
Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LV

Volierèstal voor leghennen

Aviary housing system for laying hens

Ing. A.G.C. Beurskens

Ing. J.M.G. Hol

Dr. Ir. G. Mol

IMAG Rapport 2002-16

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LIV

Volièrestal voor leghennen

Aviary housing system for laying hens

Ing. A.G.C. Beurskens

Ing. J.M.G. Hol

Dr. Ir. G. Mol

IMAG Rapport 2002-16
december 2002

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Beurskens, A.G.C., J.M.G. Hol en G. Mol

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LV –Volièrestal voor leghennen = aviary housing system for laying hens / A.G.C. Beurskens, J.M.G. Hol, en G. Mol. – Wageningen: IMAG. – (Rapport / Stichting Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek; 2002-16).

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

ISBN 90-5406-220-7

NUGI 849

Trefwoorden: ammoniakemissie, geuremissie, leghennen, volièrestal

C 2002-16 IMAG

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 0317-476300

Telefax 0317-425670

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

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

Abstract

A.G.C. Beurskens, J.M.G. Hol en G. Mol. Ammonia and odour emission from livestock housing systems; aviary housing system for laying-hens.

Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 2002-16, in Dutch, with summary in English, 23 pp.

Ammonia emission from animal husbandry has to be reduced in the Netherlands by 86% in the year 2010, compared with the emission level in 2000. Moreover, new legislation on odour emission for animal husbandry is being prepared. Within this framework research was carried out into the emission of ammonia and odour from a mechanical ventilated aviary housing system for laying hens. The modified construction of the aviary system was as compact as possible aiming for maximal tranquillity in the house and for minimal animal stress. The housing system consisted of 2 columns, each holding 3 synthetic mesh floors with manure belts underneath, and on top a plateau, consisting of laying nests and a synthetic mesh floor with a manure belt underneath. Laying nests were also attached to the columns. The concrete floor of the stable was covered with litter. The concrete floor contributed 48% to the living area of the hens and the synthetic mesh floors contributed 52%. Manure was removed twice a week. The ammonia emission from the housing system amounted to 0,053 (July-August) and 0,049 (October-November) kg NH₃/year per animal. The mean odour emission was 0,51 OU_e/sec per animal.

Keywords: ammonia emission, odour emission, aviary housing system, laying hens.

Voorwoord

Onderzoek naar emissies uit veehouderijgebouwen onder praktijkomstandigheden vergroot het inzicht in en de kennis over de milieubelasting vanuit de agrarische sector. Met deze kennis nemen de mogelijkheden toe om deze belasting te verminderen c.q. te voorkomen. Op voordracht van de Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen is onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een volièrestal voor leghennen. Het onderzoek is uitgevoerd door IMAG in een stal van de familie Pol te Kerkenveld. Wij zijn alle partijen zeer erkentelijk voor de goede samenwerking. Wij vertrouwen erop dat van de resultaten een nuttig gebruik wordt gemaakt.

Dr J.P.M. Sanders
Directeur Kenniseenheid Voeding en Agrotechnologie
Wageningen Universiteit en Researchcentrum

Inhoud

Abstract	2
Voorwoord	6
1 Inleiding	8
2 Materiaal en methode	9
2.1 Stal en bedrijfssituatie	9
2.1.1 Bedrijfssituatie	9
2.1.2 Huisvesting	9
2.1.3 Ventilatie	10
2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe	11
2.2 Bedrijfsvoering	11
2.2.1 Zoötechniek	11
2.2.2 Klimaatregeling	11
2.2.3 Voeding	12
2.2.4 Gezondheid	12
2.2.5 Mestmanagement	12
2.3 Metingen	12
2.3.1 Algemeen	12
2.3.2 Productiegegevens	13
2.3.3 Strooisel	13
2.3.4 Klimaat	14
2.3.5 Ventilatie-debiet	14
2.3.6 Ammoniakconcentratie	14
2.3.7 Geurconcentratie	14
2.4 Dataverwerkingsmethode	15
3 Resultaten	17
3.1 Productieresultaten	17
3.2 Strooiselmonsters	17
3.3 Klimaat en ventilatie-debiet	18
3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie	18
3.5 Geurconcentratie en -emissie	20
4 Discussie	21
5 Conclusie	23
Literatuur	24
Samenvatting	26
Summary	27
Bijlagen	28

1 Inleiding

De belangrijkste 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 1999 was 66% van de NH_x depositie uit eigen land afkomstig. De landbouw droeg in 2000 voor 94% bij aan de nationale emissie van NH_3 . De Nederlandse overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 2000 (157 kton) in 2010 tot 100 kton gedaald moet zijn. De bijdrage van de landbouw aan de NH_3 emissie moet dan gedaald zijn tot 86%, ofwel 86 kton (Sliggers, 2001). Om de tot doel gestelde emissiereductie te kunnen realiseren is onder andere invoering van emissiebeperkende staltechnieken en -systemen noodzakelijk.

Naast de problematiek van de emissies van ammoniak speelt ook de geurhinder die wordt veroorzaakt door landbouwactiviteiten een steeds belangrijkere rol in de wet- en regelgeving. De landbouwsector is, samen met 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 was 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% geurgehinderden in 2000. Voor 2001 zijn deze cijfers niet veranderd. 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 het vrijkomen van geur uit 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). Ter onderbouwing en verdere ontwikkeling van 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; Ogink en Mol, 2002). 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 ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op waarde te schatten dienen 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 milieueffecten.

In bovenstaand kader werd door IMAG onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een aangepaste volièrestal voor leghennen. Het ammoniakemissiereducerend principe berustte op het beluchten van de mest die werd verzameld op mestbanden onder de roosters en het regelmatig verwijderen van de mest uit de stal. Daarnaast bevat deze stal een relatief groot strooiseloppervlak om de strooiselkwaliteit te verbeteren ten opzichte van traditionele volièrestallen met als doel broei en daarmee ammoniakemissie te verminderen.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal en bedrijfssituatie

2.1.1 Bedrijfssituatie

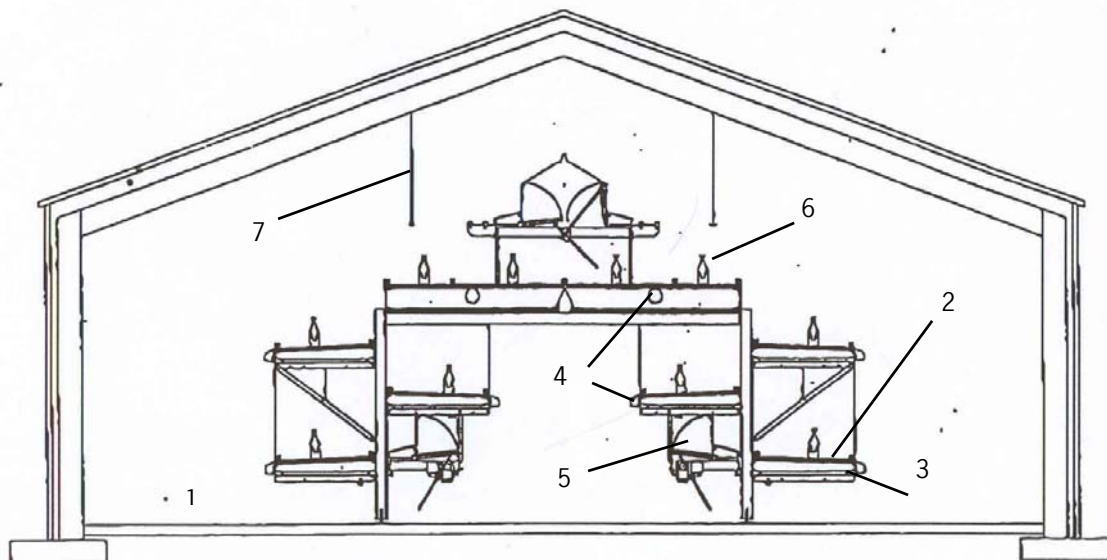
Het onderzoek werd in één productieronde uitgevoerd in een stal (bouwjaar 1999) voor leghennen. De metingen vonden plaats gedurende twee periodes van 30 juni tot en met 30 november 2001. Op het bedrijf waren naast deze stal nog twee stallen aanwezig waarin ook leghennen werden gehuisvest. Tevens was er een ruimte waarin mest tijdelijk kon worden opgeslagen. In Bijlage B wordt de situering van de genoemde gebouwen weergegeven.

2.1.2 Huisvesting

De hennen werden gehuisvest in een nieuw type voliërestal voor legkippen, een zogenaamde RED-L stal (Rusten, Eten, Drinken en Leggen). De onderzochte stal was 110 m lang en 11 m breed (binnenmaten). In totaal kon 25 m van de lengte niet door dieren worden gebruikt omdat 5 m als werkruimte en 15 m als mestopslagruimte werd gebruikt. Het beschikbare grondoppervlak voor de dieren was uiteindelijk 935 m². In Bijlage B wordt de plattegrond van de stal gegeven.

In de stal waren twee staanders waar op 3 etages afwisselend aan weerszijde van een staander per etage een leefplateau was gemaakt. Figuur 1 geeft schematisch de indeling van de stal weer. Aan de bovenzijde waren de staanders met roosters aan elkaar verbonden zodat een portaalconstructie ontstond. De leefplateaus waren voorzien van kunststof roosters en onder alle leefplateaus waren mestbanden aangebracht. De roosters aan de bovenzijde (zolder) waren voorzien van 2 mestbanden. Boven iedere mestband hing een geperforeerd kanaal waarmee lucht over de mest werd geblazen. De strooiselruimte bevond zich op de gehele betonnen vloer (dus ook onder het portaal) van de stal.

Bij etage 1 bevonden zich tegenover het leefplateau aan de binnenzijde van de staander een enkele rij legnesten. Op de bovenste roosters was een dubbele rij legnesten aangebracht. De waterlijnen met drinknippels, de voerlijnen en de zitstokken waren in de lengterichting van de stal geïnstalleerd. Op iedere etage was aan weerszijden 1 voerspiraal aangebracht, op de zolderetage bevonden zich 2 voerspiralen. Op de voerspiralen waren zitstokken aangebracht, evenals op de buitenkant van de plateaus. Op etage 1 bevond zich 1 rij drinknippels met lekbakjes, op de zolderetage waren 4 rijen drinknippels met lekbakjes aanwezig. Tabel 1 geeft een overzicht van de inrichting, afmetingen en de oppervlakken per etage en van de gehele stal.



- Legenda: 1: strooisellaag over de gehele vloer 2: roostervloer met zitstokken
 3: mestbanden onder de roostervloer 4: beluchtingsbuizen
 5: legnesten 6: voerlijn
 7: drinklijn

Figuur 1 Schematische weergave van de stal. Elk symbol uit de tekening is beschreven in de legenda.

