/s . Uit Bijlage J blijkt dat bij de vijfde meting in de voorjaarsperiode een lage geurconcentratie werd gevonden. De geurzak bleek niet volledig te zijn gevuld, maar voor de analyse in het geurlaboratorium bleek wel voldoende lucht aanwezig te zijn. De gemiddelde totale geuremissie zal zonder deze meting 25% hoger uitkomen.

Tabel 8 Gemiddelde geurconcentratie van de uitgaande lucht, ventilatiedebiet en de geuremissie uit de afdeling en per dierplaats voor beide meetperioden.

Table 8 Mean odour concentration of outlet air, ventilation rate and odour emission of the piglet house and per animal place for both measuring periods.

| Meetperiode | Voorjaarsperiode | Zomerperiode |
|-----------------|------------------|--------------|
| Aantal metingen | 5 | 5 |

| | | |
|---|-------|-------|
| Geurconcentratie (OU _e /m ³) | 1.581 | 2.175 |
| Gemiddeld debiet (m ³ /uur) | 557 | 520 |
| Geuremissie (OU _e /s) | 208 | 289 |
| Aantal dierplaatsen | 100 | 100 |
| Geuremissie per dierplaats (OU _e /s) | 2,1 | 2,9 |

6 4 Discussie

De ammoniakemissie wordt berekend als product van ventilatiedebiet en concentratietoename in de lucht. De concentratietoename is het verschil tussen de ammoniakconcentratie van de lucht die de stal uitgaat (stlaconcentratie) en die van de lucht die de stal binnenkomt (achtergrondconcentratie). Gedurende de metingen werd echter, met name bij lage debieten, een erg hoge achtergrondconcentratie geconstateerd. Deze bereikte zelfs af en toe het niveau van de stalconcentratie. Dit zou wellicht betekenen dat bij onvoldoende onderdruk lucht uit de afdeling lekte. Als dat het geval was, dan zou de emissie onderschat worden. Daarom werd met een rookproef de luchtbeveging gecontroleerd. Hierbij werd geconstateerd dat geen lucht uit de afdeling lekte. Wel werd waargenomen dat de luchtsnelheid bij de inlaat laag was. Waarschijnlijk werd bij lage debieten en luchtsnelheden niet de achtergrond gemeten, maar werd stallucht aangezogen. Daarom werden de hoge achtergrondconcentraties niet meegenomen in de berekeningen (deze zijn ook niet weergegeven in Bijlage I). De zo ontstane missende waarnemingen zijn vervangen door de gemiddelde achtergrondconcentraties die op de andere momenten gemeten werd. Hiervoor werd de stalconcentratie gecorrigeerd. Deze gecorrigeerde achtergrondconcentratie bedroeg in de voorjaarsperiode 10% en in de zomerperiode 6% ten opzichte van de stalconcentratie. Berekening van de ammoniakemissie met alleen uitgaande lucht, resulteerde in een emissie op jaarbasis die in de voorjaarsperiode 10% en in de zomerperiode 6% hoger lag.

De emissie bedroeg in het voorjaar 0,17 en in de zomer 0,30 kg per dierplaats per jaar. De emissie was in de zomerperiode hoger dan in de voorjaarsperiode omdat de laatste twee weken van de opfokronde de staltemperatuur en het ventilatiedebiet hoger waren in de zomerperiode. In de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (2000) staat voor een traditioneel ingerichte biggenstal met meer dan 0,35 m² hokoppervlak per dier, een ammoniakemissie van 0,75 kg per dierplaats per jaar (code D 1.1.15.2). Dit betekent dat het onderzochte stalsysteem de emissie in de voorjaarsperiode 77%, en in de zomerperiode 60% reduceerde.

Zoals in §2.1.4 aangegeven berust het emissiereducerende principe van het systeem op twee aspecten, namelijk het verkleinen van het emitterend oppervlak en het verlagen van de temperatuur van het emitterend oppervlak in een natuurlijk geventileerde omgeving. Tijdens onderhavig onderzoek werden de afdelingen mechanisch geventileerd waarbij een gangbare staltemperatuur van 23 °C werd nagestreefd. Het emissiereducerende principe berustte derhalve alleen op het verkleinen van het emitterend oppervlak. In een beddenstal voor vleesvarkens resulteerde een verschil in gemiddelde staltemperatuur van 6 °C in een verschil in emissie van 60% (Hol et al., 2001). Hieruit kan geconcludeerd worden dat de emissiereductie ten opzichte van de emissiefactor toe kan nemen wanneer de staltemperatuur in een beddenstal met biggen lager dan 23 °C zal zijn.

7 5 Conclusie

De ammoniakemissie uit de Beddenstal voor gespeende biggen was gedurende de voorjaarsperiode gemiddeld 0,17 en voor de zomerperiode 0,30 kg per dierplaats per jaar (gecorrigeerd voor 10% leegstand). De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg 2,4 OUE/s per dierplaats.

