
Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVI

Scharrelstal voor leghennen met frequente mest- en
strooiselverwijdering

Free range housing system for laying hens with frequent manure and
litter removal

Ing. A. Scheer
Ing. J.M.G. Hol
Dr. Ir. G. Mol

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVI

Scharrelstal voor leghennen met frequente mest- en
strooiselverwijdering

Free range housing system for laying hens with frequent manure and
litter removal

Ing. A. Scheer
Ing. J.M.G. Hol
Dr. Ir. G. Mol

IMAG Rapport 2002-17
december 2002

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Scheer, A., J.M.G. Hol en G. Mol

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVI – Scharrelstal voor leghennen met frequente mest- en strooisel verwijdering= Free range housing system for laying hens with frequent manure and litter removal / A. Scheer, J.M.G. Hol, en G. Mol. – Wageningen: IMAG. – (Rapport / Stichting Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek; 2002-17).

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

ISBN 90-5406-221-5

NUGI 849

Trefwoorden: ammoniakemissie, geuremissie, leghennen, mestverwijdering, strooiselverwijdering

C 2002-17 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. Scheer, J.M.G. Hol and G. Mol. Ammonia and odour emission from livestock housing systems; Free-range housing system for laying hens with weekly removal of litter and manure. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 2002-17, in Dutch, with a summary in English, 21 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 for mechanical ventilated free-range housing system for laying hens. The living area of the hens was partly covered with litter (34%), partly with wire floors (52%) and partly with laying nests (14%). The litter and the manure underneath the wire floors were removed once a week with a specially designed machine, which scraped the litter and manure from the floor. The manure and litter was gathered on a belt which removed it all outside the house. After removing the litter and manure the machine applied a layer of fresh litter on the floor of the free-range room. The ammonia emission from the housing system amounted to 97.8 (summer) and 74.5 (autumn) g/year per animal. The mean odour emission was 0.46 OU_E /s per animal.

Keywords: ammonia emission, odour emission, free-range housing system, laying hens

Voorwoord

Onderzoek naar de emissie uit veestallen onder praktische omstandigheden vergroot het inzicht in en de kennis over de milieubelasting. Met deze kennis nemen de mogelijkheden toe om deze belasting te verminderen c.q. te voorkomen. Op voordracht van de Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen en in opdracht van Vermeer Engineering uit Kootwijkerbroek is onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een traditionele scharrelstal voor leghennen. De stal is voorzien van een systeem voor het eenmaal per week afvoeren van mest en strooisel en het aanbrengen van een nieuwe laag strooisel met een speciaal ontworpen machine. Het onderzoek is uitgevoerd door IMAG in een stal van familie de Pater te Voorthuizen. Wij zijn alle partijen zeer erkentelijk voor de goede samenwerking. Wij vertrouwen erop dat van de resultaten een nuttig gebruik wordt gemaakt.

Dr. ir. J.P.M. Sanders

Algemeen Directeur
Kenniseenheid Agrotechnologie en Voeding (KE ATV)

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	9
2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe	9
2.2 Bedrijfsvoering	10
2.2.1 Zoötechniek	10
2.2.2 Klimaatregeling	10
2.2.3 Voeding	10
2.2.4 Gezondheid	10
2.2.5 Mestmanagement	10
2.3 Metingen	11
2.3.1 Algemeen	11
2.3.2 Productiegegevens	11
2.3.3 Strooisel en mest	12
2.3.4 Klimaat	12
2.3.5 Ventilatie-debiet	12
2.3.6 Ammoniakconcentratie	12
2.3.7 Geurconcentratie	13
2.4 Dataverwerking	13
3 Resultaten	15
3.1 Productieresultaten	15
3.2 Strooisel- en mestmonsters	15
3.3 Klimaat en ventilatie-debiet	16
3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie	16
3.5 Geurconcentratie en -emissie	18
4 Discussie	19
5 Conclusie	20
Literatuur	21
Samenvatting	22
Summary	23
Bijlagen	24

