
Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLV

Vleeskuikenstal met isolatie en ventilatie volgens het VEA-concept

Broiler house with insulation and ventilation according the VEA-concept

Ing. A.C. Wever

Ing. J.W.H. Huis in 't Veld

Dr. Ir. P.W.G. Groot Koerkamp

December 1999

Rapport 99-09



Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLV

Vleeskuikenstal met isolatie en ventilatie volgens het VEA-concept

Broiler house with insulation and ventilation according the VEA-concept

Ing. A.C. Weaver

Ing. J.W.H. Huis in 't Veld

Dr. Ir. P.W.G. Groot Koerkamp

December 1999

Rapport 99-09

© 1999

Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG)

Mansholtlaan 10-12, Postbus 43, 6700 AA Wageningen

Telefoon 0317 - 476300

Telefax 0317 - 425670

www.imag.wageningen-ur.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Abstract

A.C. Wever, J.W.H. Huis in 't Veld and P.W.G. Groot Koerkamp. Research into the ammonia emission from livestock production systems XLV: broiler house with insulation and ventilation according the VEA concept. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 99-09, 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, as compared with the emission level in 1980. Research was carried out into the emission of ammonia from a commercial house for broilers which was built according the 'VEA-concept' and aimed at a reduction of the ammonia emission. This was realised by prevention of water condensation on the floor and walls (insulation), minimising spillage of water from the drinking nipples into the litter, and optimal ventilation. The ammonia emission from the house with about 39,900 broilers and mechanical ventilation amounted 76.8 (Summer) and 82.9 (Autumn) g/year per broiler, including a correction for the non-occupied periods (19%). This emission was greater than the general level given in the UAV (implementation of regulation on ammonia emissions from livestock husbandry) for traditional broiler houses (50 g/year per broiler).

Voorwoord

Onderzoek naar de ammoniakemissie uit traditionele en emissiearme stallen in de praktijk levert een waardevolle bijdrage aan de kennis van de milieubelasting door de veehouderij en de mogelijkheden om deze belasting te verminderen. Op voordracht van bureau TES (Toepassing Emissiearme Stallen) te Tilburg en in samenwerking met ACM (Aan- en verkoop Coöperatie Meppel) te Meppel is onderzoek verricht naar de ammoniakemissie van een nieuw conceptontwerp voor een vleeskuikenstal. Het onderzoek is uitgevoerd door de DLO-meetploeg op het bedrijf van de familie Ybema te Nijega. Wij zijn alle partijen erkentelijk voor de goede en prettige samenwerking.

Ir. A.A. Jongebreur

directeur

Inhoud

Abstract	1
Voorwoord	2
Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 Materiaal en methode	6
2.1 Stal- en bedrijfssituatie	6
2.1.1 Bedrijfssituatie	6
2.1.2 Huisvesting	6
2.1.3 Ventilatie	6
2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe	7
2.2 Bedrijfvoering	7
2.2.1 Zoötechniek	7
2.2.2 Klimaatregeling	8
2.2.3 Voeding	8
2.3 Metingen	9
2.3.1 Algemeen	9
2.3.2 Productiegegevens	9
2.3.3 Drogestofgehalte	9
2.3.4 Klimaat	9
2.3.5 Ventilatie-debiet	10
2.3.6 Ammoniakconcentratie	10
2.4 Dataverwerking	11
3 Resultaten	12
3.1 Productieresultaten	12
3.2 Drogestofgehalte	13
3.3 Klimaat en ventilatie-debiet	14
3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie	15
4 Discussie	17
5 Conclusie	18
Summary	19
Literatuur	20
Bijlagen	21

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. 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. In dit kader werd door de DLO-meetploeg onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit een vleeskuikenstal uitgevoerd volgens het 'VEA-concept' (Vleeskuiken Emissie Arme stal). Het emissiereducerend principe van dit ontwerp gaat uit van het droog houden van de strooisellaag, met als doel de afbraak van urinezuur en eiwitten tot ammoniak te verminderen. Hierbij werd beoogd om condensvorming op de vloer tegen te gaan, morswater te minimaliseren en goed te ventileren.

Het onderzoek werd uitgevoerd tijdens twee productieronden in een nieuwe vleeskuikenstal met ruim 39.900 dierplaatsen. In de stal waren zes voertransportbuizen met voerpannen en zeven wateraanvoerleidingen met drinknippels en met lekbakjes aanwezig. Het ventilatiesysteem bestond uit 10 grote (diameter 92 tot 138 cm) ventilatoren in de achtergevel, inlaatventielen in de zij- en voorgevels en een klimaatregelcomputer. De streeftemperatuur daalde met $0,5^\circ\text{C}$ per dag van 34°C aan het begin van de ronde tot 17°C op dag 34. De ventilatiecapaciteit bedroeg $5,8 \text{ m}^3/\text{uur}$ per opgezet dier. De gezondheidstoestand van de dieren (type Cobb) was over het algemeen goed, al werden wel een paar medicaties uitgevoerd. De dieren werden opgezet op circa 2 cm houtkrullen en hadden 24 uur per dag licht. Er werd 3-fasevoeding toegepast en water was beperkt beschikbaar. De productieresultaten kwamen overeen met het landelijk gemiddelde.

Van 21 juli tot en met 31 augustus en van 15 oktober tot en met 23 november 1998 werd de ammoniak-emissie (ammoniakconcentratie x ventilatiedebiet) en het buiten- en stalklimaat gemeten. Tijdens de eerste ronde werden op 25 augustus 5.100 dieren uitgeladen. De bezettingsgraad bedroeg 23,6 en 23,4 kuikens per m^2 voor respectievelijk de eerste en tweede ronde.

De gemiddelde buitentemperatuur was voor de eerste meetperiode $17,2^\circ\text{C}$ en $6,7^\circ\text{C}$ voor de tweede meetperiode. De gemiddelde temperatuur van de stallucht was respectievelijk $26,0^\circ\text{C}$ en $26,2^\circ\text{C}$. Het bijbehorende ventilatiedebiet per gemiddeld aanwezig kuiken bedroeg $1,70 \text{ m}^3/\text{uur}$ en $0,93 \text{ m}^3/\text{uur}$. Het gemiddelde drogestofgehalte van het strooisel bedroeg respectievelijk 68% en 67% voor de twee ronden.

Gedurende de eerste meetperiode (zomer) was de gemiddelde ammoniakemissie $76,8 \text{ g}$ per dierplaats per jaar, voor de tweede meetperiode (winter) was dit $82,9 \text{ g}$ (incl. 19% leegstand en inter- en extrapolatie van de meetreeksen). De emissie was daarmee aanzienlijk hoger dan de huidige emissiefactor in de Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij van 50 g/jaar per dierplaats, maar lag op hetzelfde niveau als de gemeten emissie van een traditionele vleeskuikenstal in recent ander onderzoek.

1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn zwaveldioxide (SO_2), stikstofoxiden (stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2)) en ammoniak (NH_3), samen met hun reactieproducten, in het kort SO_x , NO_x 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 1993 gelijk aan 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, 1993; Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1995). Om dit te kunnen realiseren is invoering van emissiebeperkende technieken en systemen noodzakelijk.

Behalve via onderzoek komen ook uit de praktijk 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 DLO-meetploeg. De Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen van de DLO-meetploeg (zie Bijlage A) beoordeelt ten behoeve van de selectie de aanvragen op de volgende criteria: perspectief voor wat betreft de vermindering van de ammoniakemissie, toepasbaarheid in de praktijk en mogelijke negatieve overige milieu-effecten. Tevens worden alleen die aanvragen voor traditionele huisvestingssystemen geselecteerd waaraan nog niet eerder werd gemeten. De Begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid.

In bovenstaand kader werd door de DLO-meetploeg onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit een vleeskuikenstal welke volgens het VEA-concept gebouwd werd (Vleeskuiken Emissie Arme stal). Het principe van dit ontwerp gaat uit van het droog houden van de strooisellaag, met als doel de afbraak te verminderen van urinezuur en eiwitten tot ammoniak. Hierbij werd beoogd om condensvorming op de vloer tegen te gaan, morswater te minimaliseren en goed te ventileren. De gemeten ammoniakemissie werd vergeleken met de emissiefactor voor een traditionele vleeskuikenstal zoals die is opgenomen in de Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (1999).

2 Materiaal en methode

2.1 Stal- en bedrijfssituatie

2.1.1 Bedrijfssituatie

Het onderzoek werd uitgevoerd tijdens twee productieronden in een nieuwe vleeskuikenstal (eerste opzet na nieuwbouw was 9 juni 1998; productieronde 35 dagen). De ingang was aan de noordgevel van de stal (zie Bijlage B). Aan de oostkant stond een rundveestal en bevond zich een open mestvaalt.

2.1.2 Huisvesting

De stal, met ruim 39.900 dierplaatsen, was geïsoleerd volgens de normen van het VEA-concept (Hengel *et al.*, 1997) en was 22,00 meter breed en 79,96 meter lang (binnenmaten). Het netto, voor de kuikens beschikbare, vloeroppervlak bedroeg 1.759 m². Om het ventilatiedebiet te meten werd een ventilatiekast in de stal gebouwd (zie § 2.3.5). Deze besloeg 24 m² (1% van het totale vloeroppervlak). Hierdoor was het beschikbare vloeroppervlak 1.735 m². Bijlage B geeft een plattegrond en een doorsnede van de stal. Over de lengte van de stal hingen zes voertransportbuizen met voerpannen. De pannen werden automatisch gelijktijdig gevuld. Het aantal vleeskuikens per pan was 66; de voerbaklengte was 16 mm per kuiken. Over de lengte van de stal hingen zeven wateraanvoerleidingen met drinknippels en lekbakjes. Het aantal vleeskuikens bedroeg 15 per drinknippel. Tevens hingen in de stal vier heteluchtkanonnen.