8 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.
- 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.
- 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., A.C. Wever en A.J.A. Aarnink, 2001. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen XLIX, Beddenstal voor vleesvarkens. Wageningen, IMAG, Rapport 2001-04, 24 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 2000-20010. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, KWIN-V september 2000, 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.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyzer. In: E.N.J. 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. Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.
- Varkensbesluit, 1998. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant 473, Den Haag.
- 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.

9 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 'Nürtinger beddenstal' voor gespeende biggen. 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 konden worden gerealiseerd door de hokinrichting aan te passen. Echter in het onderhavige onderzoek werd geen lagere ruimtetemperatuur toegepast.

Het onderzoek werd uitgevoerd gedurende twee productieronden van 6 weken in een nieuw ingerichte afdeling voor gespeende biggen. De metingen werden verricht in een mechanisch geventileerde afdeling die kon worden opgedeeld in een voer- en speelgebied, een rustgebied en een mestgebied. In het voer- en speelgebied, een dichte betonnen vloer, stonden 2 droogvoerbakken en een kettingcarrousel. In het mestgebied boven de roosters hingen 6 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. Aan het begin van de ronde werden de bedden verwarmd later bleef de door de dieren geproduceerde warmte 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 1 ventilator in het plafond (\varnothing 35 cm). Buitenlucht kwam de afdeling via de centrale gang binnen door een opening over de gehele lengte aan één zijde van de afdeling. 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 eenmaal per dag werden gevuld.

In de onderzoeksafdeling waren op basis van $0,4 \text{ m}^2$ per dier beschikbaar oppervlak 100 dierplaatsen. Van 1 april 2000 tot 10 mei 2000 (voorjaarsperiode) en van 23 juni 2000 tot 3 augustus 2000 (zomerperiode) 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 voorjaarsmeting $12,6 \text{ }^\circ\text{C}$ en voor de zomermeting $17,1 \text{ }^\circ\text{C}$. De gemiddelde temperatuur van de afdeling was respectievelijk $22,7 \text{ }^\circ\text{C}$ en $24,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Het bijbehorende debiet per dierplaats was $5,1 \text{ m}^3/\text{uur}$ en $6,1 \text{ m}^3/\text{uur}$. De ammoniakemissie was gedurende de voorjaarsperiode gemiddeld $0,17 \text{ kg}$ per dierplaats per jaar en voor de zomerperiode $0,30 \text{ kg}$ (gecorrigeerd voor 10% leegstand). De emissie van het onderzochte stalsysteem was in de voorjaarsperiode 77% en in de zomerperiode 60% lager dan de emissiefactor. Door aanwezigheid van warme bedden zou de omgevingstemperatuur lager kunnen zijn dan in het onderhavige onderzoek het geval was, dit zou de emissie nog verder kunnen verlagen.

De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg in de voorjaarsperiode $2,1 \text{ OU}_E/\text{s}$ per dierplaats en in de zomerperiode $2,9 \text{ OU}_E/\text{s}$ per dierplaats, waarmee geometrisch gemiddelde geuremissie $2,4 \text{ OU}_E/\text{s}$ per dierplaats bedroeg.

10 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 house for weaned piglets with beds (the so-called Beddenstal, Nütringer system). The emission reducing principal of the system was a combination of a reduced emitting surface area (slatted floors, pit), and a reduced temperature in the rooms. However the last principal was not applied in this research.

The research was conducted during two rearing periods of 6 weeks in a renovated compartment for piglets. The measurements were conducted in one mechanically ventilated compartment. This 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 6 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 compartment surface area. The compartment was ventilated with 1 fan (\varnothing 35 cm), situated in the roof. Ventilation air entered through an inlet opening which was situated on the whole length of one side and was situated on the opposite side of the where the fan was placed. The ventilation rate (maximum 32 m^3 per hour per animal) was computer controlled, depending on the room temperature. Food and water was *ad lib.* available.

The research compartment contained 100 piglets. The surface area per animal was 0.4 m^2 . The measurements (ammonia and odour emissions, climate) were conducted from 1 April 2000 to 10 May 2000 (spring period) and from 23 June 2000 to 3 August 2000 (summer 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 $12.7 \text{ }^\circ\text{C}$ during the spring and $17.1 \text{ }^\circ\text{C}$ during the summer measuring period. The average room temperatures were $22.9 \text{ }^\circ\text{C}$ and $24.1 \text{ }^\circ\text{C}$, respectively. Per animal, 5.1 m^3 per hour and 6.1 m^3 per hour was ventilated during the spring and the summer period, respectively. The ammonia emission was 0.17 kg per animal place per year for the spring period and 0.30 kg per animal place per year for the summer period. The geometrical mean odour emission amounted in the spring period was 2.1 OUE/s per animal place and 2.9 OUE/s per animal place in the summer period. The geometrical mean odour emission over all the measurements were 2.4 OUE/s per animal place.