Figure 1 Schematic plan of the hen house. Each symbol has a description in the legend.

Tabel 1 Overzicht van de afmetingen en oppervlakken van het systeem.

Table 1 Overview of the dimensions and areas of the system.

	Etage 1	Etage 2	Etage 3	Zolder etage
Aantal leefplateaus	2	2	2	1
Breedte leefplateau (m)	1,15	1,15	1,15	4,60
Roosteroppervlak (m ²)	204	204	204	416
Aantal mestbanden	2	2	2	4
Aantal voerlijnen	2	2	2	2
Aantal drinklijnen	2	0	0	4
Zitstokken	3	3	3	6

Het beschikbare leefoppervlak voor de hennen (1963 m²) bestond voor uit 48% uit strooiselruimte (935 m²) en 52% uit roostervloer (1028 m²). Voor plaatsing van de hennen was er een ongeveer 1 cm dikke laag houtkrullen op de vloer gestrooid.

Om de mest te beluchten werd gebruik gemaakt van een geperforeerd kanaal met een instroomoppervlak van 158 cm². Deze kanalen waren om de 20 cm aan de zijden van de mestbanden voorzien van openingen met een diameter van 6 mm, waarbij de luchtstroom op de mest op de mestbanden was gericht. Voor de toevoer van de drooglucht waren twee centrifugaal werkende ventilatoren van 2.700 m³/uur aangebracht.

2.1.3 Ventilatie

In de stal waren 8 nokventilatoren aanwezig met een diameter van 63 cm. Drie van de 8 ventilatoren werden traploos aangestuurd (10 tot 100% van het maximum) de overige 5 werden indien nodig met een aan/uit regeling bijgeschakeld. De ventilatoren hadden een maximum capaciteit van 11.000 m³/uur. De

ventilatiecapaciteit werd vastgesteld op basis van de ijklijn (Bijlage C). De maximaal beschikbare ventilatiecapaciteit van de stal was 88.000 m³/uur. Dit was ca. 6 m³/uur per geplaatste hen.

Alle lucht verliet de stal door de ventilatoren. Door de onderdruk in de stal als gevolg van de ventilatie fungeren alle overige openingen als inlaat waardoor de buitenlucht de stal binnenkwam. Dit gebeurde voornamelijk via regelbare inlaatventielen die geplaatst waren in de zijwanden over de gehele lengte van de stal. In de wanden van de stal bevonden zich 50 ventielen. De afmetingen van een ventiel waren 55 * 28 cm en waren op 1,8 m boven de vloer geplaatst.

2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe

Het ammoniakemissiereducerend principe van het huisvestingsysteem bestond uit drie delen namelijk:

- 1) het verwijderen van de mest op de mestbanden
- 2) het beluchten van de mest op mestbanden
- 3) het grote strooiseloppervlak

In de stal waren het strooisel en de mest op de mestbanden de twee voornaamste emissiebronnen. Doorgaans komt het grootste deel van de mest op de mestbanden terecht aangezien veel van de activiteiten (eten, drinken, eieren leggen en rusten) zich boven de roosters afspelen. Door het verwijderen van de mest op de mestbanden werd de emissie van één van de twee emissiebronnen uit de stal verwijderd. Door het beluchten en daarmee drogen van de mest zal de afbraaksnelheid van urinezuur en onverteerbare eiwitten afnemen (Groot Koerkamp, 1998). Hierdoor zal de ammoniakemissie worden verlaagd. Het vergroten van het strooiseloppervlak heeft tot doel de strooisellaag zo dun en droog mogelijk te houden. Het watergehalte van het strooisel is, naast de zuurgraad en temperatuur, de belangrijkste invloedsparameter op de afbraak van urinezuur en onverteerde eiwitten tot ammoniak.

2.2 Bedrijfsvoering

2.2.1 Zoötechniek

Bij aanvang van de productieronde, op 16 oktober 2000, werden 14.700 hennen van 17 weken oud (merk Bovans Gold-Line) geplaatst. Uit Tabel 1 volgt dat bij start van de ronde 15,7 hennen per m² grondoppervlak geplaatst waren. Voor leghennen in een voliëresysteem was de wettelijke norm voor de maximale bezetting tot 1 januari 2002 16 dieren per m² grondoppervlak. Op basis hiervan bood de stal ruimte aan 14.960 dieren. Op de leeftijd van 77 weken (3 december 2001) werden de hennen afgeleverd aan de slachterij. De leegstand tussen twee koppels bedroeg ca. 30 dagen.

2.2.2 Klimaatregeling

Het stalklimaat werd geregeld met behulp van een klimaatcomputer. De hoogte van het ventilatiedebiet en dus de hoeveelheid buitenlucht die via de inlaatventielen werd binnengelaten, werd geregeld afhankelijk van de ingestelde staltemperatuur. De temperatuur van de stallucht werd gemeten met 4 sensoren, waarvan er 2 op 80 cm boven de stalvloer waren aangebracht, en 2 op 80 cm boven de hoogste rij legnesten.

Bij plaatsing van de dieren bedroeg de streef temperatuur 20°C. Drie ventilatoren draaiden continu om een minimale luchtverversing te waarborgen en bij stijgende temperatuur werden naar behoefte meer ventilatoren in stappen aangezet. Bij afnemende vraag werden de laatst ingeschakelde ventilatoren het eerst uitgezet.

2.2.3 Voeding

De dieren werden 7 keer per dag gevoerd beginnend om 8.00 uur 's morgens met 90 minuten tussentijd tot 8 uur 's avonds. De dieren konden onbeperkt gedurende de gehele dag water opnemen. Gedurende de productieperiode werden 2 voersoorten verstrekt. In Tabel 2 staat de samenstelling van het voer weergegeven en de periode waarin het betreffende voer werd verstrekt.

Tabel 2 Overzicht van de voersamenstelling (omzetbare energie (OE) en ruw eiwit (re)) per periode.

Table 2 Overview of the content of feed (energy (OE) and crude protein (re)) per period.

Voersoort	periode	OE (kcal/kg)	Re (g/kg)
Legmeel I	Plaatsing – 40 weken	2.850	161.1
Legmeel II	40 weken - aflevering	2.850	153.8

2.2.4 Gezondheid

De dieren werden dagelijks 's morgens visueel gecontroleerd en indien nodig geselecteerd en verwijderd. In de namiddag gebeurde dit weer. 's Avonds werd het voer- en drinkwaterverbruik gecontroleerd. De stal was voorzien van spaarlampverlichting die vanaf de opzet van de dieren werd opgebouwd van ca. 10 uur licht naar maximaal 16 uur licht per dag. Het licht ging vanaf 7.00 uur aan. Het lichtregime in de stal werd volledig door het kunstlicht bepaald.

De dieren werden behandeld overeenkomstig het voorgeschreven schema van de vaccinatiekaart leghennen van de gezondheidsdienst. Daarnaast kregen de dieren regelmatig vitamine C en een mengsel van organische zuren toegediend. De medicijnen werden toegediend door toevoeging aan het drinkwater, door verneveling of door enting.

Na een productieronde werd de strooisellaag verwijderd uit de stal en werd de stal schoongemaakt en ontsmet met Virocid-formaline. Hierna werd een nieuwe strooisellaag aangebracht.

2.2.5 Mestmanagement

De mest op de mestbanden werd gedroogd door 5.600 m³ lucht per uur over de banden te blazen (0,4 m³/uur per geplaatste hen). De temperatuur van de ingaande lucht was minimaal 18°C. Tweemaal per week werd de mest onder de roosters in de stal verwijderd. Dit betekende dat de mest een periode van 3 dagen of een periode van 4 dagen op de banden lag voordat deze werd verwijderd. De mest werd op een verzamelband gestort en de stal uit gedraaid. Het afdraaien van de mest nam ongeveer een uur in beslag. Gedurende de eerste meetperiode werd de mest achter de stal in een overdekte mestopslag opgeslagen. In de loop van de tweede meetperiode werd de mest in containers opgeslagen en regelmatig afgevoerd.

2.3 Metingen

2.3.1 Algemeen

De metingen hadden plaats in één productieperiode. De leeftijd van de dieren bij aanvang van de eerste meetperiode was 55 weken, bij aanvang van de tweede meetperiode 68 weken. In Tabel 3 staan de begin- en einddatums en de lengtes van de meetperiodes vermeld.

Tabel 3 Start- en einddatums van de twee meetperiodes en het aantal meetdagen.

Table 3 *Beginning and end date of the two periods and the number of measuring days.*

	Periode 1 (zomer)	Periode 2 (herfst)
Start metingen	30 juni 2001	1 oktober 2001
Eind metingen	29 augustus 2001	30 november 2001
Aantal meetdagen	61	61

Tijdens de meetperiodes werden de productiegegevens (§2.3.2) geregistreerd door de veehouder. Wekelijks werd een strooiselmonster en een monster van de mest op de band genomen (§2.3.3). De geurconcentratie werd per meetperiode 5 maal bepaald (§2.3.7).

Gedurende de meetperiodes werden de volgende variabelen continu gemeten:

- het klimaat in de stal en buiten (§2.3.4)
- het ventilatiedebiet (§2.3.5)
- de ammoniakconcentratie van de in- en uitgaande lucht (§2.3.6)

De meetapparatuur voor de continue metingen werd bestuurd door een data-acquisitiesysteem, aangestuurd door een computer. Eenmaal per 3 minuten werden alle variabelen gemeten en weggeschreven naar het data-acquisitiesysteem. Iedere week werd de apparatuur gecontroleerd en werd de algemene situatie in de stal opgenomen. Hiervan werden notities gemaakt in een logboek.

Als gevolg van storingen aan apparatuur en software kon gedurende (een deel van) 9 dagen in de eerste meetperiode geen data worden geregistreerd. In de tweede meetperiode traden geen problemen met de apparatuur.

2.3.2 Productiegegevens

Gedurende de twee meetperiodes werden de volgende gegevens geregistreerd:

- het aantal geplaatste dieren
- het aantal productiedagen
- het voerverbruik per dier (kg)
- het waterverbruik per dier (l)
- de uitval (%)
- de eierproductie per geplaatste hen
- de voerconversie

Het voer- en waterverbruik werd bijgehouden en op invullijsten genoteerd, evenals het aantal eieren en het eigewicht. Uit deze gegevens werden het voerverbruik per dag, de voerconversie en de water/voer-verhouding berekend.