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% geurgehinderde 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 scharrelstal voor leghennen met volledige ontmesting. Het ammoniakemissiereducerend principe berustte op het eenmaal per week verwijderen van de mest onder de beun en het strooisel in de stal. Hiervoor werden met behulp van een speciaal ontworpen machine de twee componenten via een vijzel op een transportband gebracht en uit de stal verwijderd. Na afvoer werd met dezelfde machine een nieuwe laag zaagsel (strooisel) in de scharrelruimte gebracht.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal- en bedrijfssituatie

2.1.1 Bedrijfssituatie

Het onderzoek werd uitgevoerd in een scharrelstal (bouwjaar 1998) voor leghennen gedurende twee meetperioden in één productieronde. De metingen werden in de zomer (juli en augustus) en de herfst (oktober en november) uitgevoerd. Op het bedrijf bevonden zich geen andere stallen waar dieren in werden gehouden. Bijlage B geeft een overzicht van de bedrijfssituatie en een plattegrond van de stal weer.

2.1.2 Huisvesting

De scharrelstal was 11,6 m breed en 30 m lang (binnenmaten). In totaal werd 4,4 m van de lengte niet door de dieren gebruikt, omdat dit als werkruimte werd benut. De stal was ingericht als een traditionele scharrelstal met aan beide buitenzijden een scharrelruimte met daarnaast een verhoogde roostervloer. In het midden van de stal bevond zich een dubbele rij legnesten. Aan iedere zijde waren op de roostervloer 6 houten rekken geplaatst die dienden als zitplaatsen voor de kippen (ca. 270 m lengte zitoppervlak). Het beschikbare leefoppervlak (255 m²) voor hennen bestond voor 34% uit strooiselruimte en 52% uit roostervloeren (beun) en 14% uit legnesten. De strooiselgangen bevonden zich op de betonnen stalvloer en waren ingestrooid met houtkrullen. Onder de legnesten bevond zich de eiverzamelband en verzonken in de vloer een transportband om mest en strooisel uit de stal te transporteren. De dieren konden zich in de gehele stalruimte bewegen. Aan de oostzijde van de stal waren 14 uitloopopeningen, die tijdens de meetperioden (1 juli – 27 november) volledig waren afgesloten. In de stal waren aan weerszijden van de legnesten op de roosters 2 voergoten met sleepketting (totaal ca. 105 m voergoot) en 9 ronddrinkers geïnstalleerd.

2.1.3 Ventilatie

De stal werd mechanisch geventileerd met 2 ventilatoren (Ø 50 cm) die ter hoogte van de dakrand waren geïnstalleerd aan de oostzijde nabij de ingang van de stal. De beide ventilatoren werden met een computer geregeld, waarbij 1 ventilator altijd aan stond en de ander, indien nodig, werd bijgeschakeld. Elke ventilator had een maximale ventilatie van 8000 m³/uur. De maximaal beschikbare ventilatiecapaciteit van de stal was daardoor 16.000 m³/uur. Dit was ca. 7,9 m³/uur per geplaatste hen.

Alle lucht verlaat 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 beide afdelingen binnenkomt. Dit gebeurt voornamelijk via regelbare inlaatventielen, die geplaatst waren in de zijwanden op ca. 2,5 m boven de vloer over de gehele lengte van de stal (totaal 13 stuks).

2.1.4 Ammoniakemissiereducerend principe

Het emissiereducerend principe van het huisvestingssysteem berustte op het wekelijks verwijderen van het strooisel en de mest onder de roostervloer. Op deze manier werden de twee belangrijkste emissiebronnen uit de stal verwijderd.

2.2 Bedrijfsvoering

2.2.1 Zoötechniek

Op 12 maart 2001 werden 2.014 dieren van 16 weken oud in deze stal geplaatst. Op basis van 1.111 cm² beschikbaar leefoppervlak per kip (Legkippenbesluit 2001) bood de stal plaats aan 2.295 dieren. Dit zijn 9 dieren per m² strooisel- en roosteroppervlak.