11 Bijlagen

| | |
|-----------|---|
| BIJLAGE A | Kader en contactpersonen IMAG-meetploeg |
| BIJLAGE B | Plattegrond de afdeling en situatiefoto |
| 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 | Ventilatie-debiet |
| BIJLAGE I | Ammoniakconcentratie |
| BIJLAGE J | Geurconcentratie en -emissie |

12 BIJLAGE A Kader en contactpersonen IMAG-meetploeg

12.1 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.

12.2 Contactpersonen

12.2.1

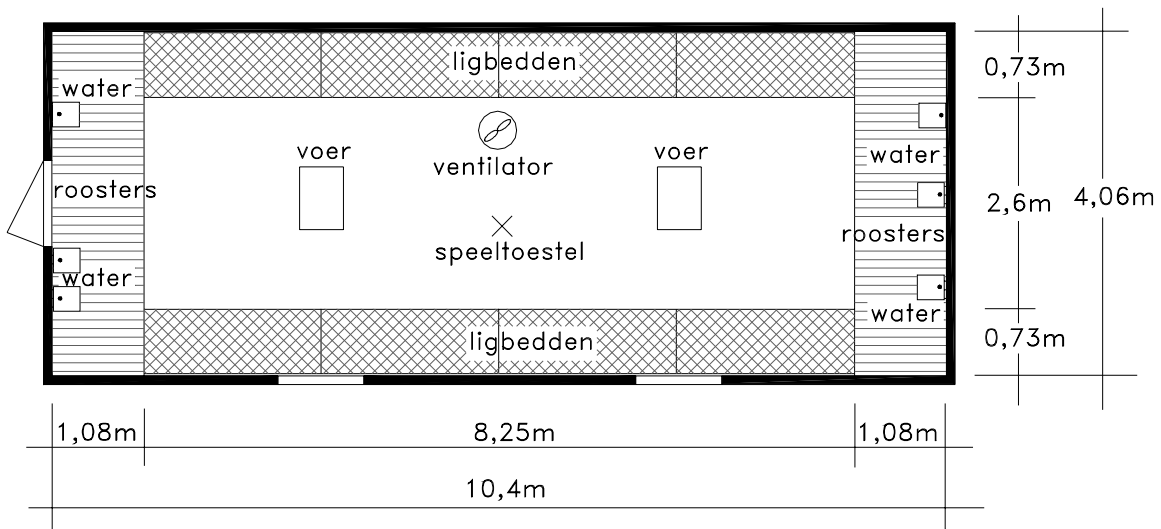
12.2.2 Voorzitter Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen

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

12.2.3 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 biggenafdeling en situatiefoto



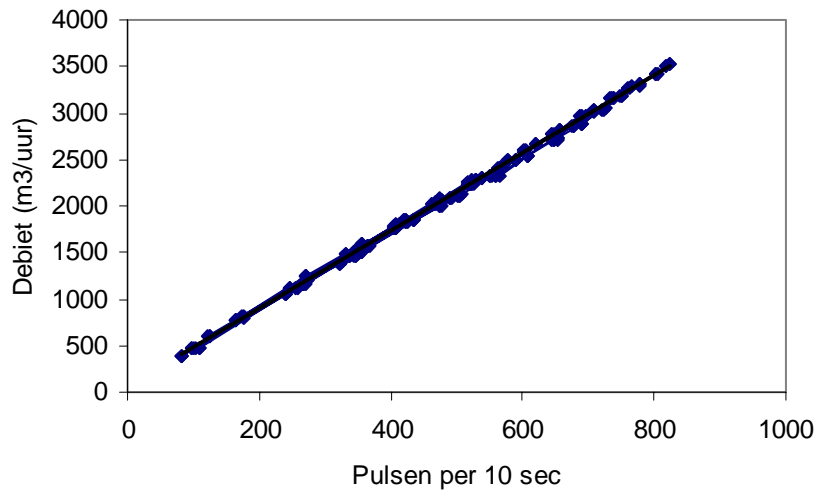
plattegrond beddenstal voor 100 biggen



BIJLAGE C Kalibratieresultaten meetventilator

De meetventilator met een diameter van 35 cm en 6 bladen werd op 10 oktober 2000 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatiedebiet (V in m³/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$V = 4,2 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 72$$



13 BIJLAGE D Principe en kalibratieresultaten NO_x-monitor

13.1 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.