2.1.3 Ventilatie

De stal werd mechanisch geventileerd met tien ventilatoren in de zuidgevel. Hiervan zaten vier ventilatoren boven- en zes onderin de gevel (zie bijlage C). Drie van de bovenste ventilatoren konden traploos geregeld worden (ventilator 1, 2 en 3), de overigen konden alleen aan of uit. De onderste ventilatoren was 1,38 meter, van de drie regelbare ventilatoren 0,92 meter en van de andere ventilator 1,09 meter. Alle uitgaande lucht van de stal werd door de ventilatoren aangezogen en afgevoerd naar buiten. De capaciteit van de ventilatoren zoals gemeten en de fabrieksopgave staan beschreven in de onderstaande tabel.

Tabel 1 De ventilatiecapaciteit zoals gemeten en volgens de fabrieksopgave bij 30 Pa onderdruk per stalventilator.

Table 1 The ventilation capacity as measured and according instructions at 30 Pa under pressure per ventilator

Diameter (m)	type	aantal	capaciteit (m ³ /uur)	capaciteit bij 30 Pa (m ³ /uur)
			gemeten	fabrieksopgave
0,92	regelbaar	3	9.300	18.000
1,09	aan/uit	1	15.000	19.835
1,38	aan/uit	6	30.000	35.770

De gemeten capaciteit was voor de aan/uit-ventilatoren globaal 80% van de capaciteit bij 30 Pa onderdruk. Dit kwam omdat de onderdruk in de stal waarschijnlijk hoger was dan 30 Pa als gevolg van de meetventilatoren in de tweede achterwand. De gemeten capaciteit van de regelbare ventilatoren bedroeg circa 50% van de capaciteit bij 30 Pa onderdruk. De metingen werden als uurgemiddelden opgeslagen. De regelbare ventilatoren werden continu geregeld. Daarom draaiden deze ventilatoren niet een uur lang op 100% van de capaciteit en werd niet de werkelijke capaciteit opgeslagen. Voor het bepalen van de totale ventilatiecapaciteit van de stal is daarom ook voor de regelbare ventilatoren 80% van de capaciteit bij 30 Pa onderdruk genomen (= 14.000 m³/uur).

De totale ventilatiecapaciteit van de stal kwam daarmee op 237.000 m³/uur. Dit kwam overeen met maximaal 5,8 m³/uur per opgezet dier. Voor pluimveestallen is, bij een goede isolatie, de maximale ventilatiebehoefte 3,6 m³/uur per kg levend gewicht (IKC-Pluimveehouderij, 1994). Het beschikbare vloeroppervlak van de stal was 1.735 m². Op basis van de landelijk gemiddelde bezettingsgraad van 23 kuikens per m², waren derhalve gemiddeld 39.905 dierplaatsen in deze stal. Rekening houdend met de landelijk gemiddelde uitval (4,5%) en het gemiddelde aflevergewicht (1.940 g) was de ventilatiecapaciteit aan het eind van de ronde ongeveer 3,2 m³/uur per kg levend gewicht. De ventilatiecapaciteit komt globaal overeen met de maximale ventilatiebehoefte en was dus voldoende. In elke lengtezijde van de stal zaten 59 luchtinlaatventielen (65x27 cm) op een hoogte van ongeveer 1,5 meter. Aan de kopzijde van de stal zaten 6 inlaatventielen. In totaal waren 124 luchtinlaatventielen aanwezig.

2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe

Het principe van de VEA-stal gaat uit van het droog houden van de strooisellaag, met als doel de afbraak te verminderen van urinezuur en eiwitten tot ammoniak. Het watergehalte van het strooisel is, naast de zuurgraad en temperatuur, de belangrijkste invloedsparameter op de afbraak van urinezuur en onverteerde eiwitten tot ammoniak. In de range van 60-90% drogestof, de range waarin strooisel van vleeskuikenstallen zich in de praktijk bevindt, betekent een verlaging van het drogestof gehalte een verhoging van de beschikbaarheid van water voor microbiële activiteit en daarmee een verhoging van de hoeveelheid ammoniak die per tijdseenheid ontstaat. Als de temperatuur van het strooisel daarbij oploopt tot boven de 30 °C, wordt ook wel gesproken over broei.

Om de strooisellaag droog te houden werd beoogd om condensvorming op de vloer tegen te gaan, morswater te minimaliseren en goed te ventileren. Om condens tegen te gaan werden het dak, de muren en de vloer goed geïsoleerd, waardoor koudebruggen werden voorkomen. Met lekbakjes onder de drinknippels werd morswater zoveel mogelijk tegen gegaan. Lengteventilatie en een lage afzuiging ten opzichte van de nokventilatie hadden een verhoogde luchtbeweging boven het strooisel tot doel. Samen met voldoende ventilatiecapaciteit beoogde dit een goede ventilatie van de stal. Een VEA-stal moet voldoen aan de uitvoeringseisen zoals vermeld in Bijlage D. Verder mag de strooisellaag bij aanvang van de mestrunde niet meer dan 30 mm bedragen.

2.2 Bedrijfvoering

2.2.1 Zoötechniek

In Tabel 2 staan de gegevens over de bedrijfsvoering van beide productieronden. Tijdens uitladen werd een deel – en bij het afleveren het restant van de dieren uit de stal gehaald. De bezettingsgraad werd berekend aan de hand van het beschikbare oppervlak (1.735 m²).

Tabel 2 Opzet, uitlaad- en afleverdata van de kuikens en de bezettingsgraad per productieronde.

Table 2 Start, removal and finishing date of the broilers and the rate of stocking for the two fattening periods.

Productieronde	1	2
Opzet	21 juli 1998	15 oktober 1998
Uitladen	25 augustus 1998	-
Aflevering	31 augustus 1998	23 november 1998
Aantal opgezette kuikens	41.040	40.630
Bezettingsgraad (aantal dieren per m ²)	23,6	23,4

De gezondheidstoestand van de dieren (type Cobb) was over het algemeen goed. Op productiedag 16 en 17 kregen de kuikens vitaminen toegediend. Op dag 17 kregen de dieren tevens een gumboro-enting. Gedurende de eerste week van de eerste productieronde was het uitvalspercentage hoog. Dit werd veroorzaakt door darmproblemen als gevolg van het drinken van bronwater. Na de eerste week is overgestapt op het verstrekken van leidingwater. De kuikens kregen enkele dagen TS-SOL door het water tegen diarree. De werkzame stoffen waren sulfamethoxazole en trimethoprim. Tijdens de tweede meetperiode kregen de kuikens vanaf 17 november vijf dagen natriumsalicylaat tegen gewrichtsaandoeningen. De dieren en de stal werden 2 maal per dag gecontroleerd om ongeveer 8:00 uur en 17:00 uur. Hierbij werden de dode dieren verwijderd. De vleeskuikens waren gehuisvest in een stal zonder toetreding van daglicht, een zogenaamde donkerstal. De stal werd 24 uur per dag verlicht. Naarmate de dieren ouder werden en bij warm weer, werd het licht gedimd om de dierenactiviteit te verminderen. Bij opzet van de dieren werd de vloer bedekt met 2 cm houtkrullen, dit was minder dan de maximale strooisellaag bij aanvang volgens het VEA-concept (= 30 mm). Na de productieronde werd de strooisellaag verwijderd en werd de stal schoongemaakt en ontsmet met formaldehyde.

2.2.2 Klimaatregeling

Het stalklimaat werd geregeld met een klimaatcomputer op basis van de streeftemperatuur. Hiertoe waren 4 temperatuursensoren, gelijkmatig verspreid over de stal, geïnstalleerd op een hoogte van 40 cm boven de stalvloer. De ventilatoren en de verwarming werd geregeld op basis van de gemiddelde staltemperatuur. Bij opzet van de dieren was de streeftemperatuur 34 °C, welke met 0,5 °C per dag werd verminderd tot een streeftemperatuur van 17 °C op dag 34.

Als ventilator 1, 2 en 3 (zie Bijlage C) op 100% draaiden en de staltemperatuur lag boven de streef-temperatuur, dan werden deze ventilatoren teruggeregeld en werd de volgende ventilator aangezet (ventilator 4). Vervolgens werden ventilator 1, 2 en 3 weer gebruikt voor de fijn regeling. Bij een staltemperatuur boven de streeftemperatuur, werden deze drie weer teruggeregeld en werd ventilator 5 aangezet, enzovoort. De minimumventilatie was op dag 1 ingesteld op 1% van het maximum van de 3 traploos regelbare ventilatoren. Dit werd geleidelijk geregeld tot 35% op dag 40. Op dag 40 kwam het minimumventilatie debiet van de stal op 14.700 m³/uur. Dit was 0,36 m³/uur per opgelegd vleeskuiken. De klepstanden van de inlaatventielen in de lengtewanden werd zodanig geregeld dat een gelijkmatige temperatuurverdeling in de stal ontstond. De inlaatventielen van de kopgevel waren gedurende de twee meetrondes volledig gesloten.