2.3.3 Strooisel en mest

Gedurende de beide meetperiodes werd elke week een strooiselmonster genomen door in elke gang van de strooiselruimte op één kwart, halverwege en driekwart van de lengte een deelmonster te nemen en hiervan een mengmonster te maken. Tijdens het afdraaien van de mestbanden werd een mestmonster genomen. Dit mengmonster bestond uit deelmonsters die op drie tijdstippen gelijkmatig verdeeld over twintig minuten van de verzamelband werden genomen. Op het Milieulaboratorium van IMAG werd van de strooisel- en mestmonsters het gehalte aan droge stof bepaald (gravimetrische methode). In beide meetperiodes werden 15 strooisel- en 15 mestmonsters genomen en geanalyseerd.

2.3.4 Klimaat

De temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). De nauwkeurigheid van deze sensoren is voor temperatuur $\pm 1,0^\circ\text{C}$ en voor de relatieve luchtvochtigheid $\pm 2\%$ (absoluut). Dit werd vóór en na elke meetperiode gecontroleerd. Het klimaat werd gemeten op 2 meetpunten in de strooiselruimte op circa 1,5 meter boven de vloer en boven de bovenste rij legnesten. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden in de overdekte uitlopen aan de noord- en zuidzijde van de stal gemeten. Tevens werd het klimaat gemeten in de werkruimte aan de achterzijde van de stal.

2.3.5 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m^3/uur) werd gemeten met behulp van meetventilatoren met een diameter van 63 cm. Deze werden horizontaal onder de ventilatiekokers geplaatst en hingen in meetkokers met dezelfde diameter als de ventilatiekokers. De meetkokers waren luchtdicht aan de ventilatoren bevestigd. Wanneer een ventilator niet werd aangestuurd door de klimaatcomputer zorgden kleppen voor de afsluiting van de ventilatoropening zodat geen omkering van de luchtstroming optrad. Alle lucht die de stal verliet werd op deze wijze met meetventilatoren gemeten. 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). Na de tweede meetperiode werd een meetventilator gekalibreerd. De resultaten zijn vermeld in Bijlage C. Voor de overige meetventilatoren werden dezelfde resultaten gebruikt. Uit ervaring is gebleken dat meetventilatoren met een gelijke diameter onder dezelfde omstandigheden nagenoeg hetzelfde functioneren en dezelfde ijklijn hebben.

2.3.6 Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x -monitor (Advanced Pollution instimulation Inc., model 200A). Deze methode staat beschreven in Scholtens (1993); een korte omschrijving staat in Bijlage D. 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 250 ml/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). In totaal werd in de uitgaande lucht op 3 punten in verschillende ventilatiekokers verdeeld over de lengte van de stal gemeten, waarbij monsternamen plaatsvonden tussen de ventilator en de meetventilator. De punten waar de monsters van de ingaande lucht werden genomen, bevonden zich aan beide zijden van de stal halverwege de zuid- en noordzijde, bij een inlaatventiel.

Ieder week werd de monitor gekalibreerd met NO-gas van 10,2 ppm. De gemiddelde kalibratieresultaten van de monitor zijn vermeld in Bijlage D. Bij het gebruikte meetprincipe is het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie. De ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht werd met een gas-detectiebuisje bepaald om de omzetting van de convertors te controleren. De stoffilters in de luchtleiding voor de convertors werden regelmatig vervangen. De convertors werden voor en na beide meetperiodes gekalibreerd. De gemiddelde omzettingpercentages zijn vermeld in Bijlage E.

2.3.7 Geurconcentratie

De geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geuremissies uit de veehouderij (Werkgroep Emissiefactoren, 1996), in totaal werden 10 geurmetingen verricht. De geuranalyses zijn uitgevoerd conform de Nederlandse voornorm NVN2820 met wijzigingsblad A1 (NNI, 1995/1996). Het geurlaboratorium van IMAG is onder nummer K072 door de Raad voor Accreditatie te Utrecht

geaccrediteerd voor het uitvoeren van geuranalyses. De geurconcentraties en -emissies worden vermeld in resp. $\text{OU}_E \text{ m}^{-3}$ en $\text{OU}_E \text{ dierplaats}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Voor binnenlands gebruik geldt: $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3 = 2 \text{ g.e.}/\text{m}^3$ (g.e. = geureenheid). De eenheid g.e. wordt gebruikt voor metingen volgens de eerste versie van de NVN 2820.

Het monsternamepunt voor de geur bevond zich in een ventilatiekoker tussen de ventilator en de meetventilator. Het nemen van een geurmonster bestaat eruit dat tussen 10 en 12 uur 's ochtends gedurende deze twee uur met constant debiet (500 ml/min) een zak van 60 liter wordt volgezogen met stallucht. Dit gebeurt volgens de zogenaamde longmethode waarbij in het vat waarin de zak zich bevindt een onderdruk wordt gecreëerd waardoor de zak die is aangesloten op de leiding uit de stal (en die aanvankelijk dus leeg is) zich langzaam vult met stallucht. De lucht wordt voor het monstervat, bij voorkeur zo dicht mogelijk bij het monsterpunt om de leiding niet te vervuilen, gefilterd met een stoffilter (1-2 μm). Alle vaten zijn uitgerust met verwarmingslint dat indien nodig kan worden aangezet om condensvorming te voorkomen. Sommige geurcomponenten hebben namelijk de neiging op te lossen en verdwijnen daardoor uit de lucht, hetgeen uiteraard ongewenst is.

Het monster wordt direct na bemonstering naar het geurlaboratorium vervoerd om binnen 30 uur gemeten te worden. Bij het meten van een geurmonster wordt de zogenaamde geurdrempel vastgesteld. Voor deze meting wordt gebruik gemaakt van een olfactometer. Dit apparaat bestaat grofweg uit twee delen, een verdunningsapparaat en een paneltafel. Het verdunningsapparaat zorgt er voor dat het monster kan worden verdund met geurvrije omgevingslucht die vervolgens aan het geurpanel (bestaande uit 4-6 personen) wordt aangeboden. De personen die deel uitmaken van het geurpanel zijn getest met behulp van een referentiegas (butanol) waarbij de eis is dat zij in een bepaald gevoeligheidsgebied vallen, extremen (zowel extreem goede als extreem slechte neuzen) worden niet goedgekeurd als geurpanellid. Tijdens de geuraanbieding zitten de panelleden aan de tafel met ieder twee trechtertjes voor zich waarbij gerandomiseerd uit het ene trechtertje geurvrije en uit het andere de geurbevattende lucht komt. Panelleden moeten aan beide ruiken en aangeven uit welke de geur komt alsmede of zij dit zeker weten, of zij gokken, of dat zij nog twifelen. De geuraanbieding voor het bepalen van de geurdrempel begint met de hoogste verdunning waarbij praktisch gezien geen enkele panellid in staat is de lucht met geur te onderscheiden van de geurvrije lucht. De concentratie loopt bij iedere aanbieding op (de verdunningsfactor wordt gehalveerd) net zolang tot alle panelleden hem onderscheiden van de geurvrije lucht. De berekening van de geurdrempel is vervolgens de bepaling van een gemiddeld verdunningsniveau voor het panel. Deze verdunningsfactor levert lucht die per definitie 1 geureenheid per kubieke meter bevat, ook wel 1 European Odour Unit per kubieke meter ($1 \text{ OU}_E \text{ m}^{-3}$) (NNI, 1995/1996). De oorspronkelijke lucht bevat dus zoveel geureenheden als de verdunningsfactor aangeeft.

2.4 Dataverwerkingsmethode

Van de geregistreerde waarnemingen (concentratie, debiet en klimaat) werden uurgemiddelden berekend. De ammoniakemissie (g/uur) werd berekend als het product van de ammoniakconcentratie (g/m^3) en het ventilatiedebiet (m^3/uur). Wanneer geen ammoniakconcentratie bij een ventilatiekoker werd gemeten, werd het meetpunt dat het dichtst bij lag gebruikt voor de berekening van de emissie. Bij de berekening van de emissie werd de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht verminderd met de gemiddelde ammoniakconcentratie van de ingaande lucht. De berekende gemiddelde ammoniakconcentratie van de ingaande lucht was het gemiddelde van de ammoniakconcentraties van de 2 meetpunten aan de zuidzijde van de stal en 2 maal de ammoniakconcentratie aan de noordzijde van de stal. De geuremissie (OU_E/s) werd berekend als het product van geurconcentratie (OU_E/m^3) en ventilatiedebiet (m^3/uur) gedeeld door 3600.

De ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de convertors en de kalibraties van de monitor. Ontbrekende 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 meetperioden werd de ammoniakemissie per geplaatst dier per jaar berekend, uitgaande van een leegstand van 21 dagen per productieperiode (KWIN, 2002). Dit is 5% op jaarbasis. De berekende ammoniakemissies werden vergeleken met de emissiefactor voor leghennen in traditionele huisvesting code E 2.11 (Infomil, 2002).

Per gemeten geurconcentratie en -emissie werd de natuurlijke logaritme (\ln) berekend. De berekende \ln -getallen werden gemiddeld. Dit geometrisch gemiddelde werd vervolgens weer door omzetting via de exponentiële functie op normale schaal uitgedrukt. Tenslotte werd de geuremissie per geplaatst dier berekend.

3 Resultaten

3.1 Productieresultaten

In Tabel 4 staan de productieresultaten van de twee meetperioden weergegeven. Om een indruk van de technische resultaten te krijgen wordt in de tabel het landelijk gemiddelde voor de verschillende kengetallen van leghennen op strooisel gegeven die vermeld staan in de Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2002-2003 (KWIN, 2002).

Tabel 4 Productieresultaten per meetperiode en het landelijk gemiddelde voor hennen in een scharrelstal (KWIN, 2002).

Table 4 Production results and features of the measuring periods and the national standard for rearing pullets in free range houses (KWIN, 2002).

	zomer	herfst	productieperiode	Landelijk gemiddelde
Aantal dagen	61	61	413	406
Aantal dieren aanvang	14.050	13.500	14.700	-
Aantal dieren einde	13.690	13.100	13.100	-
Uitval, incl. selectie (%)	2,6	3,0	10,9	8
Eierproductie per geplaatste hen (kg)	3,8	2,9	20,0	19,7
Voerverbruik (g per hen per dag)	120	126	118	120
Voederconversie (kg voer/kg ei)	2,05	2,64	2,43	2,47
Waterverbruik (l/hen)	12,8	12,2	78,4	80
Water/voer-verhouding	1,75	1,59	1,61	1,64

De gegevens van het landelijk gemiddelde zijn gebaseerd op normen voor de scharrelhouderij. De totale productieperiode is vergelijkbaar met het landelijk gemiddelde. Alleen de uitval was 3% hoger. Tussen beide meetperioden valt het verschil in water/voerverhouding op. In de zomerperiode werd de hoge water/voerverhouding veroorzaakt door een hogere wateropname gecombineerd met een lager voerverbruik. Het voerverbruik in de herfstperiode was opvallend hoog. Het hoge voerverbruik was ook terug te vinden in de hogere voederconversie.