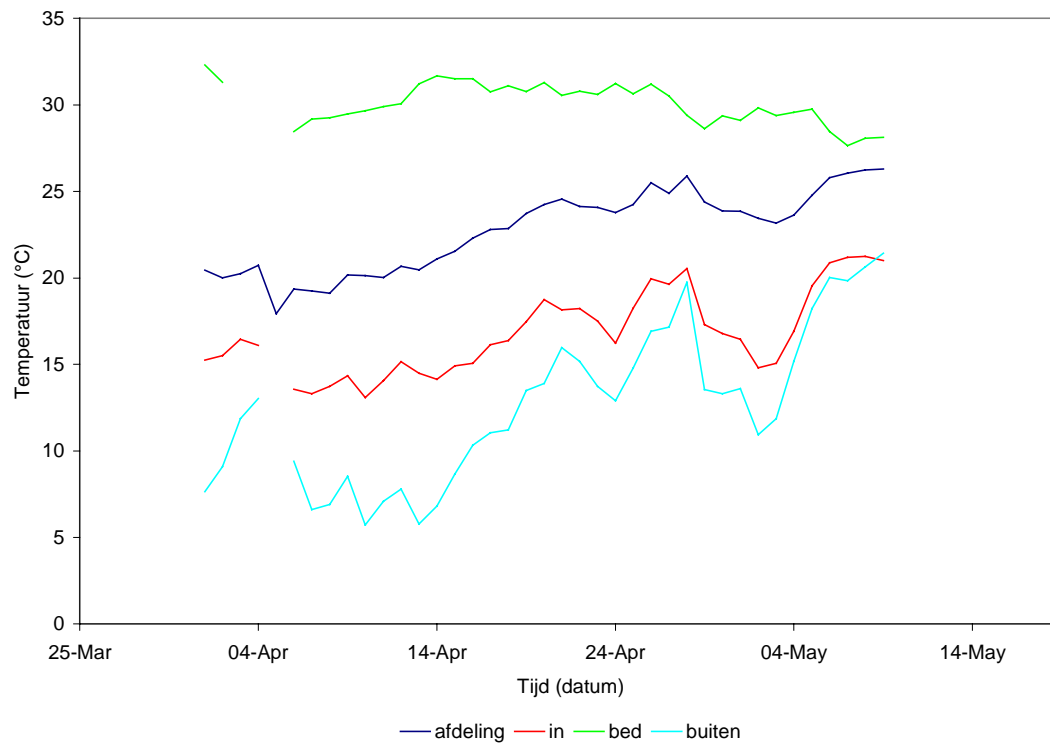
13.2 Kalibratieresultaten

De wekelijkse kalibratie van de monitor werd gedurende de zomerronde uitgevoerd met 43,1 ppm NO-gas en tijdens de winterronde met 40,1 ppm. Tijdens de zomerperiode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld 2,5% en tijdens de winterperiode gemiddeld 4,4%.

14 BIJLAGE E Omzettingspercentage convertors

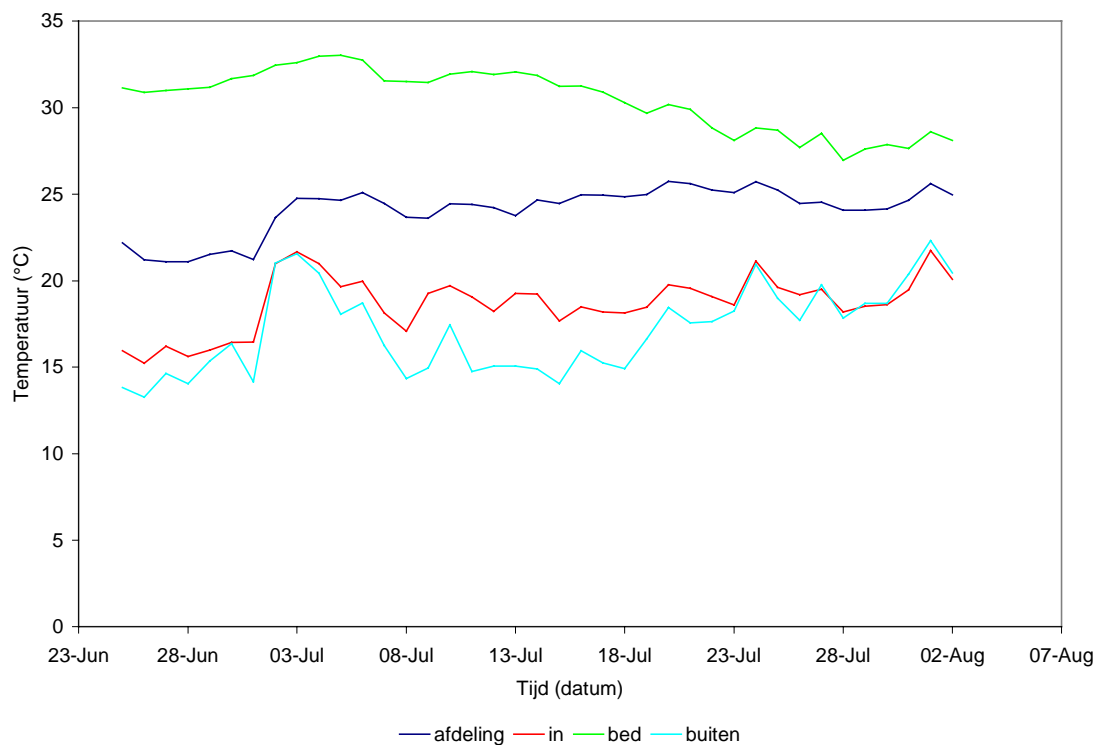
In onderstaande tabel staat per meetpunt het gemiddelde omzettingspercentage van de convertors weergegeven bij aanbieding van 10 ppm NH₃. Deze waardes werden gebruikt voor de correctie van de ammoniakconcentraties.