2.2.3 Voeding

De vleeskuikens hadden de eerste 2 á 3 weken continu voer tot hun beschikking. Daarna werd tussen 12:00 tot 16:00 uur een voerstop ingebouwd. De kuikens hadden de eerste week continu drinkwater tot hun beschikking. Daarna werd 3 maal daags water verstrekt om 0:00 uur, 8:00 uur en 16:00 uur. De duur van de waterversprekking werd afgebouwd van 7 uur tot 1½ uur per keer. Gedurende de meetperioden kregen de vleeskuikens drie-fase voer (vleeskuikenkorrel). Tabel 3 toont de samenstelling van het voer per fase en de periode waarin het betreffende voer werd gegeven. Bij warm weer was er een voer- en waterstop om de activiteit van de kuikens te verminderen.

Tabel 3 Periode, de energiewaarden en het ruw eiwitgehalte van het voer per fase.

Table 3 Period, the energy values and the crude protein content of the feed per phase.

Fase	I	II	III
Periode (productiedag)	1 tot 14	14 tot 30	30 tot eind
Omzetbare energie (MJ/kg)	11,7	12,5	12,5
Ruw eiwitgehalte (g/kg)	205	205	195

2.3 Metingen

2.3.1 Algemeen

De meetperioden liepen parallel aan de productieronden (zie Tabel 2). Tijdens de meetperioden werden productiegegevens geregistreerd door de bedrijfscomputer en de voerleverancier (zie § 2.3.2). Het drogestofgehalte van de strooisellaag werd wekelijks bepaald (zie § 2.3.3).

Gedurende de meetperioden zijn de volgende variabelen continu gemeten:

- klimaat van de stal en buiten (zie § 2.3.4);
- ventilatiedebiet van de stal (zie § 2.3.5);
- ammoniakconcentratie van de uitgaande - en de ingaande lucht (zie § 2.3.6).

De meetapparatuur voor de continu metingen werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Alle verzamelde gegevens werden hierin opgeslagen. Eenmaal in de zes minuten werden alle variabelen gemeten. Na één uur werden de waarden gemiddeld en werden de uurgemiddelden opgeslagen. Iedere week werd de apparatuur gecontroleerd en werd de algemene situatie in de stal opgenomen. Hiervan werden notities gemaakt in een logboek.

2.3.2 Productiegegevens

De volgende productiegegevens werden geregistreerd tijdens de productieronden:

- aantal opgezette dieren;
- aantal productiedagen;
- aflevergewicht (kg);
- voerverbruik (kg);
- waterverbruik (l);
- uitval (%).

Uit deze gegevens werd de groei per dag (g), de voerconversie (kg voer/kg vlees) en de water/voer-verhouding berekend. De voerconversie werd berekend door de totale hoeveelheid opgenomen voer te delen door het totale afgeleverde gewicht. Daarnaast werd de voerconversie bepaald voor een standaard afgeleverd gewicht (1.900 g) met behulp van een correctiefactor voor groei (KWIN-V, 1998). Met deze gecorrigeerde voerconversie kunnen koppels beter onderling vergeleken worden.

2.3.3 Drogestofgehalte

Wekelijks werd het drogestofgehalte van de strooisellaag bepaald. De eerste meting was ongeveer een week na opzet. De monsters werden genomen tussen de tweede en derde voerlijn en tussen de vierde en vijfde, op een kwart, halverwege en op driekwart van de lengte van de stal. Per monsterplaats, gelegen tussen een water- en een voerlijn, werden met de hand drie deelmonsters genomen van de gehele strooisellaag. Van de in totaal 18 deelmonsters werd één mengmonster gemaakt. Van dit mengmonster werd het drogestofgehalte bepaald volgens de gravimetrische methode. Het monster werd in zijn geheel in bewerking genomen en gedroogd bij 105 °C tot een constant gewicht werd bereikt.

2.3.4 Klimaat

Temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) werd op drie plaatsen in de stal continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). De sensoren hingen op één kwart, halverwege en op driekwart van de lengte van de stal op circa 1,5 meter boven de vloer. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden in de schaduw aan de noordzijde de stal gemeten. De sensoren werden vóór en na elke meetperiode gecontroleerd.

2.3.5 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m^3/uur) werd met meetventilatoren gemeten. Hiervoor werd een wand met meet-ventilatiekokers in de stal vóór de oorspronkelijke ventilatiegevel geplaatst (zie Bijlage C). De stal-ventilatoren waren volledig van elkaar gescheiden door luchtcompartimenten. Vóór de bovenste ventilatoren waren twee meetventilatoren van 0,63 meter doorsnede geplaatst; vóór de onderste ventilatoren waren drie meetventilatoren van 0,71 meter doorsnede aangebracht. Alle lucht die de stal verliet werd op deze wijze met de meetventilatoren gemeten. Per omwenteling van een meetventilator werden vier pulsen afgegeven en het aantal pulsen per 10 seconden werd geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen per 10 seconden en het ventilatie-debiet werd bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans *et al.*, 1991; Scholtens en van 't Klooster, 1993). De kalibratie van twee meetventilatoren (diameter respectievelijk 0,63 m en 0,71 m) vond plaats na afloop van de metingen. De resultaten zijn vermeld in Bijlage E. Voor de meetventilatoren met een gelijke diameter werd dezelfde kalibratielijn gebruikt. Uit ervaring is namelijk gebleken dat meetventilatoren met dezelfde diameter en dezelfde omstandigheden nagenoeg dezelfde kalibratielijn hebben.

Vóór de meetventilatoren van 0,71 cm werden roosters geplaatst om te voorkomen dat de kuikens in de kokers kwamen. Na ongeveer 3 productieweken begonnen de kuikens veertjes te verliezen. De veertjes gingen voor de onderste roosters zitten, waardoor deze gedeeltelijk afgedekt werden. De ventilatie-capaciteit nam hierdoor af. De veertjes werden tijdens het wekelijks stalbezoek verwijderd. Een gedeeltelijke afdekking van een rooster had invloed op de relatie tussen het aantal pulsen en het ventilatie-debiet. Het gemeten ventilatie-debiet werd hiervoor gecorrigeerd.

2.3.6 Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO-monitor (thermo environmental instrument's chemiluminescence NO-NO₂-NO_x analyser model 42i). Deze methode staat beschreven in Scholtens (1993) een korte omschrijving staat in Bijlage E. Om ammoniak te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. Het gevormde stabiele NO werd door teflonslangen naar de monitor geleid en gemeten. De gemeten ammoniakconcentratie 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 monsternamenpunten van de uitgaande lucht bevonden zich in de meetventilatiekokers. Bij vier van de tien ventilatoren werd de ammoniakconcentratie gemeten. De luchtmonsters werden genomen in ventilatiekoker 1, 4, 5 en 6 (zie Bijlage C). De monsternamenpunten van de ingaande lucht bevonden zich halverwege de west- en oostzijde van de stal bij een inlaatventiel.

Ieder week werd de monitor gekalibreerd met 39,1 ppm NO-gas en werd de ammoniakconcentratie in de stal gecontroleerd met behulp van een gasdetectiebuisje. Zonodig werden de filters in de luchtleiding voor de convertors vervangen. De resultaten van de kalibraties van de monitor zijn vermeld in Bijlage F. Volgens het gebruikte meetprincipe was het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie. De convertors werden voor en na de beide meetperioden gekalibreerd. Deze resultaten zijn vermeld in Bijlage G.

2.4 Dataverwerking

De ammoniakemissie, berekend als het product van de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht en het ventilatiedebiet, werd voor iedere koker berekend. De totale emissie was de som van de emissie van de tien stalventilatoren. De ammoniakconcentratie werd bij vier stalventilatoren gemeten (zie § 2.3.5). De concentratie gemeten bij stalventilator 1 werd gebruikt voor de berekening van de emissie uit stalventilator 2 en 3; deze ventilatoren hadden namelijk dezelfde diameter en werden gelijk geregeld. Verder werd de concentratie die gemeten werd bij stalventilator 5 ook gebruikt voor de emissieberekening uit stalventilator 7 en 9, en de concentratie gemeten bij stalventilator 6, ook voor de emissieberekening uit stalventilator 8 en 10. Voor de berekening van de emissie werd de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht verminderd met de ammoniakconcentratie van de ingaande lucht (achtergrondconcentratie).

De meetperiode werd gestart op de eerste hele dag na opleg van de dieren. Het einde van de meetperiode werd bereikt op het laatste hele etmaal vóór alle kuikens afgeleverd werden. Dit was na circa 6 weken. De ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de convertors en kalibraties van de monitor. Missende uurwaarnemingen (als gevolg storingen van de apparatuur) van ventilatiedebiet, ammoniakconcentratie, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid werden niet geïnterpoleerd.

Uit de uurwaarnemingen van de hiervoor benoemde gemeten parameters werden daggemiddelden berekend. De daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur) van dagen met minder dan 21 uren gegevens werden niet meegenomen in de berekeningen. Een aantal meetdagen ontbraken door apparatuurstoring. Deze dagen werden geïnter- en geëxtrapoleerd. Bij de interpolatie werd verondersteld dat de daggemiddelde emissie (g/uur) een lineaire trend vertoont naar het volgende meetpunt. Bij de extrapolatie werd aangenomen dat de emissie gelijk bleef aan de laatste meetdag. De gemiddelde emissie (g/uur) werd berekend voor beide meetperioden. Hiermee werd voor beide meetperioden de ammoniakemissie per dierplaats per jaar berekend, uitgaande van een leegstand van 19%. De leegstand is berekend met de verplichte minimale leegstand volgens de IKB-norm (10 dagen) en de gemiddelde productielengte van 42 dagen volgens KWIN-V (1998). Het aantal dierplaatsen werd gelijk gesteld aan het aantal opgezette dieren.