3.2 Strooiselmonsters

In Tabel 5 zijn de gemiddelde drogestofgehalten van de strooisel- en mestmonsters per meetperiode gegeven.

Tabel 5 Het aantal monsters en gemiddelde drogestofgehalte van de strooisel- en mestmonsters per meetperiode.

Table 5 The number of samples and the dry matter content of the litter and the manure per measuring period.

	Zomerperiode		Herfstperiode	
	strooisel	bandmest	strooisel	bandmest
Aantal monsters	8	9	9	8
Drogestofgehalte (g/kg)	834	430	844	399
Standaarddeviatie (g/kg)	10	15	12	33

Het drogestofgehalte van het strooisel was in beide meetperiodes nagenoeg gelijk. Het gemiddelde drogestofgehalte van de bandmest lag in de herfstperiode iets lager dan in de zomerperiode. Een mogelijke

verklaring hiervoor is dat temperatuur van de lucht waarmee de mest op de banden gedroogd werd in de zomerperiode gemiddeld hoger was dan in de herfstperiode. Tegelijkertijd was de luchtvochtigheid van de drooglucht in de eerste periode gemiddeld lager dan in de tweede periode.

3.3 Klimaat en ventilatie-debiet

In Tabel 6 zijn de klimaat-ventilatiegegevens voor beide meetperioden weergegeven. In Bijlage F en G zijn de daggemiddeldes van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de stallucht en van de buitenlucht grafisch weergegeven. De gemiddelde buitentemperatuur was tijdens de zomerperiode hoger dan tijdens de herfstperiode. Hierdoor was ook het ventilatie-debiet per dier hoger dan in de herfstperiode. In Bijlage H staan de uurgemiddelden van het ventilatie-debiet voor beide meetperioden.

Tabel 6 Gemiddelde temperatuur en relatieve vochtigheid (RV) van de buitenlucht, de stallucht en de drooglucht en het gemiddelde ventilatie-debiet per aanwezig dier per meetperiode.

Table 6 Mean temperature and relative humidity (RV) of outdoor, indoor and drying air and ventilation rate per animal per measuring period.

	zomerperiode	herfstperiode
Buientemperatuur (°C)	18,3	10,0
Staltemperatuur (°C)	24,0	20,9
Temperatuur drooglucht (°C)	-	19,2
RV buiten (%)	78,0	88,1
RV stal (%)	63,5	64,9
RV drooglucht (%)	-	64,1
Debiet per gemiddeld aanwezig dier (m ³ /uur)	3,46	2,26
Debiet drooglucht per aanwezig dier (m ³ /uur)	-	0,02

- niet gemeten

3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie

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

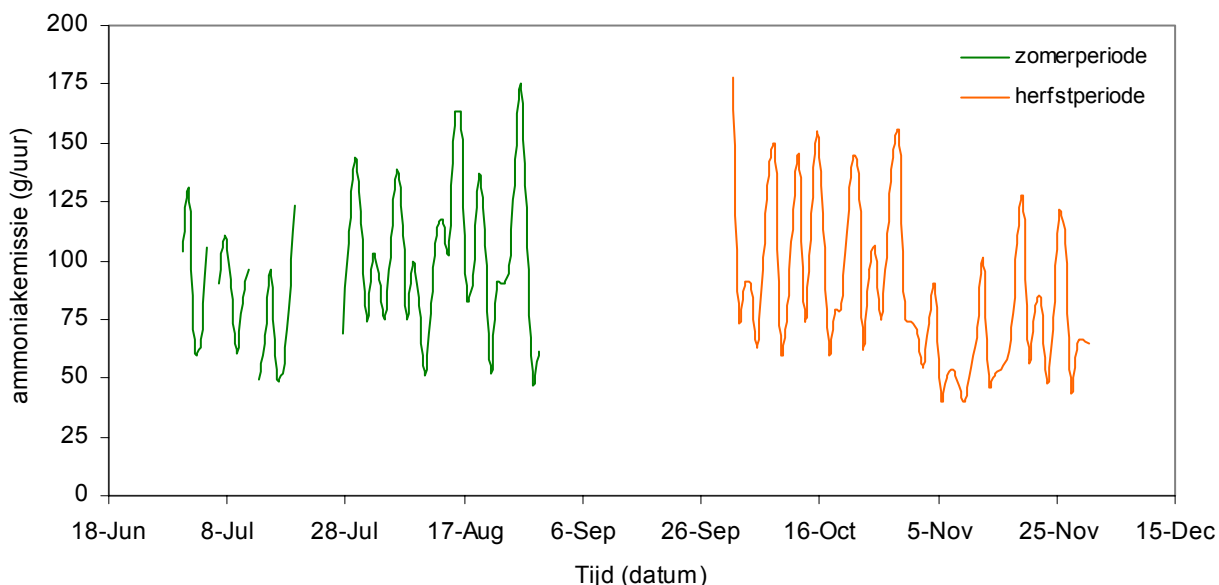
Tabel 7 Gemiddelde NH₃-concentratie van de in- en uitgaande lucht en de NH₃-emissie per meetperiode.

Table 7 Mean NH₃ concentration of the inlet and outlet air, NH₃ emission per measuring period.

	zomerperiode	herfstperiode
Aantal meetdagen	61	61
Aantal geplaatste dieren	14.700	14.700
Aantal dierplaatsen	14.960	14.960
NH ₃ -concentratie in de stal (mg/m ³)	2,12	3,10
NH ₃ -concentratie ingaande lucht (mg/m ³)	0,14	0,14
NH ₃ -emissie (g/uur)	96,0	87,5
NH ₃ -emissie per geplaatst dier (g/jaar) incl. 5% leegstand	53,4	48,7

Gedurende de zomerperiode was de gemiddelde NH₃-emissie 53,4 g en voor de herfstperiode 48,7 g per dierplaats per jaar (met 5% leegstand). Gemiddeld over beide meetperioden was de emissie 51,0 g per dierplaats per jaar. De in dit onderzoek gemeten emissie was 43% lager dan de emissie van een

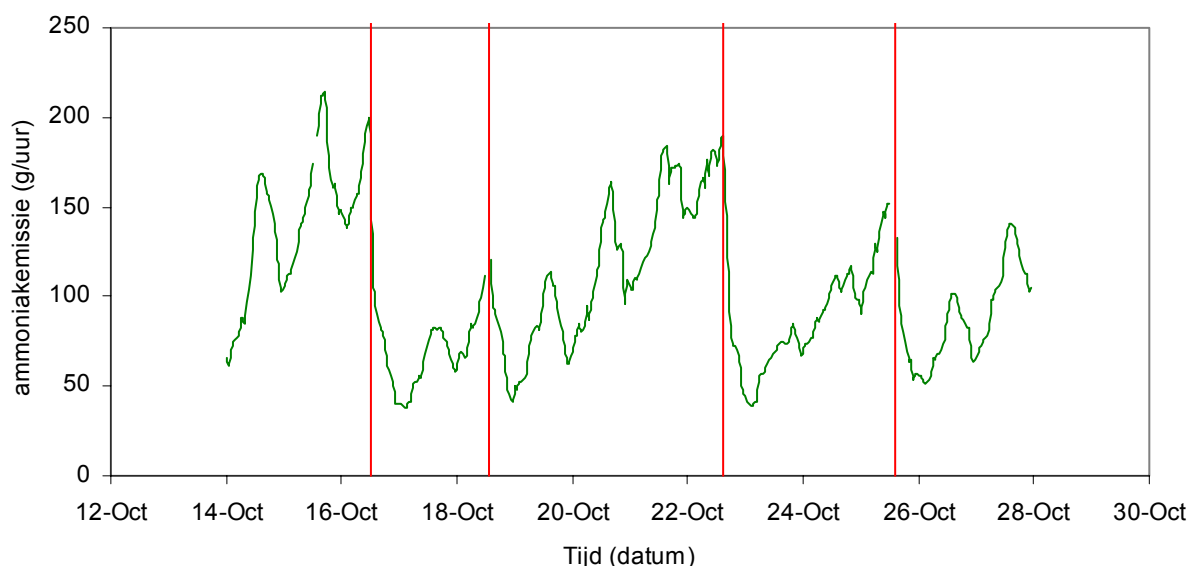
traditionele voliërestal voor legrassen zoals deze beschreven is in de RAV-lijst (E 2.11; Infomil, 2002). In Figuur 3 is het verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie uit de stal van de beide meetperioden weergegeven.



Figuur 3 De daggemiddelde NH_3 -emissie (g/uur) uit de stal gedurende beide meetperiodes.

Figure 3 The daily average of NH_3 -emission (g/h) from the hen house during both measuring periods.

Uit Figuur 3 blijkt dat de emissie gedurende beide meetperiodes nagenoeg hetzelfde verloop en fluctuatie vertoonde. Het piekende verloop van de emissie in de meetperiodes kan worden toegeschreven aan het ontmesten. In Figuur 4 is het verloop van de uurgemiddelde ammoniakemissie voor een aantal dagen gedurende de tweede meetronde weergegeven.



Figuur 4 Karakteristiek verloop van de NH_3 -emissie (g/uur); de verticale lijnen geven de momenten van ontmesten aan.

Figure 4 Typical course of the ammonia emission (g/hour); vertical lines indicate manure removal in the house.

De verticale lijnen geven het moment van mest afdraaien aan. Het is goed zichtbaar dat de emissie toenam tot en met de dag dat de mest uit de stal werd verwijderd. In Tabel 8 wordt de gemiddelde emissie per hele droogdag gegeven. Hiervoor is ten opzichte van de dag van ontmesten een daggemiddelde berekend. Dit betekent dat dag 1 en 2 na ontmesten voor beide ontmestingsperioden gelijk was. Dag 3 werd alleen meegenomen in de berekeningen wanneer een gehele droogdag was. Op basis van deze berekeningen kan het verschil in emissie op jaarbasis worden berekend bij 1, 2 en 3 droogdagen. Ook deze staan in tabel 8 gegeven. De jaarcijfers kunnen niet worden vergeleken met het jaarcijfer zoals deze in tabel 7 is gegeven aangezien de dagen dat de mest uit de stal wordt gehaald in berekende cijfers niet zijn meegenomen.

Tabel 8 Daggemiddelde ammoniakemissie per gehele droogdag voor beide meetperioden en de daaruit berekende emissie per jaar per dier.