| Meetperiode | Voorjaar | Zomer |
|-------------|----------|-------|
| Ingaand | 91% | 91% |
| Afdeling | 92% | 94% |

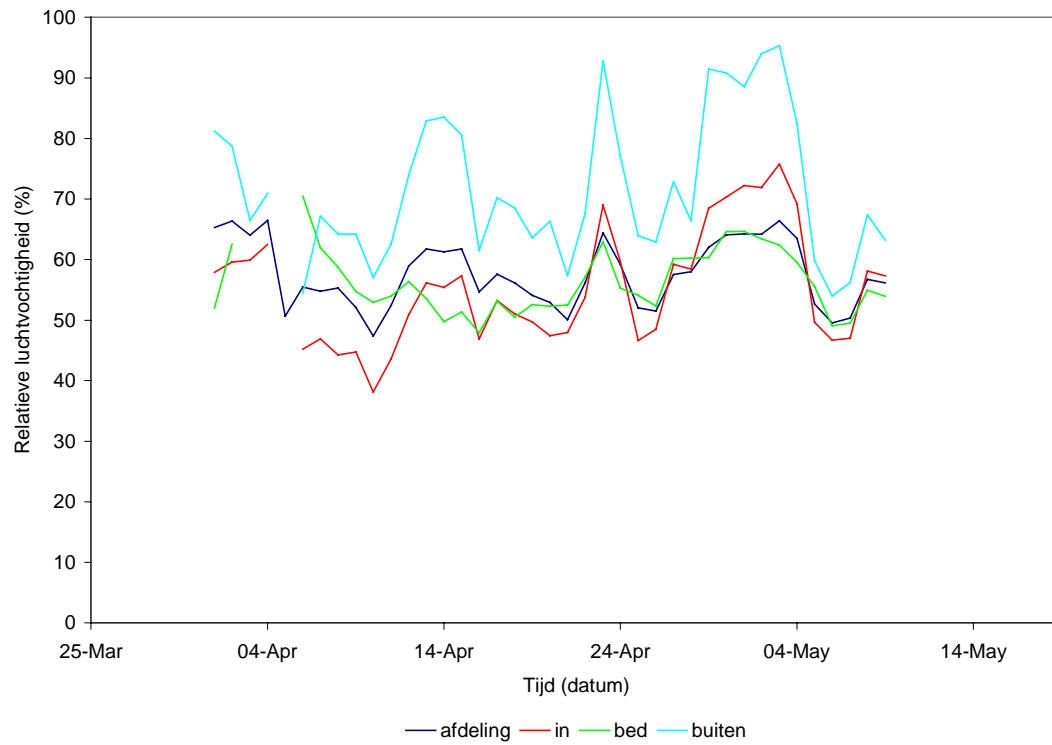


15 BIJLAGE F Temperatuur

Daggemiddelden van de temperatuur van de afdeling, de ingaande lucht, in de bedden en buiten gedurende de voorjaarsperiode.