3 Resultaten

3.1 Productieresultaten

In Tabel 4 staan de productieresultaten weergegeven van de twee productieronden. Tevens is het landelijk gemiddelde weergegeven. In Tabel 5 is de hoeveelheid opgenomen voer per fase weergegeven.

Tabel 4 Bedrijfsresultaten en -kenmerken van de productieronden en het landelijk gemiddelde (KWIN-V, 1998).

Table 4 Production results and features of the fattening periods and the national standard (KWIN-V, 1998).

Productieronde	1	2	landelijk gemiddelde
Aantal opgezette kuikens	41.040	40.680	-
Lengte productieronde (dagen)	41	39	42
Aantal kuikens uitgeladen	5.100*	-	-
Aflevergewicht (g)	1.982	1.859	1.940
Groei per dag (g)	49,5	47,7	47
Voerverbruik (g per dier)	3.451	3.279	3.510
Voerconversie**	1,741	1,764	1,809
Voerconversie** (1.900 g)	1,77	1,75	1,81
Uitval (%)	7,4	4,7	4,5
Water/voer-verhouding	1,85	1,85	-

* op productiedag 35

** per afgeleverd kuiken

De lengte van de tweede productieronde was 3 dagen korter dan het landelijk gemiddelde waardoor het gemiddelde aflevergewicht lager was dan het landelijk gemiddelde. Het aflevergewicht was tijdens de eerste ronde hoger dan tijdens de tweede. De voerconversie (1.900 g) van beide productieronden was ongeveer gelijk en was in beide gevallen beter dan het landelijk gemiddelde. Het uitvalpercentage was met name tijdens de eerste productieronde hoger dan het landelijk gemiddelde. De water/voer-verhouding was tijdens de beide meetperioden gelijk. Tijdens de eerste meetperiode waren op dag 17 en 18 problemen met de voerlijn als gevolg van een bout in de voerlijn. Aan het begin van de tweede meetperiode kregen de kuikens minder water.

Tabel 5 De hoeveelheid voer per dier per fase en per productieronde.

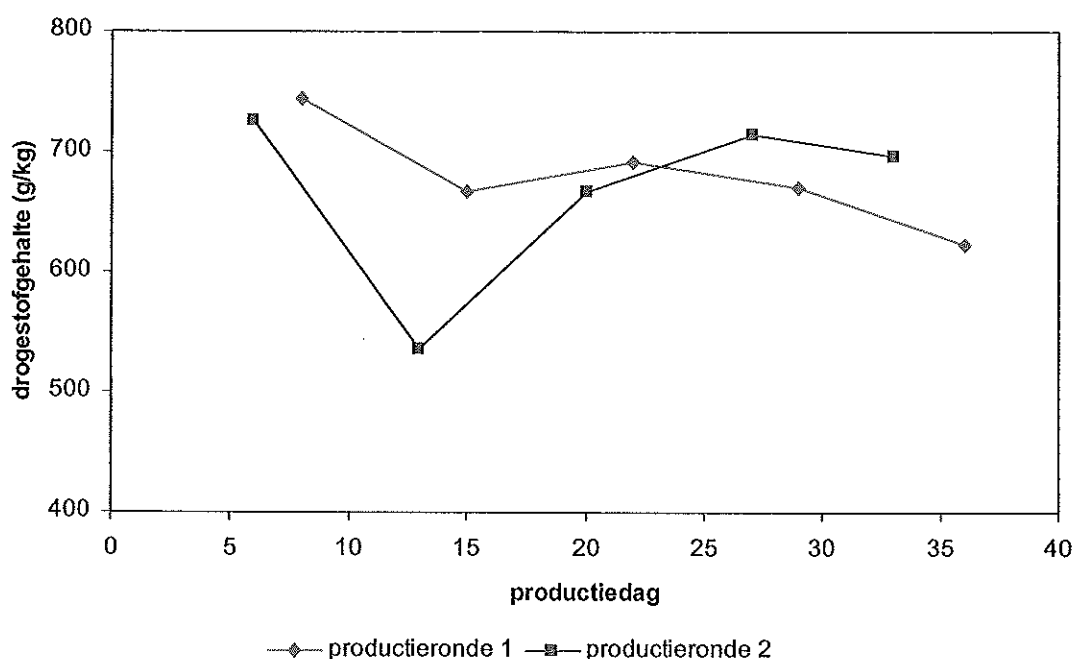
Table 5 The amount of feed per animal per phase and per fattening period.

Productieronde	1	2
Fase I (g per dier)	450	450
Fase II (g per dier)	2.101	1.929
Fase III (g per dier)	900	900

3.2 Drogestofgehalte

Tijdens de productieronden werd visueel geconstateerd dat na ongeveer 2 weken het strooisel onder de drinklijnen een plakkaat vormde, terwijl het overige strooisel rul bleef. Dichter bij de ventilatiewand was het strooisel enigszins droger dan elders. In Figuur 1 is het drogestofgehalte van het strooisel per productieronde weergegeven. Aangezien in mest veel water zit (75-80%) daalde het drogestofgehalte van het strooisel in de loop van een productieronde.

Gedurende de eerste productieronde werd het strooisel geleidelijk natter en ging na ongeveer 4 weken broeien (waarneming). Tijdens de tweede meetperiode lekten de waterlijnen op dag 12 waardoor het strooisel over een groot oppervlak nat werd. Hierna werd enkele dagen extra gestookt en geventileerd om het strooisel te drogen. Tevens kregen de kuikens minder water. Het strooisel werd met deze klimaat-aanpassing droger. In de figuur is het natte strooisel te herkennen als een minimum op dag 13 (controledag), daarna werd het strooisel droger. Gedurende de eerste productieronde was het drogestofgehalte gemiddeld 679 g/kg (=68%) en tijdens de tweede 668 g/kg (=67%).



Figuur 1 Drogestofgehalte van het strooisel tijdens productieronde 1 (zomer) en productieronde 2 (najaar).

Figure 1 Dry matter content of the litter during fattening period 1 (summer) and fattening period 2 (fall).

3.3 Klimaat en ventilatiedebiet

In Tabel 6 zijn de klimaatgegevens voor beide meetperioden weergegeven. Tevens staat het ventilatiedebiet per gemiddeld aanwezig dier vermeld. In Bijlage H zijn de daggemiddelde van de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de stal en buiten grafisch weergegeven. In Bijlage I zijn het totale ventilatiedebiet van de stal en het ventilatiedebiet van drie verschillende typen stalventilatoren grafisch weergegeven.

Tabel 6 Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en van de stal en het ventilatiedebiet per gemiddeld aanwezig dier per meetperiode.

Table 6 Mean temperature and relative humidity of the outdoor air and the indoor air and the ventilation rate per mean present animal per measuring period.

Meetperiode	1	2
Temperatuur buiten (°C)	17,2	6,7
Relatieve luchtvochtigheid buiten (%)	82	89
Temperatuur stal (°C)	26,0	26,2
Relatieve luchtvochtigheid stal (%)	64	65
Ventilatiedebiet (m ³ /uur per dier)	1,70	0,93

De buitentemperatuur en het ventilatiedebiet waren tijdens de eerste meetperiode (zomer) hoger dan tijdens de tweede meetperiode (winter). De buitentemperatuur was tijdens de eerste meetperiode ongeveer gelijk aan het landelijk gemiddelde en was tijdens de tweede meetperiode lager (KNMI, 1998). De staltemperatuur was tijdens de eerste en tweede meetperiode nagenoeg gelijk. In Bijlage I is te zien dat de capaciteit van de ventilatoren met een diameter van 1,38 m in de tijd afnam (zie ook § 2.3.5).

3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie

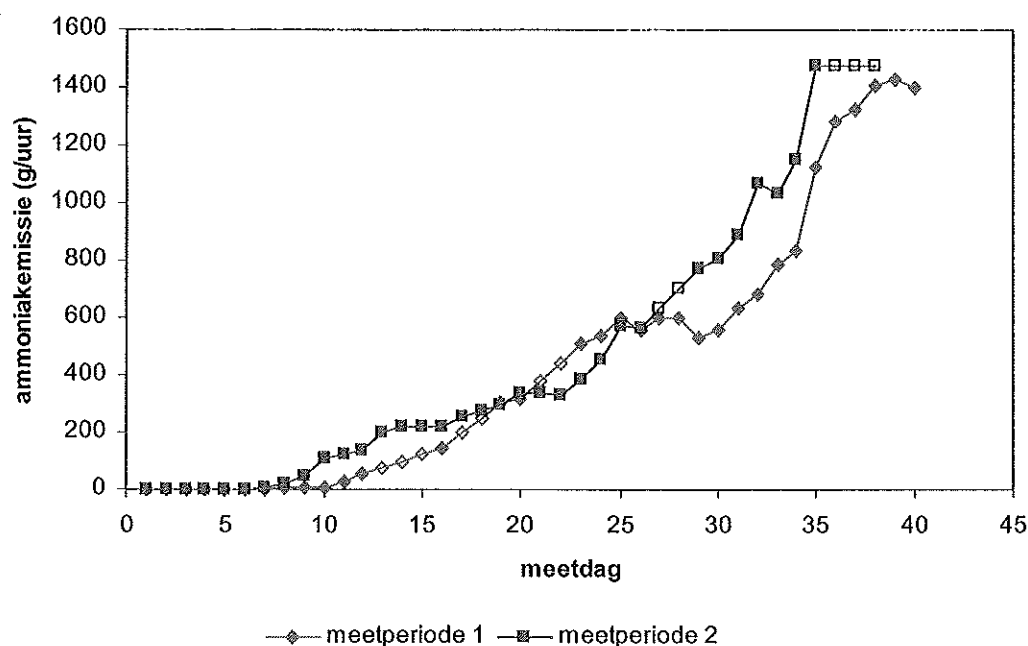
De gemeten ammoniakconcentraties zijn grafisch weergegeven in Bijlage J. De gemiddelde concentratie was gedurende de eerste meetperiode 5 mg/m³; voor de tweede was dit 10 mg/m³. De ammoniakconcentratie van de ingaande lucht was beide meetperioden gemiddeld lager dan 0,1 mg/m³. In Tabel 7 zijn de basisgegevens en de resultaten van de berekeningen van de ammoniakemissie per dierplaats per jaar weergegeven. Bij de weergave van de resultaten is onderscheid gemaakt tussen berekening met en zonder inter- en extrapolatie van deze missende dagen. De ammoniakemissie was, met inter- en extrapolatie van de missende meetdagen en rekening houdend met een leegstand van 19%, tijdens de eerste meetperiode 76,8 g/jaar per dierplaats. Tijdens de tweede meetperiode was dit 82,9 g/jaar per dierplaats. Bij extrapolatie van de bemeeten productieronden naar 42 productiedagen (landelijk gemiddelde) was de emissie per dierplaats respectievelijk 80,6 g/jaar en 95,6 g/jaar. Hierbij werd ook een leegstand van 19% gehanteerd en de werden missende dagen geïnter- en geëxtrapoleerd.