Table 8 *Daily average ammonia emission per whole drying day for both periods and the calculated emission per year per animal.*

	Droogdag 1	Droogdag 2	Droogdag 3
Aantal dagen	46	47	24
Daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur)	62	83	120
Ammoniakemissie (g/jaar per dier)	34	40	49

Uit de tabel blijkt dat de emissie uit de stal toeneemt naarmate het aantal droogdagen toeneemt. Deze toename is telkens 15%.

3.5 Geurconcentratie en -emissie

In Tabel 9 wordt de geurconcentratie en –emissie van de onderzochte stal en de geuremissie per dierplaats voor beide meetperioden gegeven. De geometrisch gemiddelde geuremissie in de zomerperiode was 0,72 OU_e/s per dierplaats en in de herfstperiode was dit 0,35 OU_e/s per dierplaats. De geometrisch gemiddelde geuremissie per geplaatst dier over 10 metingen was 0,51 OU_e/s.

Tabel 9 Gemiddelde geurconcentratie, ventilatiedebiet en geuremissie uit de stal en per geplaatst dier.

Table 9 *Mean odour concentration, ventilation rate and odour emission of the hen house and per animal.*

	zomerperiode	herfstperiode
Aantal metingen	5	5
Gemiddelde geurconcentratie (OU _e /m ³)	754	634
Gemiddeld debiet (m ³ /uur)	52.095	30.952
Geuremissie (OU _e /s)	10.831	5.299
Aantal dierplaatsen	14.960	14.960
Geuremissie per dierplaats (OU _e /s)	0,72	0,35

4 Discussie

Volgens de maandoverzichten 2001 van het KNMI kon het weer gedurende de zomerperiode als warm, zonnig zomerweer worden getypeerd. Ook de herfstperiode was warmer dan gemiddeld. In Tabel 10 wordt de gemiddelde temperatuur ten opzichte van het langjarig gemiddelde gegeven gedurende de meetperiodes.

Tabel 10 Gemiddelde temperatuur (°C) op de meetlocatie, het KNMI in 2001 en het KNMI langjarig.

Table 10 Mean temperature (°C) on location, from KNMI in 2001 and the KNMI long period.

	Zomerperiode		Herfstperiode	
	juli	augustus	oktober	november
Buitemtemperatuur meetlocatie	18,3	18,4	13,4	6,5
KNMI 2001	18,5	18,5	14,2	7,1
KNMI langjarig	16,8	16,7	10,3	6,2

Over de beide meetperiodes gezien was sprake van een relatief hoge temperatuur. Dit zou kunnen betekenen dat het resultaat van de meting van de ammoniakemissie van dit systeem in deze periode een lichte overschatting betekent van de gemiddelde langjarige emissie. In kwantitatieve zin valt hierover op basis van dit onderzoek verder weinig te zeggen.

Gedurende de metingen bleek de ammoniakconcentratie van de ingaande lucht aan de zuidzijde gemiddeld 8 maal hoger te zijn ten opzichte van de ingaande lucht aan de noordzijde. De verhoogde concentratie werd veroorzaakt door de mestopslag die direct achter de stal lag. De opening van deze mestopslag lag aan de zuidzijde. Met name bij wind uit het oosten was de gemeten concentratie hoog, soms zelfs hoger dan de stalconcentratie. Voor de berekening van de emissie is uitgegaan van een gelijke bijdrage aan inlaatlucht van zuid- en noordkant en is de stalconcentratie gecorrigeerd voor de gemiddelde concentratie van de ingaande lucht.

Uit onderzoek van Satter en Gunnink (1998) blijkt dat bij een scharrelstal voor leghennen met mestbanden onder de beun waarbij mestdroging en verwijdering plaats vond het strooisel de voornaamste bron van ammoniakemissie uit de stal was. In dit onderzoek had het vergroten van het strooiseloppervlak tot doel de strooisellaag zo droog mogelijk te houden en daarmee de ammoniakemissie zo laag mogelijk. Het watergehalte van het strooisel is, naast de zuurgraad en temperatuur, de belangrijkste invloedsparameter op de afbraak van urinezuur en onverteerde eiwitten tot ammoniak. Volgens Groot Koerkamp (1994) blijkt dat vooral het vochtgehalte van het strooisel de afbraak van stikstofverbindingen beïnvloedt. Indien het vochtgehalte van het strooisel tussen 40% en 60% ligt, zijn optimale omstandigheden aanwezig voor de afbraak van stikstofverbindingen. Een hogere afbraak van stikstofverbindingen zal meestal samengaan met een toename van de productie van ammoniak. Bij strooisel met een vochtgehalte lager dan 40% en hoger dan 60% wordt de afbraak van stikstofverbindingen geremd en zal de ammoniakemissie uit het strooisel waarschijnlijk dalen.

Het verschil in emissie tussen de zomer en herfstperiode is zeer klein, ondanks de aanzienlijke verschillen in klimaat buiten en in de stal. Gedurende het onderhavige onderzoek bleek voor beide perioden de kwaliteit van het strooisel zeer goed te zijn (drogestofgehalte boven 800 g/kg) en dus een lage emissie af te geven. De goede kwaliteit van het strooisel zou een systeemeigenschap kunnen zijn aangezien een herfstperiode (vaak vochtige ingaande lucht) geen invloed lijkt te hebben op de kwaliteit van het strooisel. Dit is echter niet onderzocht.

Uit tabel 8 blijkt dat de emissie op jaarbasis met 15% toeneemt wanneer een extra droogdag wordt toegevoegd. Ofwel met het vaker verwijderen van de mest uit de stal kan de emissie uit deze stal verder worden gereduceerd. Deze resultaten laten ook de kwetsbaarheid van een op management gebaseerde emissiearm principe te zien. Het minder vaak afdraaien van de mest zal resulteren in een hogere ammoniakemissie. Echter het ophopen van de mest op de mestbanden zal in de praktijk beperkt zijn aangezien de mestbanden een beperkte hoeveelheid mest aankunnen. Een te zware hoeveelheid mest zal de mestbanden beschadigen of doen scheuren.

5 Conclusie

De ammoniakemissie uit een volièrestal voor leghennen met tweemaal per week verwijderen van mest bedroeg voor de twee meetperioden 53,4 en 48,7 g (gemiddeld 51,0) NH_3 /jaar per dierplaats (incl. 5% leegstand). Dit levert op jaarbasis een reductie op van 43% ten opzichte van de norm voor standaardhuisvesting van legkippen in een volièrestal zoals vermeld in de Regeling Ammoniak en Veehouderij. De gemiddelde geuremissie over beide meetperioden was 0,51 OU_e /s per dierplaats.

Literatuur

- Berckmans, D., Ph. Vandenbroeck en V. Goedeels, 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3: 323-336.
- Groot Koerkamp, P.W.G., 1994. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation tot sources, processes, building design and manure handling. In: *Journal of agricultural engineering research*, jaargang 59, p. 73-87.
- Groot Koerkamp, P.W.G., 1998. Ammonia emissions from aviary housing systems for laying hens – inventory, characteristics and solutions. PH.D. thesis, Agricultural University Wageningen, 161 pp.
- Infomil, 2002. LA04 Regelgeving. Handreiking Ammoniak en Veehouderij. Rapport, Den Haag, 86 pp.
- KWIN, 2002. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2002-2003. Praktijkboek 18. Praktijkonderzoek veehouderij, september 2002, Lelystad, 433 pp.
- NNI, 1995. NVN 2820/A1 Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, Maart 1995. (met wijzigingsbad A1, in brief aan geaccrediteerde instellingen, 1996).
- 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 stadardised odour units. Gepubliceerd in: *Proceedings of the International symposium. Ammonia and odour control from production facilities*. Vinkeloord, The Netherlands, 1997, p. 231-238.
- Ogink, N.W.M. en G. Mol, 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.
- Ogink, N.W.M. en G. Mol, in prep. Geuremissies uit de veehouderij: het Pythia-project. Overzicht van de resultaten van drie jaar geuremissie-onderzoek in de varkenshouderij, de pluimveehouderij en de rundveehouderij uitgevoerd in de periode 2000 t/m 2002. IMAG rapport
- Satter, I.H.G. en H. Gunnink, 1998. Onderzoek 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.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-convertor + NO_x-analyser. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): *Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij* 16, DLO, Wageningen, p. 19-22.
- Scholtens, R. en C.E. van 't Klooster, 1993. Meetventilator. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): *Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij* 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.
- Sliggers, J. (Ed), 2001. Op weg naar duurzame niveaus voor gezondheid en natuur. Overzichtspublicatie thema verzuring en grootschalige luchtverontreiniging. Rapport VROM 010344/h/10-01 17529/187, Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Den Haag, oktober 2001, 229 pp.

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.

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De Nederlandse overheid heeft zich ten doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 2000 (157 kton) in 2010 tot 100 kton gedaald moet zijn. De bijdrage van de landbouw aan de NH_3 emissie moet dan gedaald zijn tot 86%. Om deze emissiereductie te kunnen realiseren is onder andere invoering van emissiebeperkende staltechnieken en -systemen noodzakelijk. De landbouwsector is tevens een belangrijke bron van geurhinder in Nederland. Ter ondersteuning van de regelgeving voor geurhinder door de veehouderij voert IMAG geuremissiemetingen uit aan stalsystemen waar ook NH_3 gemeten wordt. In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een volièrestal voor leghennen. Het ammoniakemissiereducerend principe van dit ontwerp berustte op het drogen van de mest op de mestbanden, het tweemaal per week verwijderen van deze mest en een groot strooiseloppervlak

Het onderzoek werd uitgevoerd gedurende twee meetperiodes die in één productieperiode van de dieren vielen. De hennen werden gehuisvest in een nieuw type volièrestal voor legkippen, een zogenaamde RED-L stal (Rusten, Eten, Drinken en Leggen). Het beschikbare leefoppervlak voor de hennen (1963 m^2) bestond voor uit 48% uit strooiselruimte (935 m^2) en 52% uit roostervloer (1028 m^2). In de stal waren twee staanders waar op 3 etages afwisselend aan weerszijde van een staander per etage een leefplateau met daaronder een mestband was gemaakt. Aan de bovenzijde waren de staanders met roosters aan elkaar verbonden (zolder). Ook onder deze roosters bevonden zich mestbanden. Boven iedere mestband hing een geperforeerd kanaal waarmee lucht over de mest werd geblazen. De strooiselruimte bevond zich op de gehele betonnen vloer (dus ook onder het portaal) van de stal. Bij etage 1 en op de bovenste roosters bevonden zich legnesten. Op iedere etage waren één of meer voerspiralen aangebracht. Op de voerspiralen zaten zitstokken, evenals op de buitenkant van de plateaus. Op etage 1 en de zolderetage bevonden zich de drinknippels met lekbakjes.