2.2.2 Klimaatregeling

Het stalklimaat werd met een klimaatcomputer geregeld. Het ventilatiedebiet werd geregeld afhankelijk van de gewenste staltemperatuur. De streef temperatuur was 19 °C. De temperatuur van de stallucht werd gemeten met 3 sensoren die op een hoogte van 1,5 m boven de stalvloer gelijkmatig verdeeld over de stal waren aangebracht. Als de staltemperatuur boven de streef temperatuur uitkwam werd de ventilator die altijd minimaal bleef ventileren ingeschakeld en bij verder stijgende temperatuur werd naar behoefte de tweede ventilator ingeschakeld.

De stal was voorzien van spaarlamp-TL-verlichting (6x75 W). Het licht ging om 4:00 uur aan en om 20:00 uur uit. Het lichtregime werd uitsluitend door het kunstlicht bepaald.

2.2.3 Voeding

De dieren werden 6 maal daags om de 2 uur gevoerd beginnend om 6:00 uur 's morgens. Het voeren nam 8 minuten in beslag. Water was onbeperkt beschikbaar. Dagelijks werd met de hand een kleine hoeveelheid tarwe en mais gestrooid om het scharrelen van de kippen te bevorderen. De samenstelling van de voersoorten staat in Tabel 1.

Tabel 1 De omzetbare energie (OE) en het ruw eiwit (re) van het voer.

Table 1 The energy and crude protein content of feed.

Voersoort	OE (MJ/kg)	Re (g/kg)
Biologisch legmeel	11,7	16,3
Biologisch tarwe en mais	12,9	9,8

2.2.4 Gezondheid

De dieren werden dagelijks visueel gecontroleerd en indien nodig geselecteerd en verwijderd. De dieren werden ontwormd met Flubenol op de leeftijd van 27 weken. Tijdens de eerste periode tussen 6 juli en 27 juli was de wateropname door de dieren laag. Om deze te verhogen werd 2% melkpoeder aan het voer toegevoegd. Gedurende de eerste meetperiode werden de roosters enkele malen behandeld met forto-antivampire tegen bloedmijt en bloedluis.

2.2.5 Mestmanagement

Eenmaal per week (maandag) werd de mest onder de roosters en het strooisel op de vloer uit de stal verwijderd. De heengaande beweging bestond uit het verwijderen van het strooisel en de mest met behulp van de vijzel. Het mest/strooiselmengsel werd verzameld op de centrale mestband. Via een dwarsafvoerband werd de mest naar een gereed staande kiepwagen getransporteerd. De mest werd ten zuiden van de stal op een hoop opgeslagen. Bij de teruggaande beweging van de machine werd een laag strooiselmateriaal in de strooiselruimte gedeponerd. Het verwijderen van alle mest en strooisel en het aanbrengen van een verse

laag strooisel nam ongeveer 60 minuten in beslag. In bijlage C is een driedimensionale doorsnede en enkele foto's van de stal en de ontmestingsmachine weergegeven. Aan beide zijden van de stal, in de strooiselruimtes konden de ontmestingsmachines tegelijkertijd worden ingezet. Een machine bestond uit een vijzel en een voorraadbak voor schoon strooiselmateriaal. Wanneer de machine niet werd gebruikt werd deze achterin de stal in een afgezonderde ruimte gestald.

2.3 Metingen

2.3.1 Algemeen

De meetperioden vielen in één productieperiode. In Tabel 2 zijn de data en de lengten van de meetperioden vermeld.

Tabel 2 Start- en einddata van een meetperiode en het aantal meetdagen.

Table 2 Beginning and end date of the two periods and the number of measuring days.

	zomerperiode	herfstperiode
Start metingen	5 juli 2001	1 oktober 2001
Einde metingen	31 augustus 2001	27 november 2001
Aantal effectieve meetdagen	58	58

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

Gedurende de meetperioden werden de volgende variabelen continu gemeten:

- de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de stal en buiten (§ 2.3.4);
- het ventilatiedebiet in de stal (§ 2.3.5);
- de ammoniakconcentratie van de uitgaande en ingaande lucht (§ 2.3.6).