Tabel 7 Aantal opgezette dieren, lengte van de productieronde, aantal bruikbare meetdagen en de ammoniakemissie per meetperiode (leegstand 19%) zonder en met inter- en extrapolatie van missende meetdagen.

Table 7 Number of placed animals, length of the fattening period, number of measuring days and the ammonia emission per measuring period (vacancy 19%) without and with inter- and extrapolation of the missing days.

Meetperiode	1	2
Aantal opgezette dieren	41.040	40.680
Lengte productieronde (dagen)	41	39
Aantal bruikbare meetdagen	33	33
Percentage bruikbare meetdagen	80%	85%
<i>Resultaten zonder inter- en extrapolatie</i>		
ammoniakemissie (g/uur)	493	374
ammoniakemissie (g/jaar per dierplaats)	85,0	65,0
<i>Resultaten met inter- en extrapolatie</i>		
ammoniakemissie (g/uur)	446	476
ammoniakemissie (g/jaar per dierplaats)	76,8	82,9

In Figuur 2 is het verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie weergegeven tijdens de twee meetperioden. Te zien is dat de emissie na ongeveer een week op gang komt. De emissie was tijdens de tweede meetperiode veelal hoger dan tijdens de eerste meetperiode. Tijdens de eerste drie weken van de eerste meetperiode ontbraken een aantal meetdagen. Door de emissie van deze dagen te interpoleren daalde de ammoniakemissie (g/jaar per dierplaats) met 10%. Tijdens de tweede meetperiode misten 2 dagen middenin de productieronde en 3 dagen aan het eind. Door deze dagen respectievelijk te inter- en extrapoleren steeg de gemiddelde ammoniakemissie met 27%. Vooral de emissie van de laatste dagen heeft grote invloed op de gemiddelde emissie van de productieronde. Het niet meenemen van deze dagen voor de berekening zou een onderschatting van het emissiecijfer betekenen.



Figuur 2 Verloop van de ammoniakemissie (g/uur) tijdens meetperiode 1 (zomer) en meetperiode 2 (najaar) (dagen waarop de emissie is geïnterpoleerd of geëxtrapoleerd hebben een open symbool).

Figure 2 Trend of the ammonia emission (g/hour) during measuring period 1 (summer) and measuring period 2 (fall) (days with inter- or extrapolated of the emission have an open symbol).

4 Discussie

Ammoniak wordt gevormd bij de afbraak van urinezuur en onverteerde eiwitten. De afbraaksnelheid wordt sterk beïnvloed door het vochtgehalte van mest en strooisel. Bij een toenemend vochtgehalte neemt de afbraaksnelheid toe tot een optimum. Bij een verder toenemend vochtgehalte neemt de afbraaksnelheid weer af door anaërobe omstandigheden en vermindert de vervluchtiging van de ammoniak door binding van ammoniak aan water (Groot Koerkamp, 1998). Aan het begin van de tweede productieronde (dag 12) werd het strooisel nat als gevolg van lekkage van de drinklijnen (ammoniakvorming). Vervolgens werd enkele dagen het natte strooisel gedroogd door extra te verwarmen en te ventileren. Dit werd gedaan omdat volgens het VEA-concept het strooisel droog gehouden moet worden en droog strooisel tevens positief is voor het welzijn van de kuikens (tegen borstblaren). Het nattere strooisel in combinatie met de extra luchtbeweging over het strooisel zullen tijdelijk een iets hogere ammoniakemissie veroorzaakt hebben. Hierdoor vervluchtigde namelijk de extra gevormde ammoniak in het strooisel.

Naarmate de dieren ouder werden steeg de mestproductie. De emissie tijdens de productieronden was de eerste week laag en nam daarna toe. Dit hield verband met de geringe mestproductie van kuikens aan het begin van een productieronde en de toename van de mestproductie naarmate de dieren groter werden. Uit eerder onderzoek bleek dat de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen, onder normale omstandigheden, een stijgende lijn vertoont (Kroodsma *et al.*, 1988). Hierdoor was het verantwoord om de emissiegetallen te interpoleren. Voor de extrapolatie werd de emissie van de laatste meetdag gebruikt, dit kan hebben geleid tot een onderschatting van de werkelijke emissie.

De twee productierondes waren respectievelijk 1 en 3 dagen korter dan de landelijk gemiddelde productielengte. Wanneer de emissie over deze dagen geëxtrapoleerd werd nam de emissie met respectievelijk 4 en 13 g/jaar per dierplaats toe. De geëxtrapoleerde waarde van de emissie geeft een betrouwbaardere basis voor het emissiecijfer. Ook hierbij geldt dat door extrapolatie een onderschatting van de werkelijke emissie kan hebben plaatsgevonden.

De emissie was aanzienlijk hoger dan de huidige emissiefactor in de Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij van 50 g/jaar per dierplaats (Wijziging UAV, 1999), maar lag op hetzelfde niveau als de emissie van een traditionele vleeskuikenstal zoals uit recente emissiemetingen naar voren kwam (Hol en Groot Koerkamp, 1998).

5 Conclusie

De ammoniakemissie, uit een vleeskuikenstal welke volgens het VEA-concept gebouwd werd, was gedurende de eerste meetperiode (41 dagen) in de zomer de gemiddelde ammoniakemissie 76,8 g per dierplaats per jaar en voor de tweede meetperiode (39 dagen) in de winter 82,9 g per dierplaats per jaar (incl. 19% leegstand en inter- en extrapolatie van de meetreeksen). Dit was aanzienlijk hoger dan de emissie-factor in de Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij van 50 g/jaar per dierplaats (Wijziging UAV, 1999).

Summary

Deposition of ammonia, besides NO_x and SO_x deposition, causes acidification and eutrophication of the environment. Animal husbandry is the main source of ammonia emission in the Netherlands. The policy of the Dutch government aims at a reduction of 50% in the year 2000 and 70% in 2005, as compared with the emission level in 1980. Within this framework research was carried out by IMAG into the emission of ammonia from a commercial house for broilers. The animal house was built according to the 'VEA-concept' and aimed at a reduction of the ammonia emission. The principle of this concept was to keep the litter as dry as possible during the production period, in order to minimise the degradation of uric acid and proteins into ammonia. This was realised by prevention of water condensation on the floor and walls, minimising spillage of water from the drinking nipples into the litter, and optimal ventilation.

The research was carried out during two fattening periods (app. 40 days) in a new broiler house for approximately 39,900 broilers (type Cobb). Feed was supplied by means of feeding pans and water by means of drinking nipples with leakage troughs underneath. The ventilation system consisted of 10 large ventilators (diameter 92 to 138 cm) in the back wall, inlet openings in the side and front walls, and a climate control computer. The ventilation capacity was $5.8 \text{ m}^3/\text{h}$ per hen and the set point temperature was gradually decreased from 34°C to 17°C at day 34. The broilers were housed on 2 cm wood shavings and light was on 24 h per day. Feed was supplied according to demand in three phases, while water was restricted available. The health status of the animals was generally fairly good, though several medications were carried out. The production results were comparable with the national standard.

From July 21st to August 31st and from October 15th to November 23rd 1998, the emission of ammonia was measured by means of continuous measurement of the ammonia concentration (NO_x monitor) and ventilation rate (anemometers). The indoor and outdoor climate were also measured continuously. During the first period, on August 25th, 5,100 broilers were removed. The rate of stocking was 23.6 and 23.4 per m^2 for the first and second period respectively.

The mean outside temperature was 17.2°C during the first measuring period 6.7°C during the second. The mean temperature of the air in the house was 26.0°C and 26.2°C , respectively. The corresponding ventilation rate was 1.70 and $0.93 \text{ m}^3/\text{h}$ per mean present broiler. The respective dry matter content of the litter amounted 68% and 67%.

The emission of ammonia was 76.8 and 82.9 g/year per broiler, including a correction for the non-occupied periods (19%) and necessary inter- and extrapolation of the incomplete data series. This emission was greater than the general level given in the UAV (implementation of regulation on ammonia emissions from livestock husbandry) for traditional broiler houses (50 g/year per broiler), but equal to the level of traditional broiler houses as recently measured (Hol en Groot Koerkamp, 1998).