Om de mest te beluchten werd gebruik gemaakt van een geperforeerd kanaal met om de 20 cm aan de zijden van de mestbanden openingen met een diameter van 6 mm. De lucht werd met twee centrifugaal werkende ventilatoren door de kanalen geblazen en kwam via de openingen bij de mest terecht. Tweemaal per week werd de gedroogde mest uit de stal verwijderd door het afdraaien van de mestbanden.

De stal werd via nokventilatie mechanisch geventileerd. Hiervoor was in totaal ca. $6 \text{ m}^3/\text{uur}$ per hen geïnstalleerd. Buitenlucht kwam de stal binnen via regelbare inlaatventielen. Het debiet en de inlaatopeningen werden gestuurd met de klimaatcomputer. Deze werd geregeld op basis van een streeftemperatuur, in dit geval $20 \text{ }^\circ\text{C}$. De stal werd gedurende 16 uur per dag verlicht.

Aan het begin van de productieperiode werden 14.700 hennen geplaatst. Op basis van de wettelijk toegestane 16 dieren per m^2 grondoppervlak kwam het aantal dierplaatsen op 14.960 dieren. Van 30 juni tot en met 29 augustus 2001 (zomerperiode) en van 1 oktober tot en met 30 november 2001 (herfstperiode) werden de ammoniak-, de geuremissie en het klimaat gemeten. De ammoniakemissie en het klimaat werden continu gemeten; de geuremissie werd 10 maal tussen 10 en 12 uur gemeten.

De gemiddelde buitentemperatuur was in de zomerperiode $18,3 \text{ }^\circ\text{C}$, in de herfstperiode $10,0 \text{ }^\circ\text{C}$. De gemiddelde staltemperatuur in deze periodes was achtereenvolgens $24,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en $20,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Het gemiddelde ventilatedebiet was respectievelijk $3,5 \text{ m}^3/\text{uur}$ en $2,3 \text{ m}^3/\text{uur}$ per gemiddeld aanwezig dier. Na correctie voor leegstand was de ammoniakemissie in de zomerperiode $53,4 \text{ g}$ per dierplaats per jaar, in de herfstperiode $48,7 \text{ g}$ per dierplaats per jaar. Gemiddeld over beide meetperiodes was de ammoniakemissie van het onderzochte systeem 43% lager dan de emissie van de traditionele volièrehuiving voor leghennen, zoals vermeld in de RAV. De geometrisch gemiddelde geuremissie over 10 metingen bedroeg $0,51 \text{ OU}_E/\text{s}$ per dierplaats.

Summary

Ammonia, NO_x and SO_x are the most important components causing acidification of our environment. The Dutch government aims at a reduction resulting in a total emission of 100 kton in the year 2010, compared with the emission level of 157 kton in 2000. By then the contribution of agriculture to the emission of NH_3 must be reduced to 86%. One of the solutions can be found in introducing animal housing systems equipped with technology aimed at reducing ammonia emission. Agricultural activities are also an important source of odour emission. To support the legislation on odour emission from animal husbandry, IMAG carries out odour emission measurements in animal houses where ammonia is being measured. Within this framework research was carried out into the emission of ammonia and odour from an aviary housing system for laying hens. The emission reducing technique of the system consisted of a combination of drying and twice a week manure removal of belt manure.

The research was carried out during two measuring periods in one production period. The aviary house was a new system so called RED-L (Resting Eating Drinking and Laying) The available living area consisted for 48% of litter floor en 52% of wire floors. There were 2 stands with 3 floors in the house and an attic. Each floor had a wired living area with a manure belt underneath it. Above every manure belt a duct for transport and supply of drying air was installed. The 6 mm air discharge openings in the duct were placed 20 cm from the center, in such a way that the air was blown over the total surface of the manure belt. Each living area was equipped with feed gutters, the water nipples were installed on the first floor and the attic. This was also the place for the laying nests.

The house was equipped with a mechanical ventilation system. Maximum ventilation capacity amounted to 6 m^3 per hen. The air entered the house by inlet openings located alongside the total length of the compartments. The set-point temperature of the house was 20 °C. Lighting was on 16 hours a day.

At the start of the production period 14,700 hens were placed in the hen house. Because of legislation the livestock density may be as high as 16 animals per m^2 ground floor, this means 14,960 could be placed in this house. Measurements of ammonia and climate were collected continuously from the 30th of June to the 29th of August and from the 1st of October to the 30th of November 2001. The odour emission was measured 10 times during the two periods. Collection of odour samples took place from 10-12 am.

The average outside temperature was 18.3°C during the first period and 10.0°C during the second period. The average house temperature was 24.0°C and 20.9°C respectively. The ventilation rate per animal amounted to 3.5 m^3/h and 2.3 m^3/h respectively. After correction for vacancy of the house, the ammonia emission was 53.4 g/year per animal place for the first period and 48.7 g/year per animal place for the second measuring period. Averaged out over both measuring periods, the level of ammonia emission was about 43% lower in the investigated system of litter removal than the emission factor of a traditional aviary housing type for laying hens.

The geometrical mean odour emission of 10 measurements was 0.51 OU_E/s per animal place.

Bijlagen

BIJLAGE A	Kader en contactpersonen IMAG-meetploeg
BIJLAGE B	Bedrijfsituatie, plattegrond en foto's
BIJLAGE C	Kalibratieresultaten meetventilatoren
BIJLAGE D	Principe en kalibratieresultaten NO _x -monitor
BIJLAGE E	Omzettingspercentage convertors
BIJLAGE F	Temperatuur
BIJLAGE G	Relatieve luchtvochtigheid
BIJLAGE H	Ventilatiedebiet
BIJLAGE I	Ammoniakconcentratie

BIJLAGE A Kader en contactpersonen IMAG-meetploeg

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 emissiearme 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 "Emissiearme stallen" die is opgesteld door de Stichting Groen Label. De daarin genoemde landbouwkundige voorwaarden vallen onder de verantwoordelijkheid van de aanvrager.

Contactpersonen

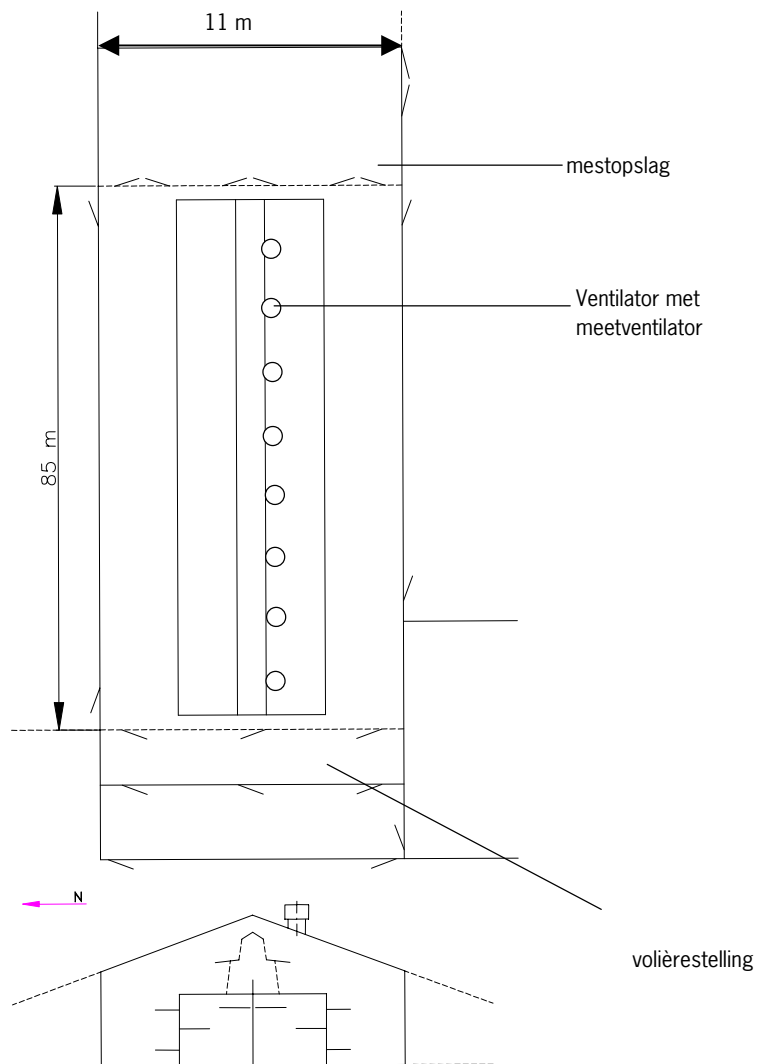
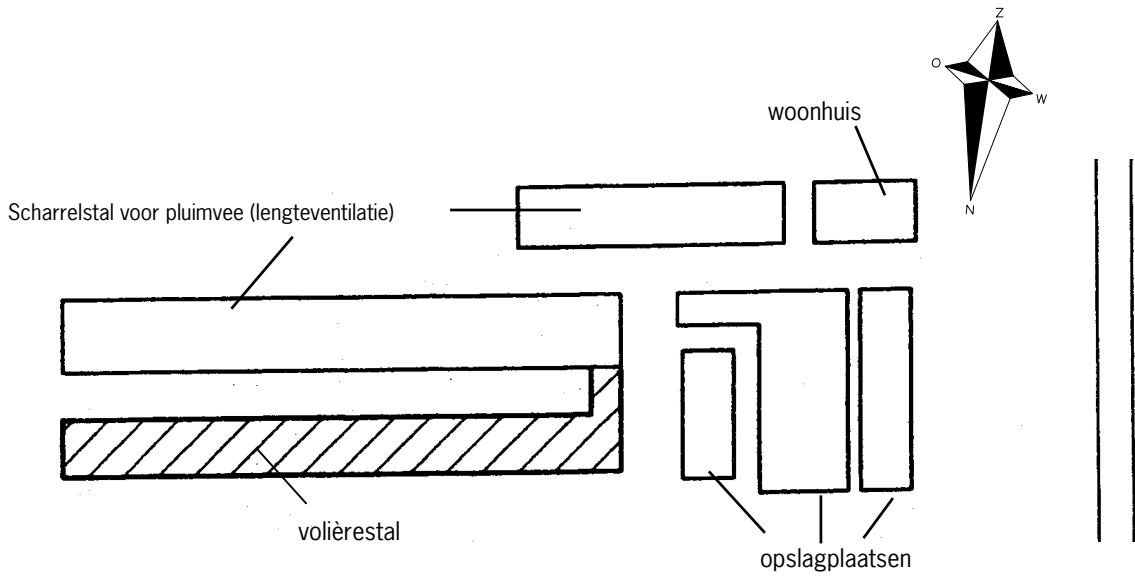
Voorzitter Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen

Ir. J.H.G. Tuinte
Expertisecentrum LNV
Bezoekadres: Pascalstraat 10
6716 AZ Ede
Postadres: Postbus 482
6710 BL Ede
Telefoon: 0318 67 14 33

Coördinator IMAG-meetploeg

Dr. Ir. Gerben Mol
Instituut voor Milieu- en Agritechniek IMAG
Bezoekadres: Mansholtlaan 10-12
6708 PA Wageningen
Postadres: Postbus 43
6700 AA Wageningen
Telefoon: 0317 47 65 89

BIJLAGE B Bedrijfsituatie, plattegrond stal en foto's





Bovenaanzicht Red-L volièrestal

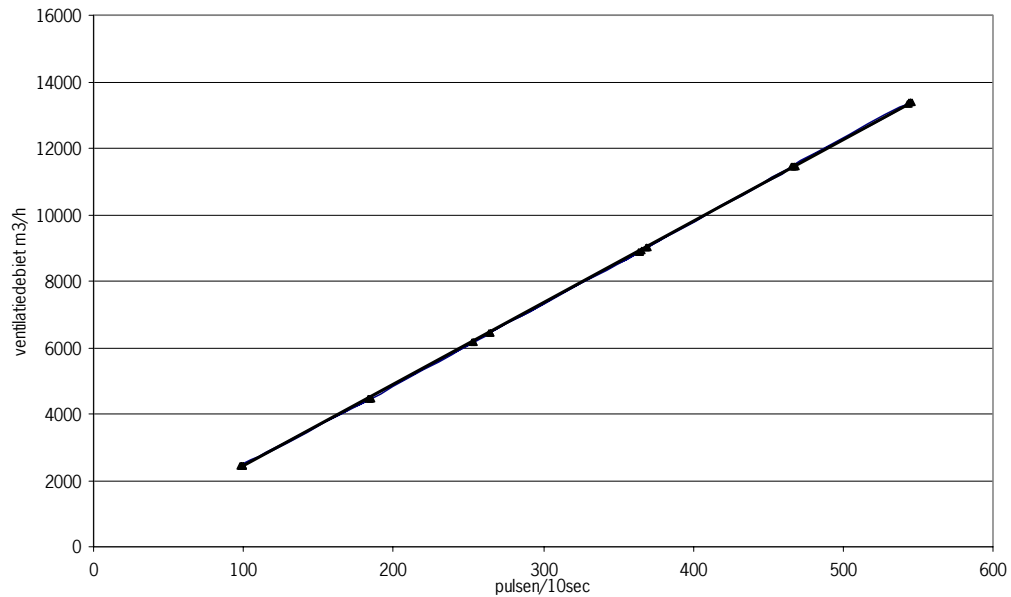


Strooiselgang onder volièrestelling

BIJLAGE C Kalibratieresultaten meetventilatoren

Op 14 januari 2002 werd een meetventilator met een diameter van 63 cm en 4 bladen gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatie debiet (V in m^3/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$V = 24.5 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) - 25$$



Aan de hand van de vastgestelde kalibratielijijn zijn de debieten berekend voor alle in de stal geplaatste meetventilatoren.

BIJLAGE D Principe en kalibratieresultaten NO_x-monitor

Meetprincipe

De ammoniakconcentratie wordt continu gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Advanced Pollution instimutation Inc., model 200A). 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.



Om NH₃ te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. In de convertor passeert de luchtstroom een stoffilter (5-6 µm) 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 wordt continu aangezogen via teflon slangen. Om condensvorming in de slangen te voorkomen worden 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 is 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 gedurende de meetperiodes uitgevoerd met NO-gas (gemiddelde NO-concentratie 10,8 ppm). Tijdens de eerste periode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld 7,7 %, tijdens de tweede periode gemiddeld 1,4 %.

Gedurende de eerste meetperiode vertoonde kanaal 2, wat gebruikt werd voor de meting van ammoniak in de ingaande lucht, opvallend grote absolute afwijkingen tijdens de wekelijks kalibraties. Na vervanging van de NO_x-monitor kwamen dergelijke grote afwijkingen tijdens de tweede meetperiode niet meer voor. Als dit kanaal buiten beschouwing gelaten wordt, bedraagt de absolute afwijking in de eerste meetperiode 4,1 %.

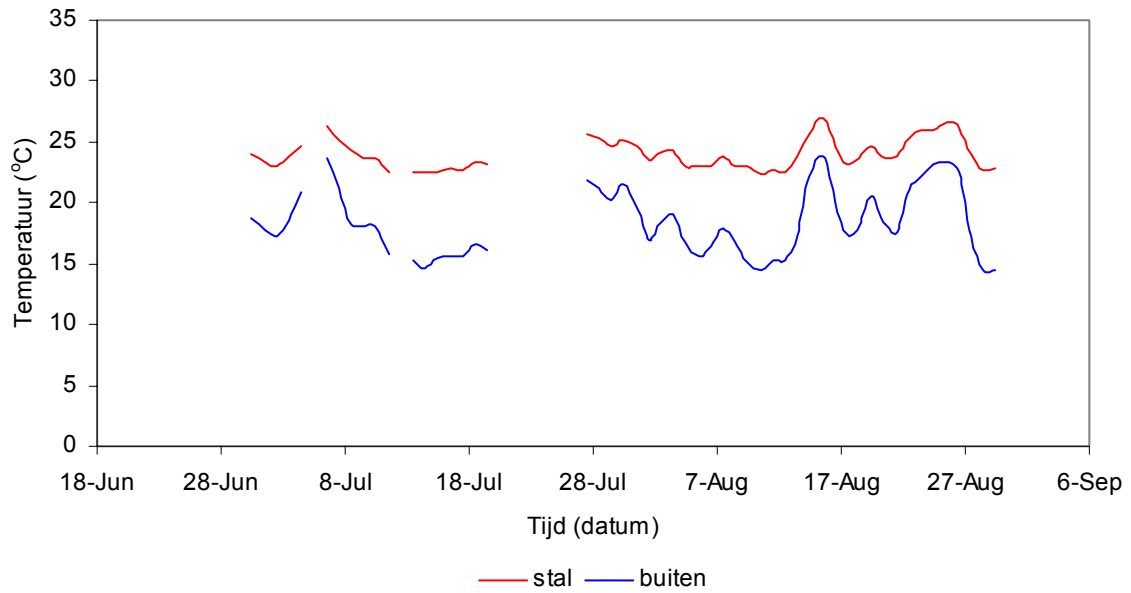
BIJLAGE E Omzettingspercentage convertors

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

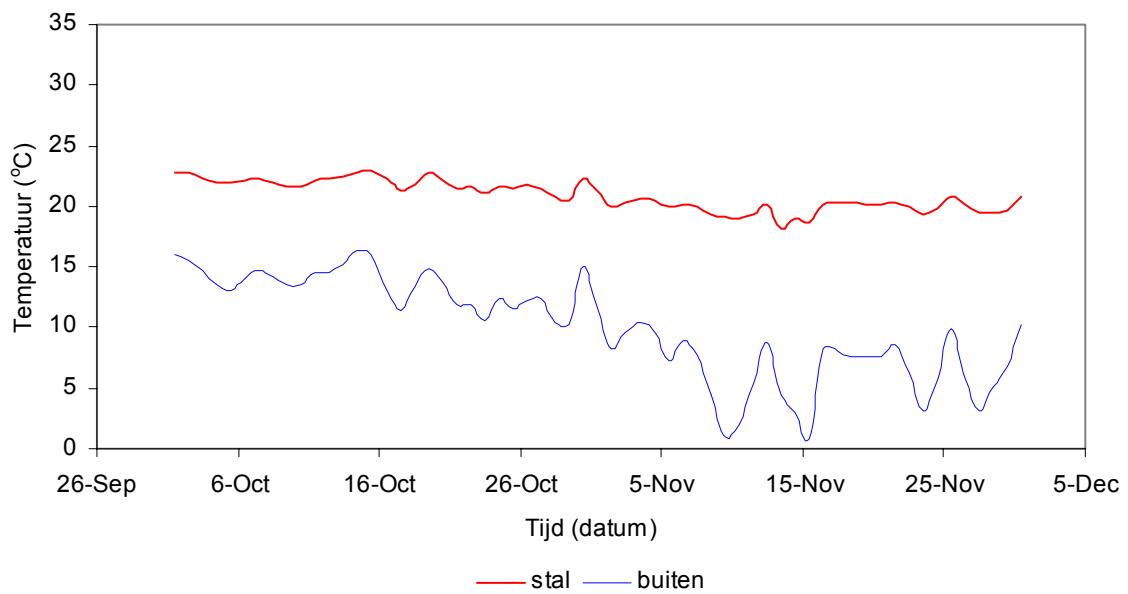
Meetperiode	eerste periode	tweede periode
Ingaand noord	90 %	93 %
Ingaand zuid 1	91 %	92 %
Ingaand zuid 2	90 %	94 %
Uitgaand meetpunt 1	92 %	91 %
Uitgaand meetpunt 2	90 %	92 %
Uitgaand meetpunt 3	90 %	94 %

BIJLAGE F Temperatuur

Daggemiddelden van de temperatuur in de stal en de buitentemperatuur gedurende de zomerperiode

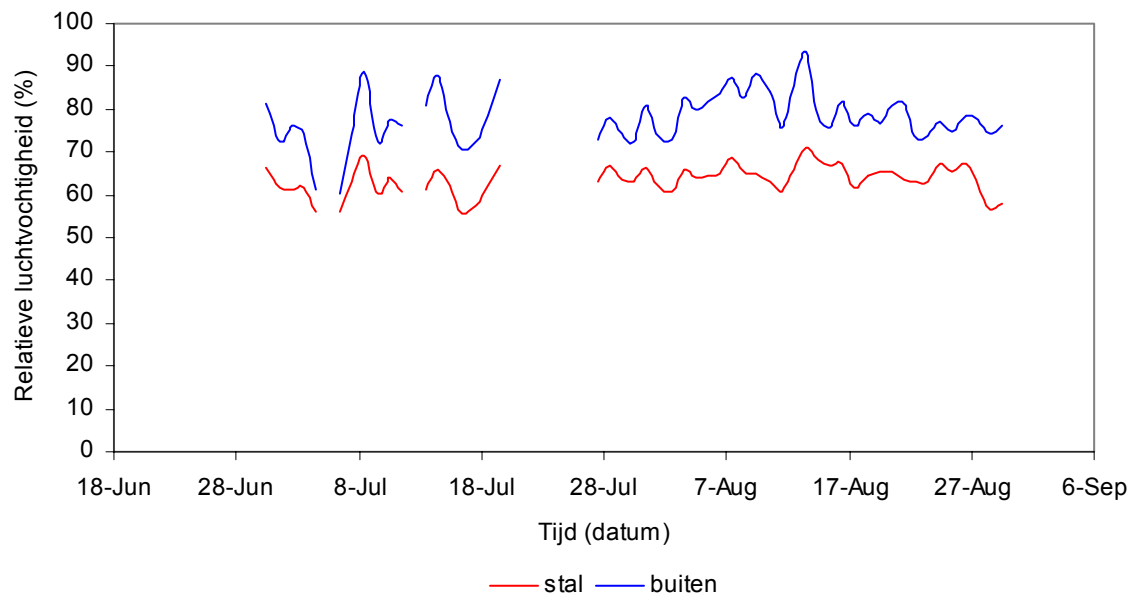


Daggemiddelden van de temperatuur in de stal en de buitentemperatuur gedurende de herfstperiode