De meetapparatuur voor de continue metingen werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Eenmaal per 3 minuten werden alle variabelen weggeschreven naar de datalogger. Iedere week werd de apparatuur gecontroleerd en werd de algemene situatie in de stal opgenomen. Hiervan werden notities gemaakt in een logboek.

2.3.2 Productiegegevens

Gedurende de productieperiode werden de volgende gegevens geregistreerd:

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

De eierproductie en de uitval werden dagelijks op invullijsten genoteerd. Het voerverbruik werd berekend aan de hand van de vulling van de voersilo. Het waterverbruik werd gemeten met een watermeter waarvan de stand wekelijks werd genoteerd. Uit deze gegevens werd de water/voer-verhouding berekend.

2.3.3 Strooisel en mest

Tijdens de meetperioden werd wekelijks bij het afdraaien van de mestband een mest/strooisel monster genomen. Hiervoor werd aan het einde van de band regelmatig een handje mest verzameld. Dit mengmonsters werd geanalyseerd op het gehalte aan droge stof (gravimetrische methode). In de beide meetperioden werden 13 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 bij de uitgaande lucht (bij de ventilatoren). De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden in de schaduw aan de noordzijde van de stal gemeten.

2.3.5 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m^3/uur) werd per ventilator met een meetventilator gemeten. Deze meetventilator hing in een meetkoker met dezelfde diameter als de ventilatiekoker die onder de ventilatiekoker was geplaatst. De meetkokers werden luchtdicht aan de ventilatoren bevestigd zodat alle uitgaande lucht werd gemeten. Wanneer een ventilator niet draaide, zorgde een klep voor de afsluiting van de ventilatiekoker zodat geen versturende luchtstroming optrad. Per omwenteling van de meetventilator werden vier pulsen afgegeven en het aantal pulsen per seconde werd geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen en het debiet werd bepaald door kalibratie van de meetventilatoren op een windtunnel van het luchtlaboratorium van IMAG (Berckmans *et al.*, 1991; Scholtens en Van 't Klooster, 1993). De resultaten van deze kalibratie zijn vermeld in bijlage D.

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 E. Om NH_3 met de NO_x -monitor te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. Het gevormde stabiele NO werd met een pomp door teflonslangen naar de monitor gezogen (circa $250\text{ ml}/\text{min}$) en gemeten. De gemeten NO-concentratie in ppm werd omgerekend naar mg NH_3 per m^3 lucht (Weast *et al.*, 1986). In totaal werden 2 monsternamepunten voor de uitgaande lucht in de beide ventilatiekokers geplaatst, waarbij het monsternamepunt tussen de ventilator en de meetventilator was geplaatst. Het monsternamepunt van de ingaande lucht bevond zich aan de oostzijde van de stal bij het tweede inlaatventiel.

Ieder week werd de monitor gekalibreerd met NO-gas van $41,3\text{ ppm}$. De resultaten van de kalibraties van de monitor zijn vermeld in Bijlage E. Bij het gebruikte meetprincipe is het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie. De ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht werd met een gasdetectiebuisje bepaald om de omzetting van de convertors te controleren. De stoffilters in de luchtleiding voor de convertors werden regelmatig vervangen. De convertors werden voor en na beide meetperioden gekalibreerd. De gemiddelde omzettingspercentages zijn vermeld in Bijlage F.

2.3.7 Geurconcentratie

De geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geuremissies uit de veehouderij (Werkgroep Emissiefactoren, 1996). Hierbij worden in totaal 10 geurmetingen verricht gelijkmatig verdeeld over beide meetperiodes. De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van het IMAG volgens de voornorm NVN 2820 met wijzigingsblad A1 (NNI, 1995). 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. OU_E/m^3 en OU_E/s . 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 monstervat, gefilterd met een stoffilter (1-2 μm).

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 uit twee delen, een verdunningsapparaat en een paneltafel. Het verdunningsapparaat zorgt ervoor 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 twijfelen. De geuraanbieding voor het bepalen van de geurdrempel begint met de hoogste verdunning waarbij praktisch gezien geen enkele neus 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 de stallucht 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). De oorspronkelijke lucht bevat dus zoveel geureenheden als de verdunningsfactor aangeeft.