Literatuur

- Berckmans, D., Ph. Vandenbroeck en V. Goedseels, 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3: 323-336.
- Groot-Koerkamp, P.W.G., 1998. Ammonia emission from aviary housing systems for laying hens. Inventory, Characteristics and Solutions. Wageningen, IMAG-DLO, 161 pp.
- Heij, G.J. en T. Schneider, 1995. Dutch priority programme on acidification. Final report third phase Additional programme on acidification no. 300-15, 160 pp.
- Hengel, E. van den en F. Stouthart, 1997. Vleeskuiken Emissie Arme stal. TES-INFO, Bureau TES, maart 1997, jaargang 2 nr. 1, Tilburg.
- 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 met strooisel. Wageningen, DLO rapport 98-1004, 15 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.
- IKC-Pluimveehouderij, 1994. Handboek voor de Pluimveehouderij nr 42. Informatie en Kennis Centrum afdeling Pluimveehouderij. Beekbergen. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
- KNMI, 1998. Jaaroverzicht van het weer in Nederland. Jaargang 95 nrs. 7, 8, 10 en 11.
- KWIN-V, 1998. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1998-1999. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, KWIN-V september 1998, Lelystad, Drukkerij Cabri b.v., 416 pp.
- Kroodsmma, W., R. Scholtens en J.W.H. Huis in 't Veld, 1988. Ammonia emission from poultry housing systems. In: Report 96, Proceedings of CIGR seminar Storing, Handling and Spreading of manure and municipal waste, 20-22 September, Uppsala, Sweden, volume 2:7.1-7.13.
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid Derde Fase, 1993. Tweede Kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19 882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyser. In: E.N.J. Ouwerkerk (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. Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.
- Verordening Scharreleieren, 1989. Afgekondigd in: Verordeningsblad Bedrijfsorganisatie van de Sociaal-Economische Raad, nr. 17, 1990, nr. PLE2
- Waest, R.C., M.J. Astle and W.H. Beyer, 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.
- Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 1999. Interimwet Ammoniak en Veehouderij, 23 juli 1999. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant nr. 139, Den Haag, p. 16-18.

Bijlagen

BIJLAGE A	Kader en contactpersonen DLO-meetploeg
BIJLAGE B	Plattegrond en dwarsdoorsnede van de stal
BIJLAGE C	Overzicht ventilatiegevel
BIJLAGE D	Uitvoeringseisen VEA-stal
BIJLAGE E	Kalibratieresultaten meetventilator
BIJLAGE F	Principe en kalibratieresultaten NO _x -monitor
BIJLAGE G	Omzettingspercentage convertors
BIJLAGE H	Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid
BIJLAGE I	Ventilatie-debiet
BIJLAGE J	Ammoniakconcentratie

BIJLAGE A Kader en contactpersonen DLO-meetploeg

Kader

De DLO-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 Begeleidingscommissie 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.

Contactpersonen

Voorzitter Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen

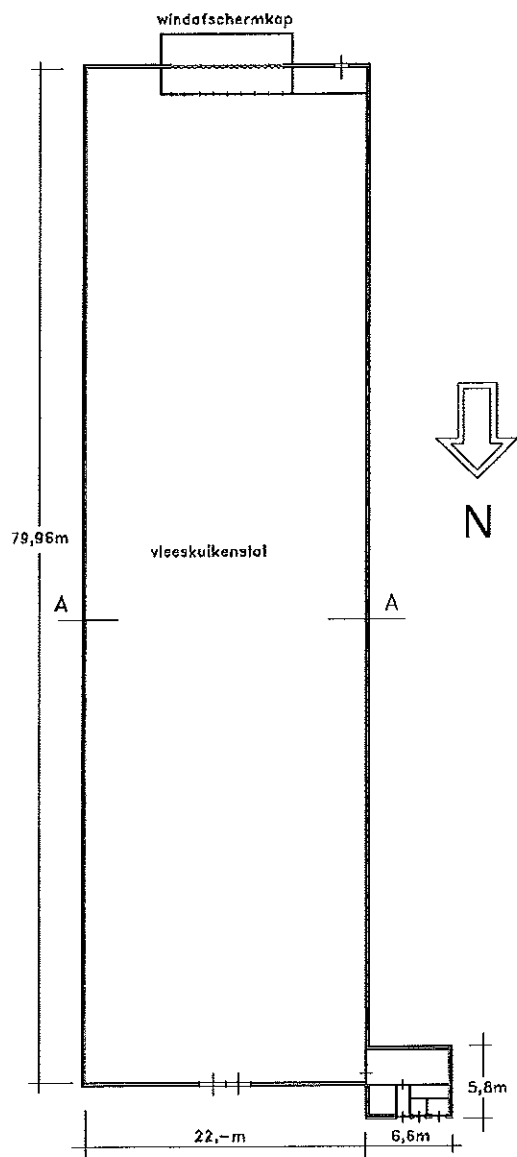
Ir. J.H.G. Tuinte
Informatie- en Kennis Centrum Landbouw
Bezoekadres: Pascalstraat 10
 6716 AZ Ede
Postadres: Postbus 482
 6710 BL Ede
Telefoon: 0318 67 14 33

Coördinator DLO-meetploeg

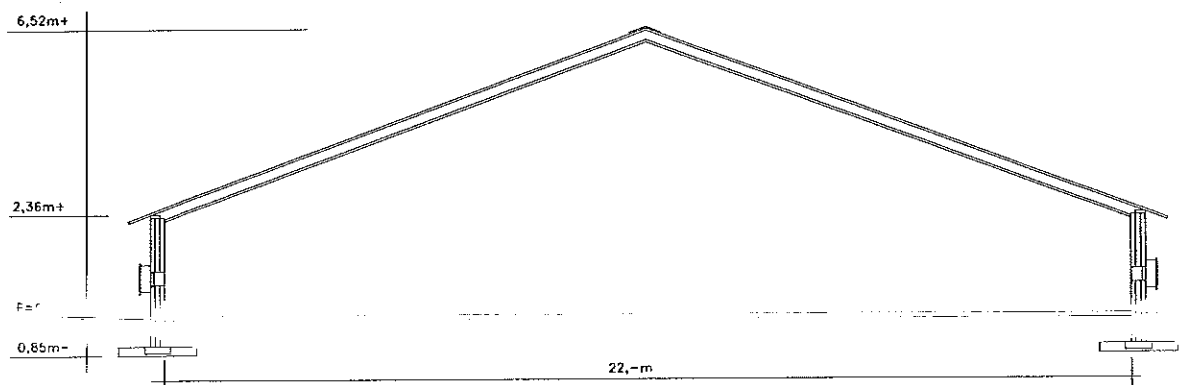
Dr. Ir. Peter W.G. Groot Koerkamp
Instituut voor Milieu- en Agritechniek IMAG
Bezoekadres: Mansholtlaan 10-12
 6708 PA Wageningen
Postadres: Postbus 43
 6700 AA Wageningen
Telefoon: 0317 47 63 00

BIJLAGE B

Plattegrond en dwarsdoorsnede van de stal



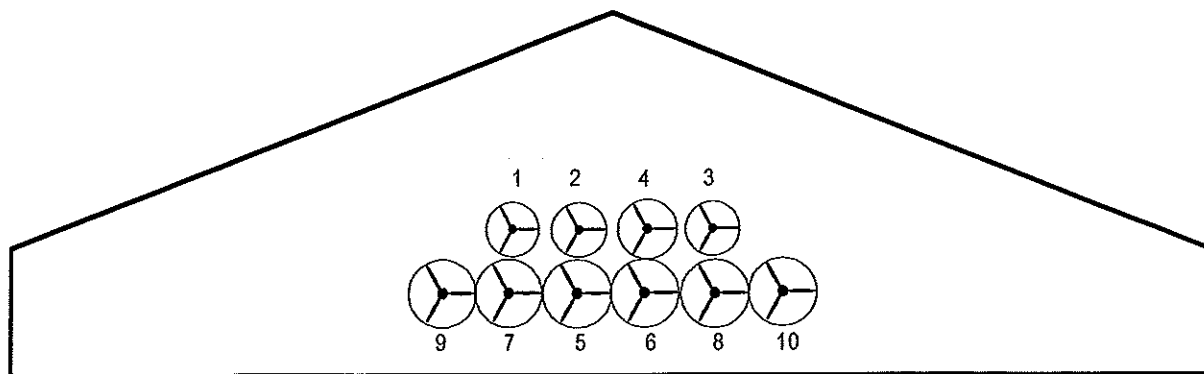
plattegrond



doorsnede A-A

BIJLAGE C

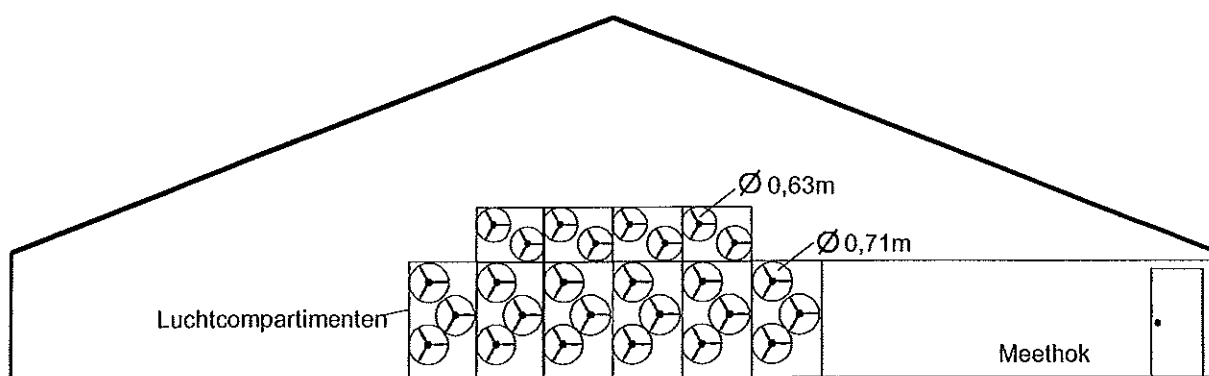
Overzicht ventilatiegevel



Schematische weergave van de stalventilatoren gezien vanuit de stal.