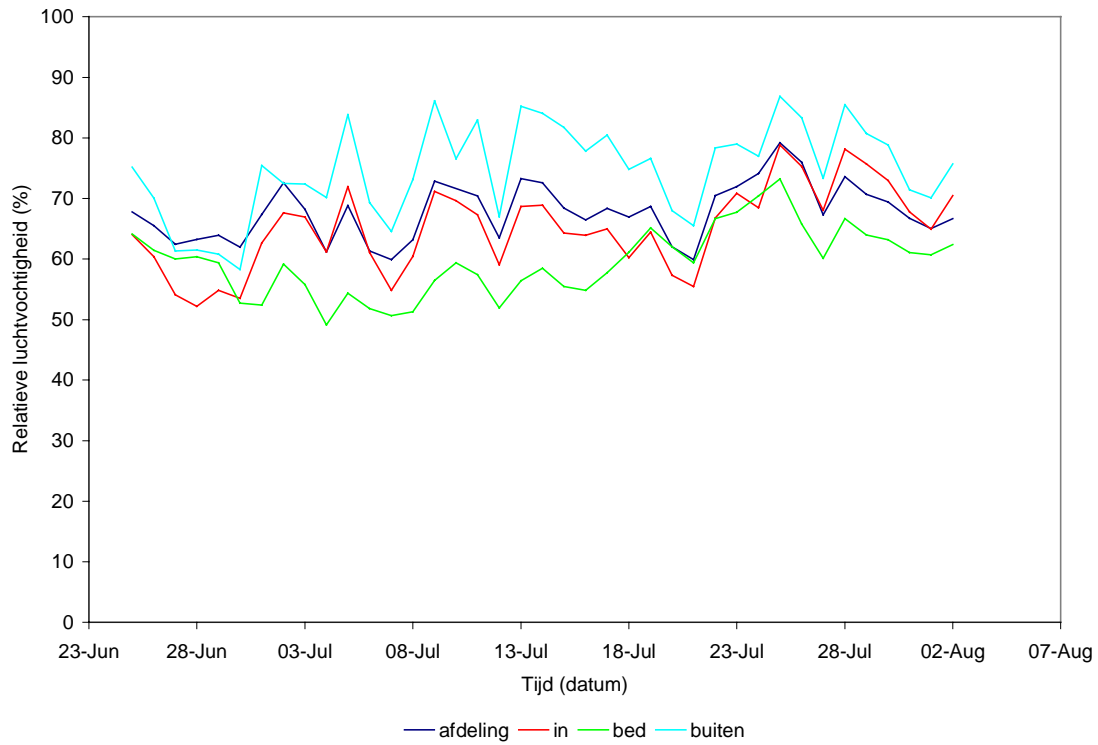


Daggemiddelden van de temperatuur van de afdeling, de ingaande lucht, in de bedden en buiten gedurende de zomerperiode.

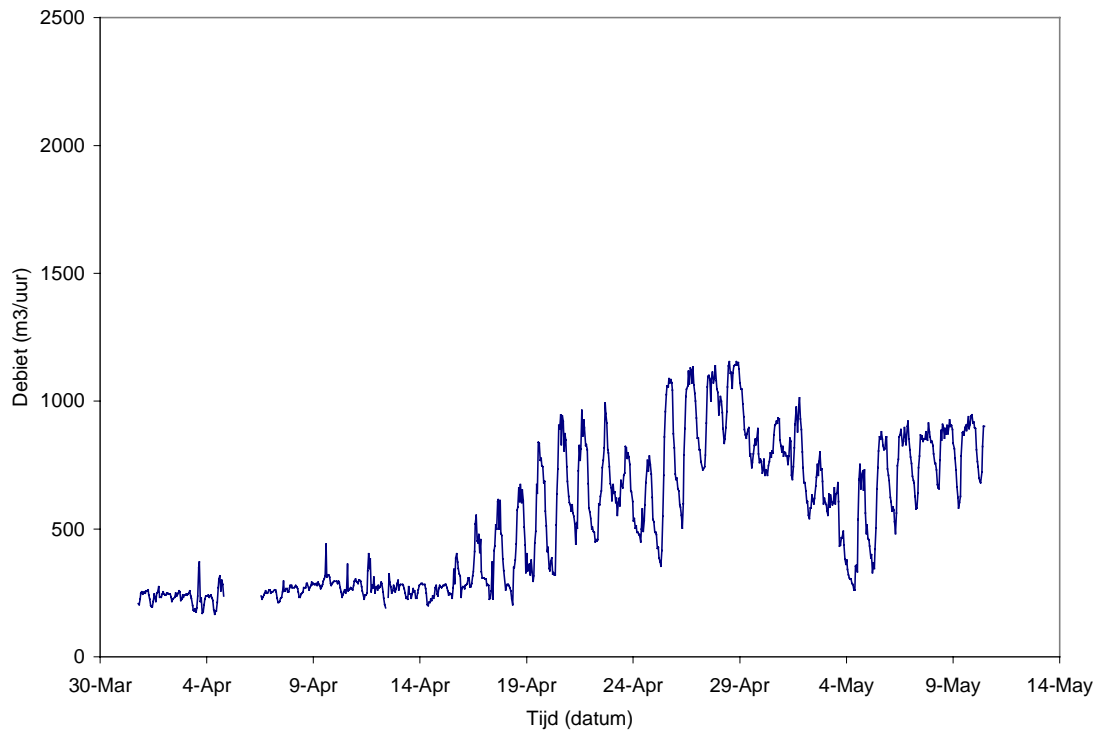


16 BIJLAGE G Relatieve luchtvochtigheid

Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de lucht in de afdeling, de ingaande lucht, van de lucht in een bed en van de buitenlucht gedurende voorjaarsperiode.