2.4 Dataverwerking

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). Bij de berekening van de emissie werd de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht verminderd met de ammoniakconcentratie van de ingaande lucht (gemiddelde van 2 meetpunten). De geuremissie ($\text{OU}_E \text{ dierplaats}^{-1} \text{ s}^{-1}$) werd berekend als het product van geurconcentratie (OU_E/m^3) en ventilatiedebiet (m^3/uur) gedeeld door 3.600 (s/uur).

De ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de convertors en de kalibraties van de monitor. Missende uurwaarnemingen (als gevolg van kalibraties en technische storingen) van het

ventilatie-debiet, 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 dierplaats en per geplaatst dier per jaar berekend, uitgaande van een leegstand van 3 weken per productieperiode (KWIN, 2000). Dit is 5% op jaarbasis. De berekende ammoniakemissies werden vergeleken met de emissiefactor voor leghennen in traditionele huisvesting code E 2.7 (Infomil, 2002).

Voor het berekenen van de geuremissies werden de gemeten geurconcentraties (OU_E/m^3) vermenigvuldigd met het ventilatie-debiet tussen 10 en 12 uur zoals bepaald voor de ammoniakemissiemeting (m^3/uur). Voor de geurconcentraties en -emissies werd het geometrisch gemiddelde uitgerekend. Dit is het gemiddelde op basis van de natuurlijke logaritme van de meetwaarden maar vervolgens weer omgerekend naar de originele schaal. Dit wordt gedaan omdat geurconcentraties en -emissies doorgaans een scheve frequentieverdeling vertonen waarbij veel waarnemingen liggen in het normale gebied en enkele waarnemingen in het hoge gebied. Bij dergelijke verdelingen levert een (normaal) rekenkundig gemiddelde een vertekend beeld op omdat de hoge waarden dit gemiddelde sterk naar boven kunnen trekken. Dit fenomeen kan worden verholpen met behulp van het geometrisch gemiddelde. De emissie voor geur werd zoals gebruikelijk uitgedrukt als de geuremissie per dierplaats per seconde.

3 Resultaten

3.1 Productieresultaten

In Tabel 3 staan de productieresultaten van de twee meetperioden en de gehele productieperiode weergegeven. Om een indruk van de technische resultaten te krijgen wordt in de tabel het landelijk gemiddelde voor de verschillende kengetallen van biologische scharrellegghennen gegeven die vermeld staan in de Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2000-2001 (KWIN, 2000).

Tabel 3 Productieresultaten per meetperiode en het landelijk gemiddelde voor leghennen in een scharrelstal (KWIN, 2000).

Table 3 Production results and features of the measuring periods and the national standard for laying hens in free range houses (KWIN, 2000).

	meetronde		productieronde	landelijk gem. scharrel
	zomer	Herfst		
Leeftijd dieren (wkn)	32-40	45-53	16-61	20-71
Aantal dieren start	1.902	1.859	2.014	-
Aantal dieren eind	1.807	1.670	1.623	-
Aantal dierplaatsen (9 dieren/m ²)	-	-	2.295	-
Uitval (%)	2,2	7,5	19,4	-
Leg%	86,4	82,8	84,2	-
Voerverbruik per hen (g/dag)	95*	-	-	119
Waterverbruik per hen (l/dag)	2,13	2,03	-	-
Water:voer verhouding	1:2,2	-	-	-

*benadering

In de herfstperiode was de uitval hoog. Het voerverbruik per hen per dag kon slechts worden benaderd, bovendien werd het gestrooide voer (tarwe-mais mengsel) niet meegenomen in de berekening. Uit de tabel blijkt dat minder water opgenomen werd tijdens de herfst in vergelijking met de zomerperiode.

3.2 Strooisel- en mestmonsters

In Tabel 4 staan de mediane resultaten van de strooisel/mestmonsters per meetperiode. Het drogestofgehalte van het strooisel/mestmonster was in de zomer significant ($p=0,036$) hoger dan in de herfstperiode.