Verklaring van de nummers:

nummer	diameter (m)	type
1,2 en 3	0,92	regelbaar
4	1,09	aan/uit
5 t/m 10	1,38	aan/uit



Schematische weergave van de meetventilatoren gezien vanuit de stal.

BIJLAGE D

Uitvoeringseisen VEA-stal

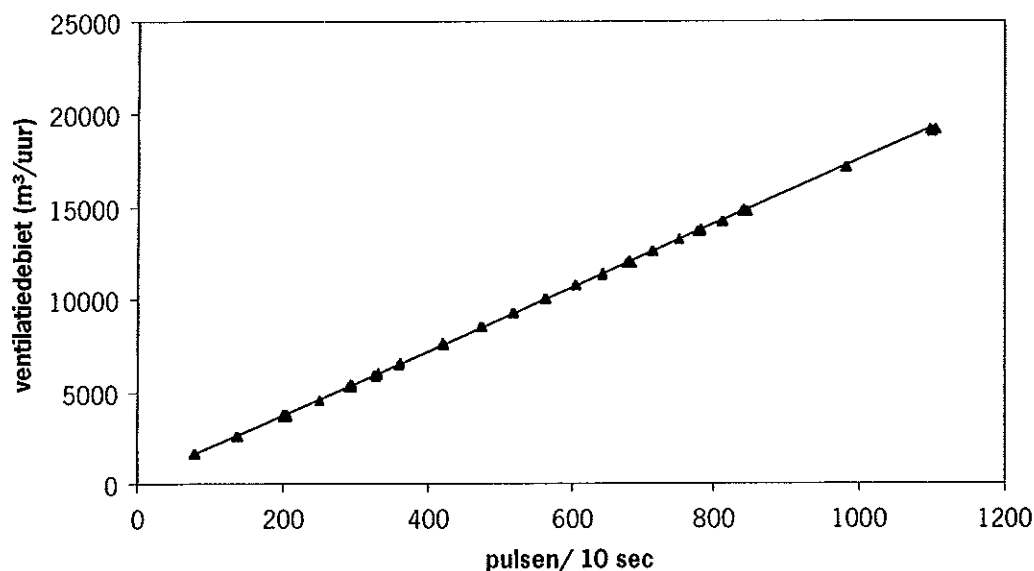
Stalonderdeel	Uitvoeringseis
Bezetting	18-24 dieren/m ²
Vloeruitvoering	
Vloer en isolatie	betonkwaliteit B25, milieuklasse 5B, hoogovencement CEM III / B HS wapening Ø6#150-150 staalkwaliteit FeB 500 of kunststofvezelbeton van minimaal gelijkwaardige sterkte minimaal 120 mm dik betondek zaagsnedebeeld max. 50 m ² (niet noodzakelijk bij kunststofvezelbeton) RC-waarde minimaal 2,0 m ² .K/W drukvast isolatiemateriaal: 30 kN/m ² PE-folie/ niet-wateropnemend isolatiemateriaal
Wanden	
Constructie	RC-waarde minimaal 2,5 m ² .K/W voor de totale wandconstructie isolatie aangebracht van fundament (minimaal 300 mm +/- peil) tot muurplaat, aansluitend op de dakisolatie niet vochtopnemend isolatiemateriaal onder peil geïsoleerd spantkolom, RC-waarde minimaal 1,0 m ² .K/W koudebruggen voorkomen
Dakuitvoering	
Constructie	RC-waarde minimaal 2,3 m ² .K/W isolatie aansluitend op de wandisolatie coupes isoleren koudebruggen voorkomen
Klimaatbeheer	
Ventilatie	mechanische gevelventilatie installatiehoogte max. 3 000 mm + peil nokondersteuning max. 30% (optie) onderdruk in de stal winddrukken
Waterversprekking	
drinkstelsysteem	morsarm drinknippels of -cups watertoevoerbeveiliging

Bovenstaande eisen zijn afkomstig uit: Hengel, E. van den, F. Stouthart 1997. Vleeskuiken Emissie-Arme stal. TES-INFO, Bureau TES, maart 1997, jaargang 2 nr.1, Tilburg.

BIJLAGE E Kalibratieresultaten meetventilator

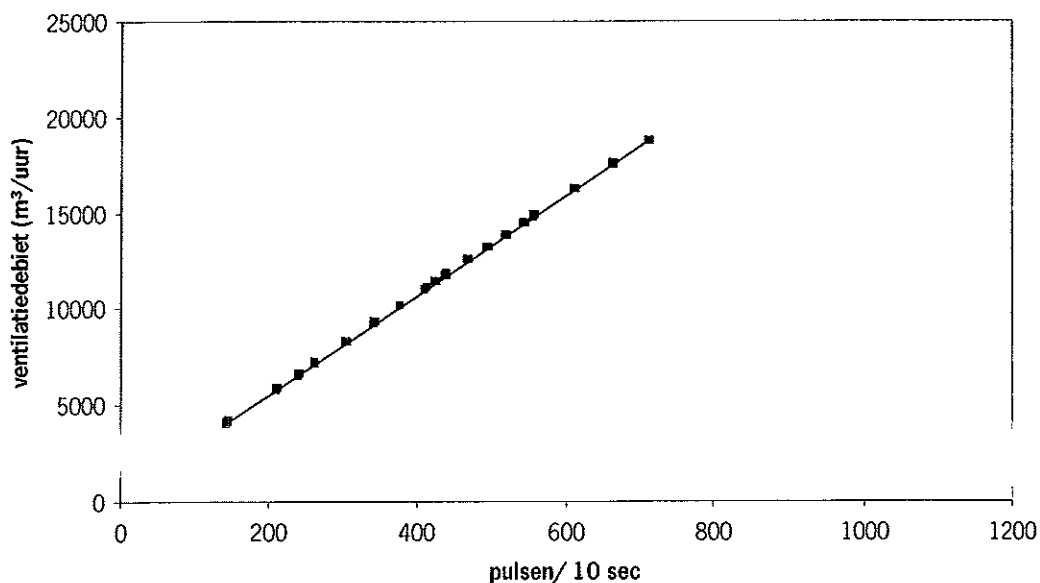
Een meetventilator met een diameter van 63 cm werd op 8 januari 1999 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatiedebiet (V in m³/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was voor de meetventilatoren met een diameter van 63 cm:

$$V = 17,3 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 250$$



Een meetventilator met een diameter van 71 cm werd op 5 en 6 januari 1999 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatiedebiet (V in m³/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was voor de meetventilatoren met een diameter van 71 cm:

$$V = 25,9 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 313$$

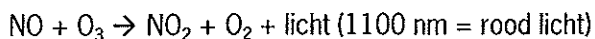


BIJLAGE F

Principe en kalibratieresultaten NO_x-monitor

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 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 monsternamapunt 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.

Kalibratieresultaten

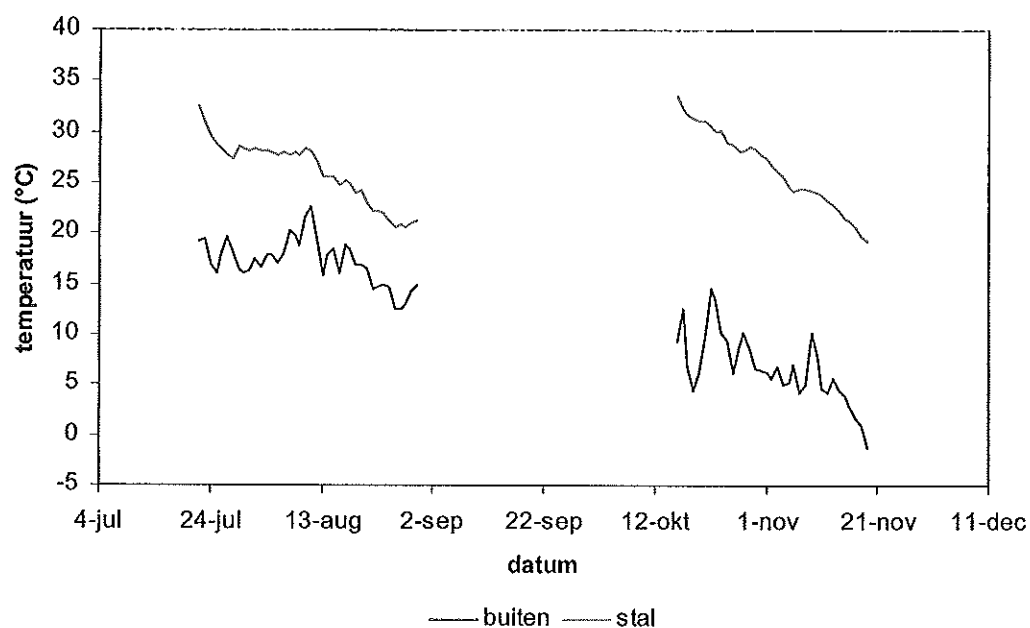
De wekelijkse kalibratie van de monitor werd uitgevoerd met 39,1 ppm NO-gas. Tijdens de eerste meetperiode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld 4,9% en tijdens de tweede meetperiode gemiddeld 3,5%.