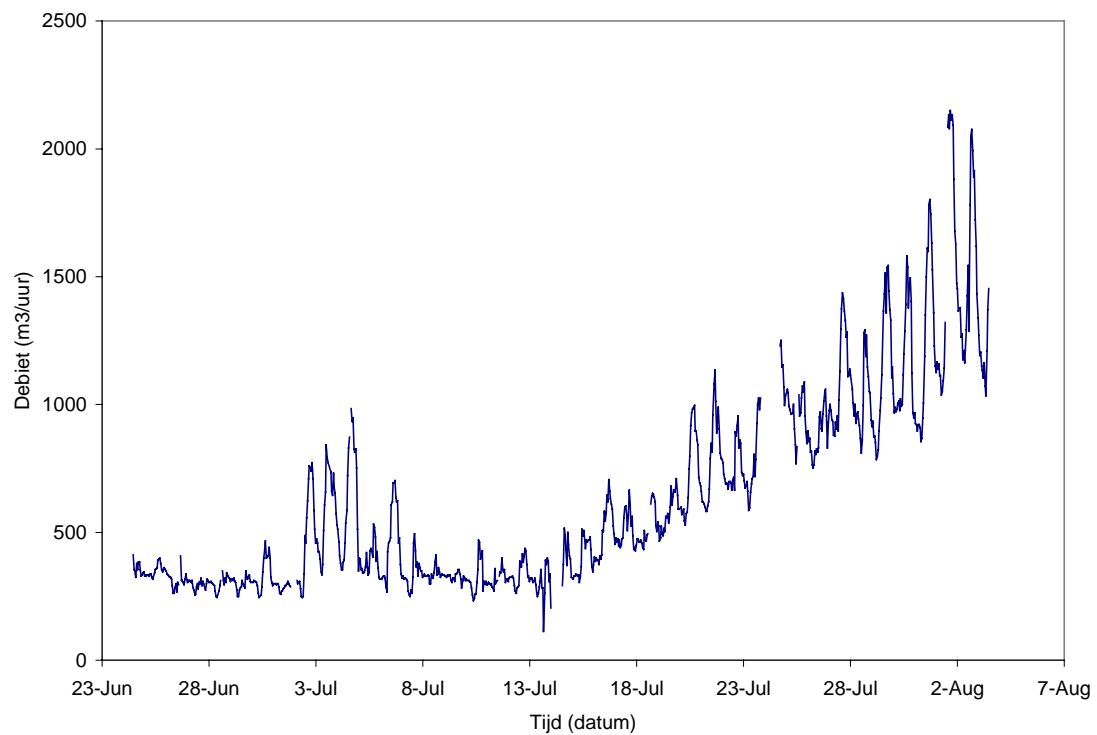


Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de lucht in de afdeling, de ingaande lucht, van de lucht in een bed en van de buitenlucht gedurende de zomerperiode.



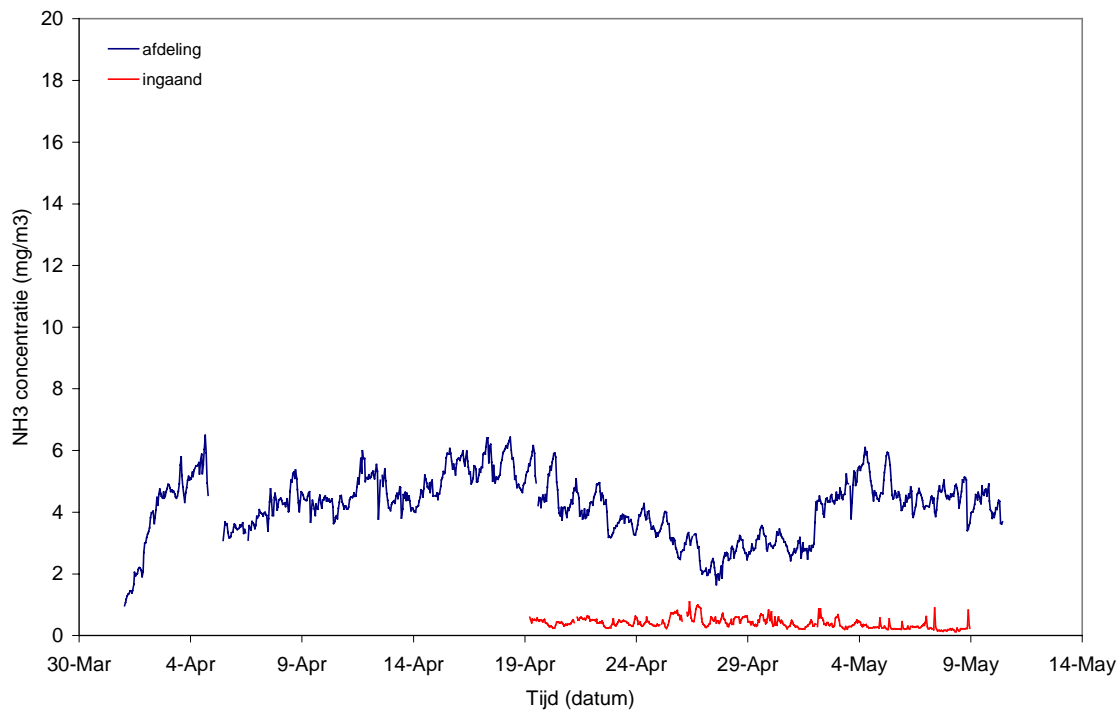
Uurgemiddelden van het totale ventilatiedebiet (m^3/uur) tijdens de voorjaarsperiode.

Uurgemiddelden van het totale ventilatiedebiet (m^3/uur) tijdens zomerperiode.