Tabel 4 Mediaan droge stofgehalt van mest en strooiselmengsel.

Table 4 Median dry matter content of the manure-litter samples.

	zomer	herfst
Aantal mestmonsters	5	8
Drogestofgehalte (g/kg)	472	386

3.3 Klimaat en ventilatie-debiet

In Tabel 5 zijn de klimaat- ventilatiegegevens voor beide meetperioden weergegeven. In Bijlage G en H staan de daggemiddelden van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de stallucht en van de buitenlucht grafisch weergegeven. De gemiddelde buitentemperatuur was tijdens de herfstperiode lager dan tijdens de zomerperiode. Hierdoor was ook het ventilatie-debiet per dier lager dan in de zomerperiode. Ondanks de hogere ventilatie in de zomerperiode is de staltemperatuur hoger dan in de herfstperiode. In Bijlage I staan de uurgemiddelden van het ventilatie-debiet voor beide meetperioden.

Tabel 5 Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en de stallucht, en het gemiddelde ventilatie-debiet per dier tijdens beide meetperioden.

Table 5 Mean temperature and relative humidity of outdoor and indoor air, and mean ventilation rate per animal for both measuring periods.

	zomer		herfst	
	buiten	stal	buiten	stal
Temperatuur (°C)	19,8	24,3	10,2	21,0
Relatieve luchtvochtigheid (%)	73	65	88	67
Gem. debiet per aanwezig dier (m ³ /uur)	-	3,9	-	1,9

3.4 Ammoniakconcentratie en -emissie

In Tabel 6 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde ammoniakconcentratie en -emissie tijdens beide meetperioden. In Bijlage J zijn de uurgemiddelde NH₃-concentraties van de uitgaande stallucht en de ingaande lucht voor beide meetperioden gegeven.

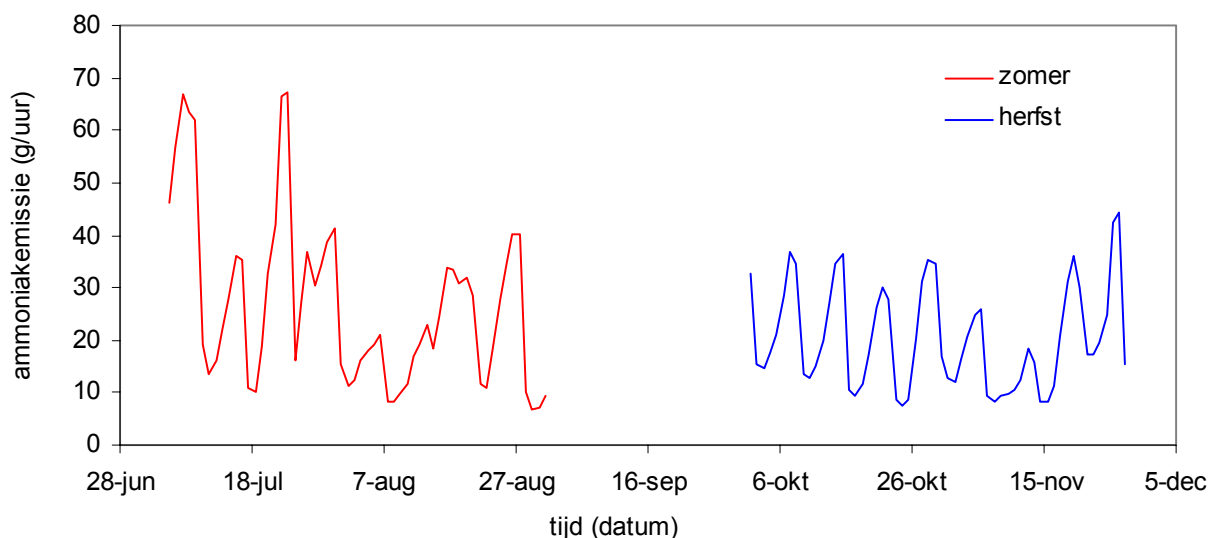
Tabel 6 Gemiddelde NH₃-concentratie van de ingaande en uitgaande lucht en NH₃-emissie uit de stal per dag en per geplaatst dier per jaar voor beide meetperioden.