BIJLAGE G Omzettingspercentage convertors

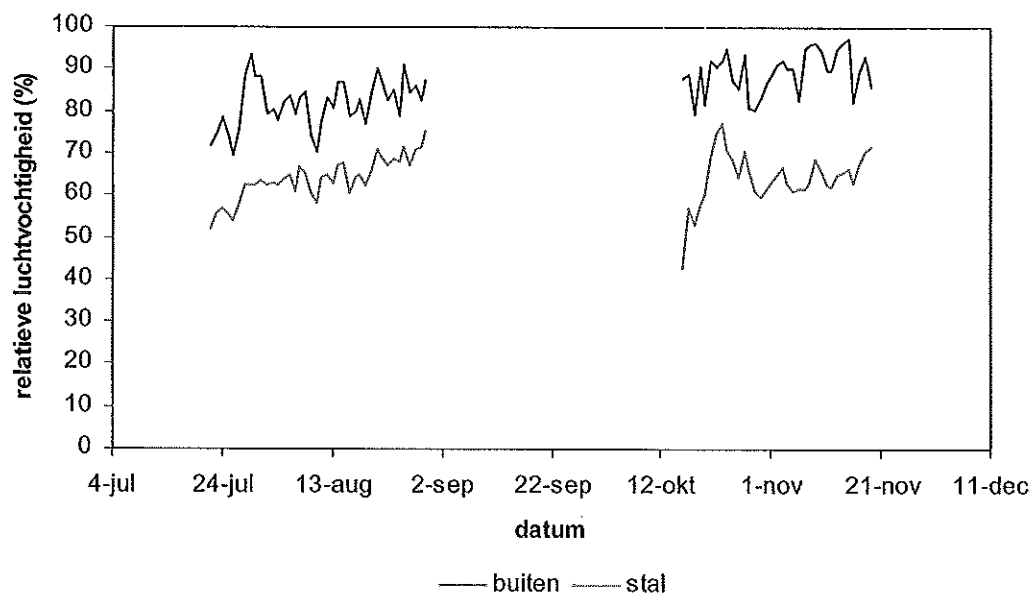
In onderstaande tabel staat per meetpunt het gemiddelde omzettingspercentage van de convertors weergegeven bij aanbieding van 10 ppm NH₃. Deze waarden werden gebruikt voor de correctie van de ammoniakconcentraties.

Meetperiode	1	2
Achtergrond west	91%	95%
Achtergrond oost	92%	92%
Stalventilator 1	92%	92%
Stalventilator 4	92%	94%
Stalventilator 5	91%	91%
Stalventilator 6	92%	94%

BIJLAGE H Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

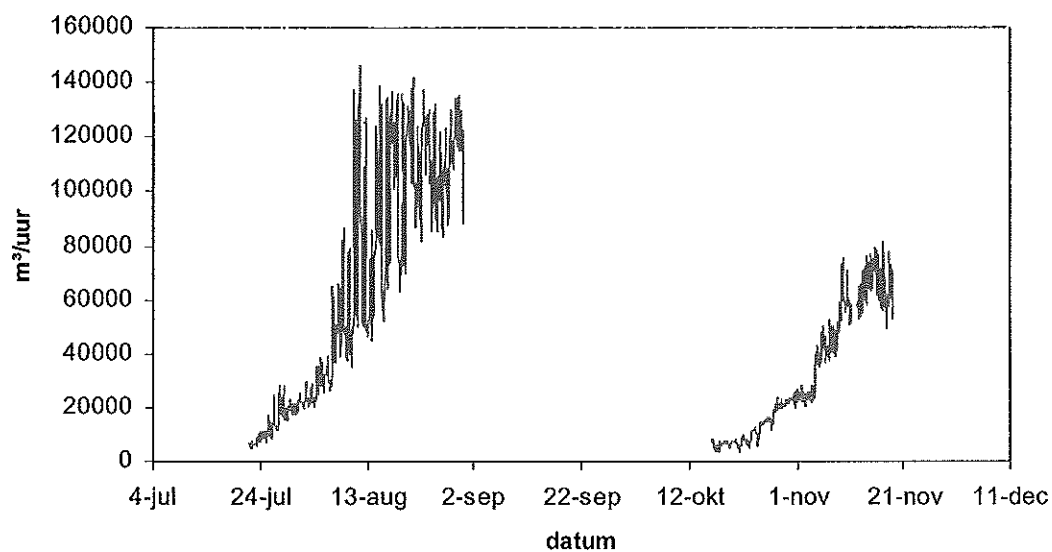


Daggemiddelden van de buitentemperatuur en de staltemperatuur gedurende de twee meetperioden.

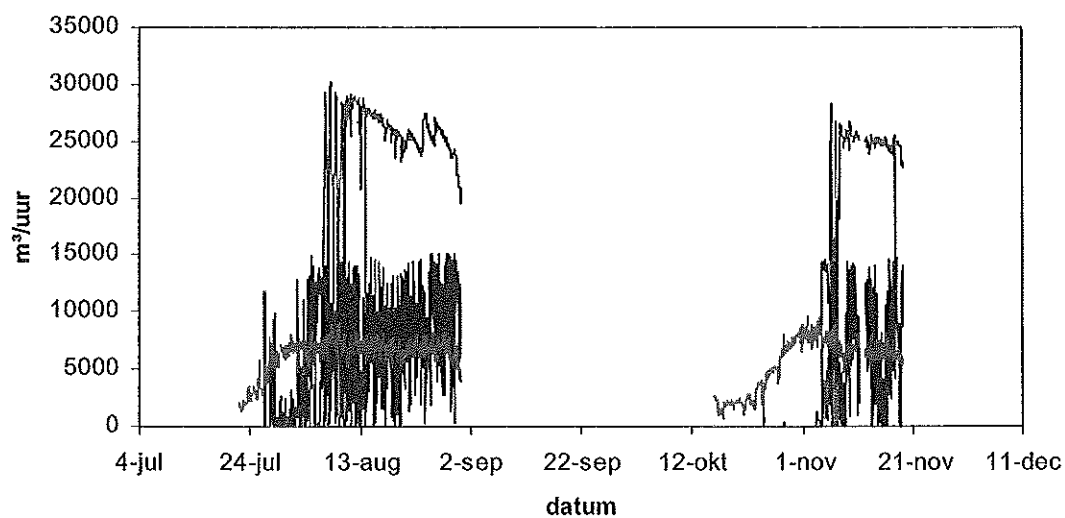


Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en van de stallucht gedurende de twee meetperioden.

BIJLAGE I Ventilatiedebiet



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

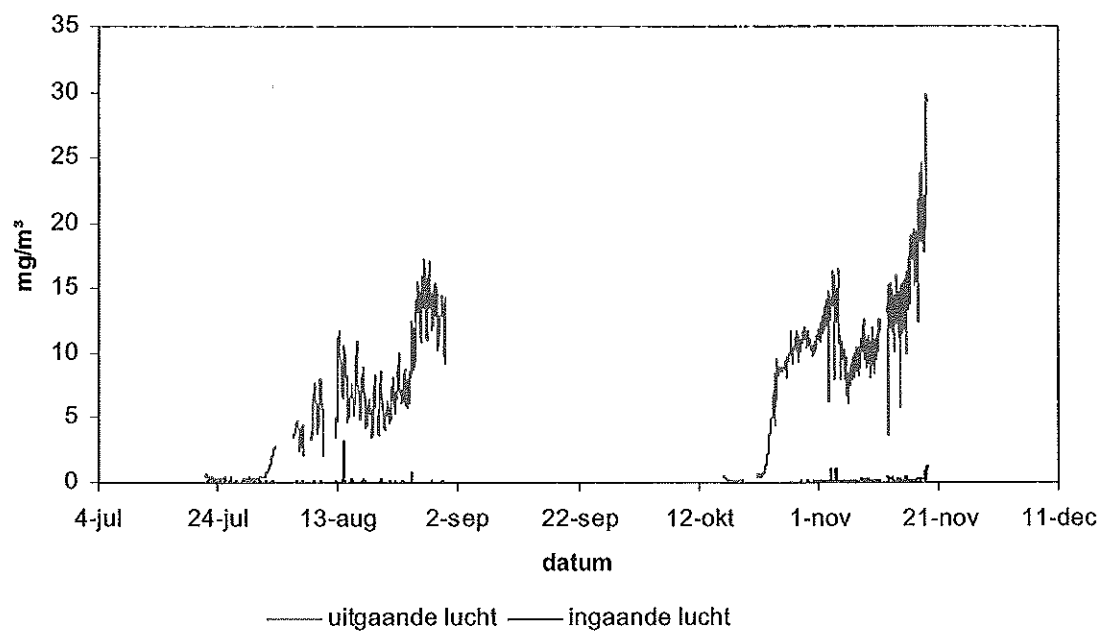


—— 1,38 m —— 1,09 m —— 0,92 m

Uurgemiddelden van het ventilatiedebiet (m³/uur) tijdens de twee meetperioden van de drie verschillende diameters stalventilatoren.

BIJLAGE J

Ammoniakconcentratie



Uurgemiddelden van de NH_3 -concentratie (mg/m^3) van de uitgaande en ingaande lucht tijdens de twee meetperioden

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 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.