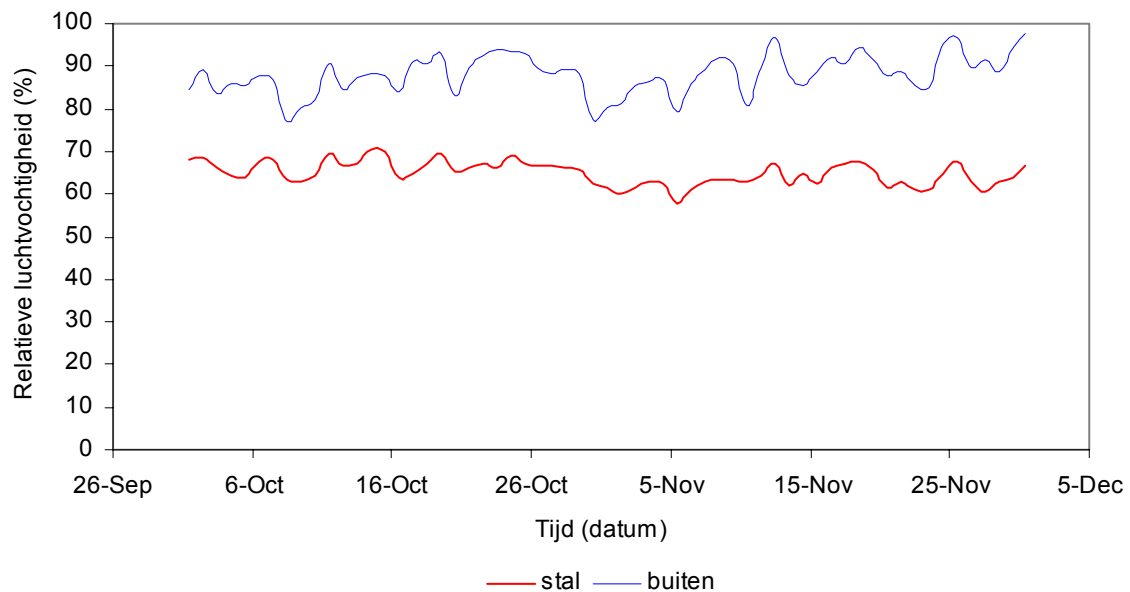


BIJLAGE G Relatieve luchtvochtigheid

Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid in de stal en buiten gedurende de zomerperiode

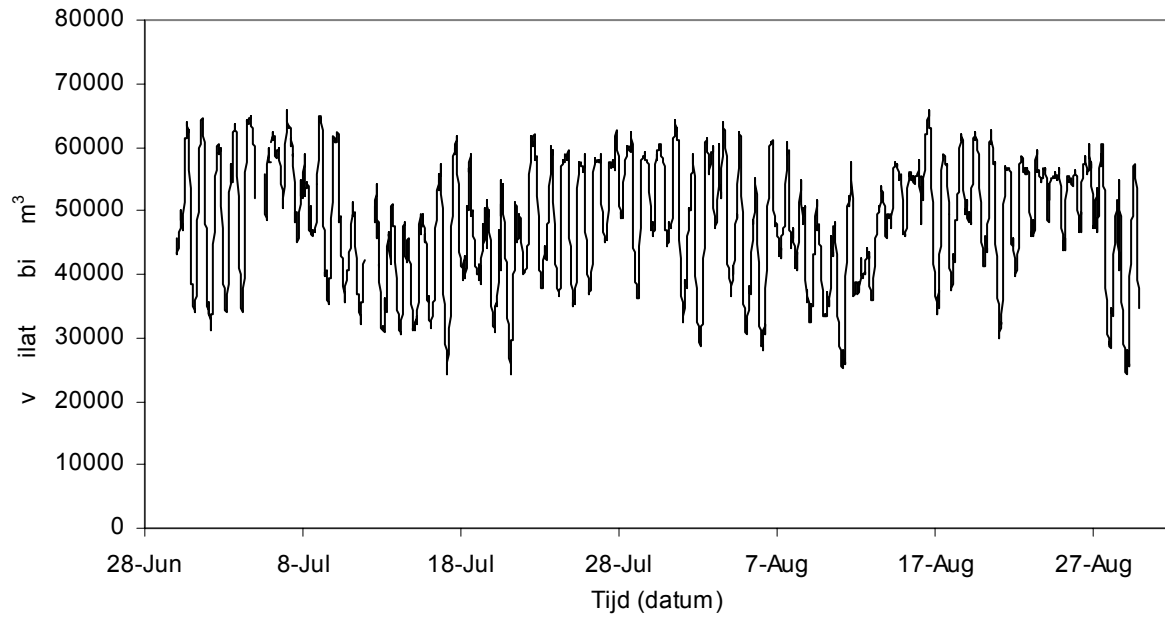


Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid in de stal en de buiten gedurende de herfstperiode

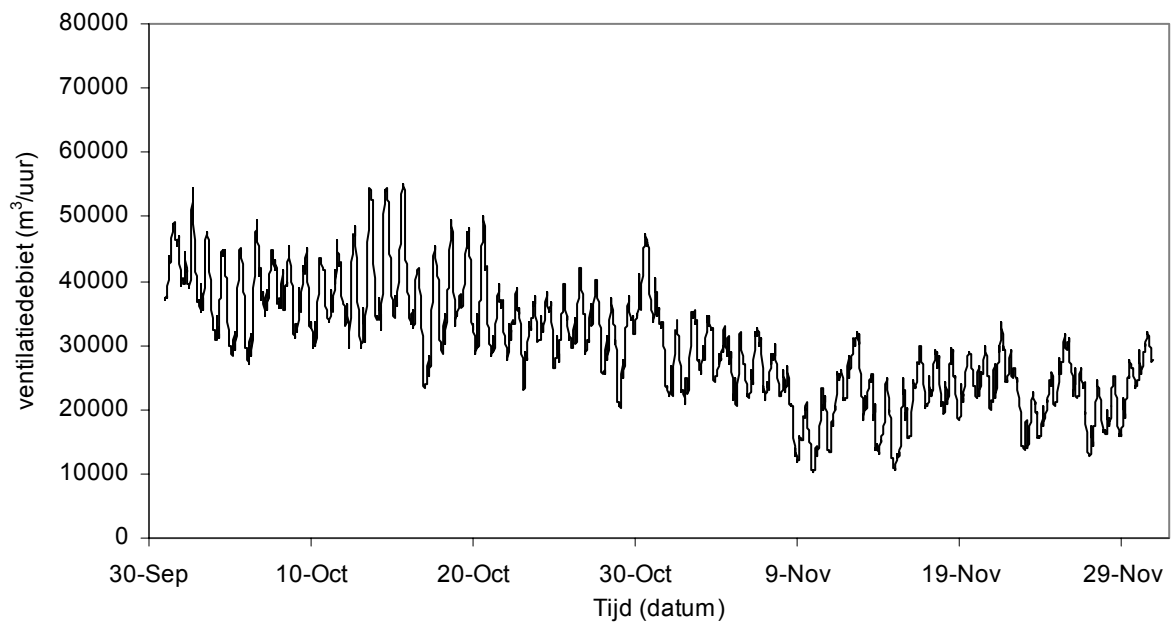


BIJLAGE H Ventilatiedebiet

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

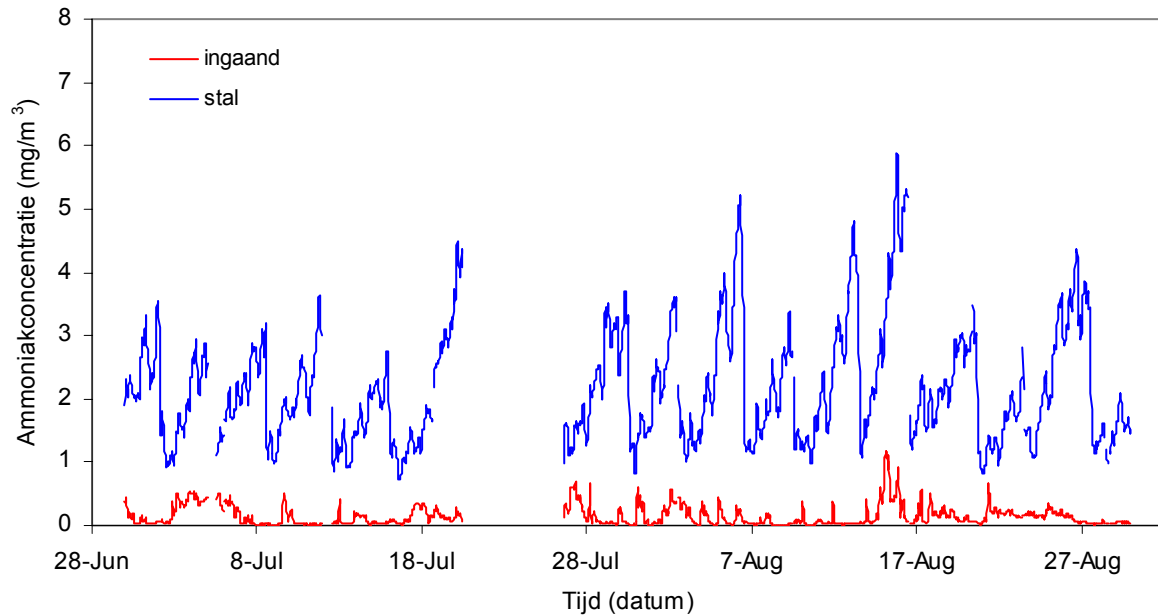


Uurgemiddeldes van het totale ventilatiedebiet (m^3/uur) tijdens de herfstperiode.



BIJLAGE I Ammoniakconcentratie

Uurgemiddeldes van de ammoniakconcentratie (mg/m^3) van de uitgaande en ingaande lucht tijdens de zomerperiode.



Uurgemiddeldes van de ammoniakconcentratie (mg/m^3) van de uitgaande en ingaande lucht tijdens de herfstperiode.