Table 6 Mean NH₃ concentration of the inlet and outlet air and NH₃ emission from the hen house per day and per placed animal per year for both measuring periods.

	zomer	herfst
Lengte meetperiode (dagen)	58	58
Aantal dierplaatsen	2.295	2.295
NH ₃ -concentratie in de stal (mg/m ³)	4,2	7,5
NH ₃ -concentratie ingaande lucht (mg/m ³)	0,03	0,04
NH ₃ -emissie (g/uur)	27,0	20,5
NH ₃ -emissie per dierplaats (g/jaar), met 5% leegstand	97,8	74,5

Gedurende de zomerperiode was de gemiddelde NH₃-emissie 97,8 g en voor de herfstperiode 74,5 g per geplaatst dier per jaar (met 5% leegstand). Gemiddeld is de NH₃ emissie over een heel jaar 86,2 g per geplaatst dier. Wat opvalt in tabel 6 is het feit dat de NH₃ emissie in de zomerperiode hoger was dan die in de winterperiode terwijl de NH₃ concentratie in de stal in die periodes een omgekeerd beeld vertoonde. Hieruit bleek dat het ventilatie-debiet in hoge mate bepalend was voor de emissie. In Figuur 1 is het verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie uit de stal van de beide meetperioden weergegeven. Uit de figuur blijkt dat de emissie gedurende de zomerperiode een grotere fluctuatie vertoonde dan in de herfstperiode. Het piekende verloop van de emissie in het begin van de zomerperiode was een temperatuureffect; de piekemissies traden juist dan op wanneer extreem hete dagen (buitenluchttemperatuur ca. 32 °C)

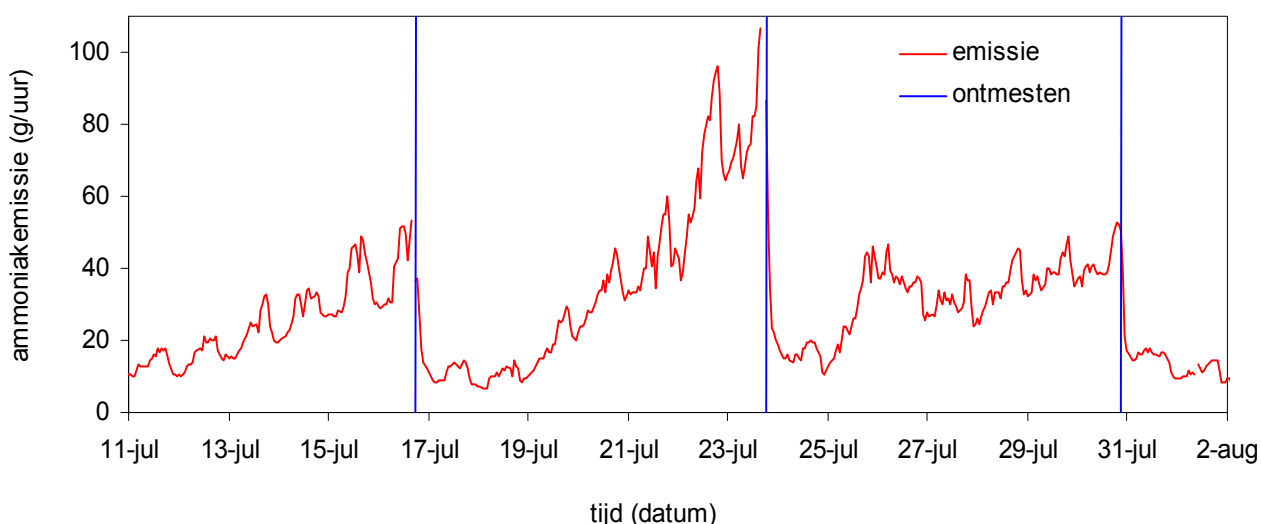
samengaan met een tijdstip dat kort voor het ontmesten lag. Een hoog ventilatiedebiet ging dan samen met een hoge NH_3 concentratie in de stal.