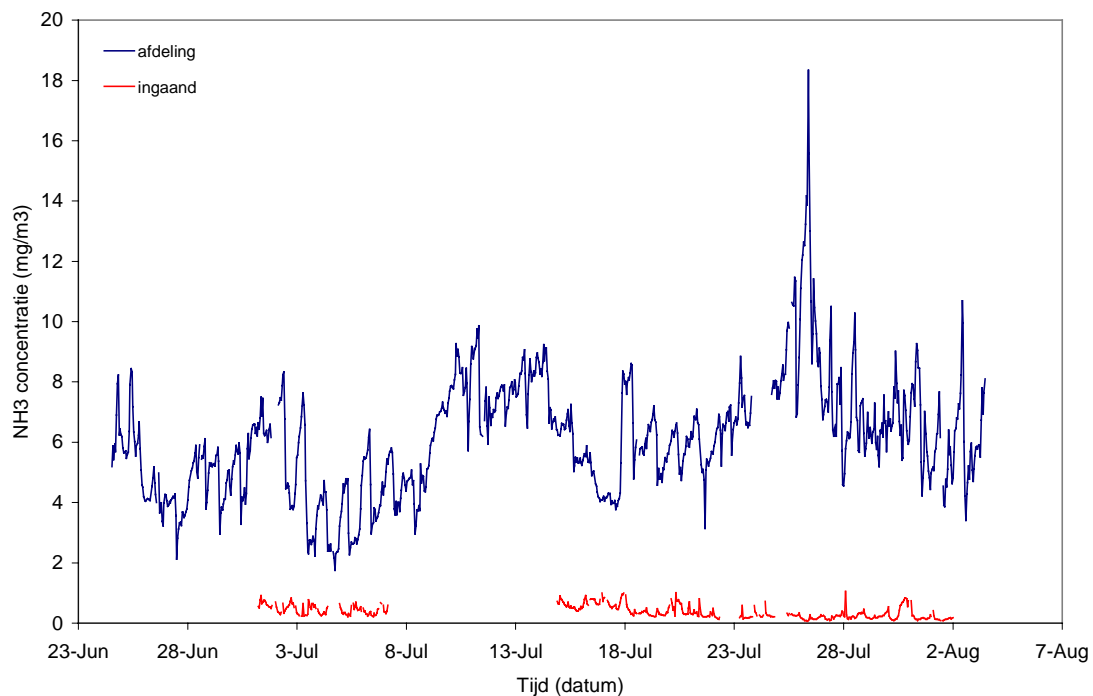


18 BIJLAGE I

Ammoniakconcentratie



Uurgemiddelden van de ammoniakconcentratie (mg/m³) van de uitgaande en ingaande lucht tijdens de voorjaarsperiode.



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

BIJLAGE J Geurconcentratie en –emissie

| 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) |
| 11-apr-00 | 10:00 - 12:00 | Voorjaar | 11 | 246 | 3458 | 236 | 2,4 |
| 12-apr-00 | 10:06 - 12:05 | Voorjaar | 12 | 233 | 6707 | 435 | 4,3 |
| 19-apr-00 | 10:00 - 12:00 | Voorjaar | 19 | 657 | 1816 | 331 | 3,3 |
| 26-apr-00 | 10:00 - 12:00 | Voorjaar | 26 | 1032 | 1665 | 477 | 4,8 |
| 03-mei-00 | 10:00 - 12:00 | Voorjaar | 33 | 617 | 141 * | 24* | 0,2* |
| | | | | | | Gemiddelde voorjaarsperiode | 2,1 |
| 28-jun-00 | 10:15 - 12:15 | Zomer | 5 | 281 | 4324 | 338 | 3,4 |
| 04-jul-00 | 10:13 - 12:13 | Zomer | 11 | 713 | 1594 | 316 | 3,2 |
| 11-jul-00 | 10:00 - 12:00 | Zomer | 18 | 310 | 2462 | 212 | 2,1 |
| 18-jul-00 | 10:25 - 12:25 | Zomer | 25 | 493 | 2149 | 294 | 2,9 |
| 25-jul-00 | 10:00 - 12:00 | Zomer | 32 | 802 | 1335 | 297 | 3,0 |
| | | | | | | Gemiddelde zomerperiode | 2,9 |

* monsternamenzak was slechts voor een deel gevuld

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 mestfraktie 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 composteringsbak 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 volièrresysteem 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, 2000 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVIII: Natuurlijke geventileerde ligboxenstal met sleufvloer voor melkvee; zomerperiode. Wageningen, IMAG, Rapport 2001-03, 18 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., A.C. Wever en A.J.A. Aarnink, 2001 - Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen XLIX: Beddenstal voor vleesvarkens. Wageningen, IMAG, Rapport 2001-04, 24 pp. excl. bijlage.

Huis in 't Veld, J.W.H., P.W.G. Groot Koerkamp, 2001 - Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen L: Natuurlijke geventileerde ligboxenstal met geprofileerde vloer voor melkvee; winterperiode. Wageningen, IMAG, Rapport 2001-08, 18 pp. excl. bijlage.