Figuur 1 Daggemiddelde NH_3 -emissie (g/uur) uit de stal gedurende de meetperioden.

Figure 1 Daily average of NH_3 emission (g/h) from the hen house during the measuring periods.

In figuur 2 is het verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie voor een aantal dagen gedurende de zomer meetronde weergegeven. De verticale lijnen geven de momenten van mest- en strooiselverwijdering aan. De emissie nam toe tot en met de dag dat mest en strooisel uit de stal werden verwijderd. Van 11 tot 17 juli loopt de emissie geleidelijk op, van 18 tot 23 juli loopt de emissie zeer sterk op en van 24 tot 31 juli loopt de emissie eerst sterk op en stijgt vervolgens minder snel. Hoewel er wat variatie zit in deze patronen is wel duidelijk dat er een opbouw van de emissie plaatsvindt tot aan het moment van ontmesten. Na ontmesten valt de emissie terug naar een laag, naar het zich laat aanzien tamelijk constant, basisniveau.



Figuur 2 Karakteristiek verloop van de NH_3 -emissie (g/uur); de verticale lijnen geven het moment van afvoer mest- en strooisel aan.

Figure 2 Typical curve of the ammonia emission (g/hour); vertical lines indicate manure and litter removal.

3.5 Geurconcentratie en -emissie

In Tabel 7 wordt de geurconcentratie en –emissie per geplaatst dier voor beide meetperioden gegeven. De vijfde meting in de herfstperiode kwam te vervallen doordat de geurzak kapot ging. De geuremissie was 0,62 OU_o/s/dierplaats in de zomerperiode en 0,31 OU_o/s/dierplaats in de herfstperiode. De geometrisch gemiddelde geuremissie per geplaatst dier over 9 metingen was 0,46 OU_o/s.

Tabel 7 Gemiddelde geurconcentratie van uitgaande lucht, ventilatiedebiet en geuremissie uit de stal en per geplaatst dier voor beide meetperioden.

Table 7 Mean odour concentration of outlet air, ventilation rate and odour emission of the hen house per animal for both measuring periods.

Meetperiode	zomer	herfst
Aantal metingen	5	4
Geurconcentratie (OU _o /m ³)	598	753
Gemiddeld debiet (m ³ /uur)	9.073	3.830
Geuremissie (OU _o /s)	1423	717
Aantal dierplaatsen	2.295	2.295
Geuremissie per geplaatst dier (OU _o /s)	0,62	0,31

4 Discussie

Volgens het jaaroverzicht 2001 van het KNMI (2001) was gedurende de eerste meetperiode (juli-augustus) het weer in juli zeer warm (13 dagen > 25°C), zonnig met vrijwel de normale hoeveelheid neerslag. De maand augustus was ook zeer warm, aan de zonnige kant maar gemiddeld over het land nat. Deze maand kwam hiermee wel op de achtste plaats van warme augustus maanden sinds 1901. November was nat, zonnig en iets warmer dan het langjarig gemiddelde. In Tabel 8 wordt de gemiddelde temperatuur ten opzichte van het langjarig gemiddelde per maand gegeven voor de maanden waarin gemeten was. Gedurende beide meetperioden traden, afgezien van enkele zeer warme dagen in de zomerperiode, geen noemenswaardige extreme weersomstandigheden op.

Tabel 8 Temperatuur (°C) per maand in 2001 en het langjarig gemiddelde.

Table 8 Temperature (°C) per month in 2001 and the average of the mean yearly temperatures.

	juli	augustus	September	oktober	november
2001	18,5	18,5	13,4	10,8	7,1
Langjarig	16,8	16,7	14,0	10,5	6,2

Deze weergegevens betekenen voor de metingen beschreven in dit rapport dat het aanzienlijke verschil in ammoniakemissie tussen de zomer en de herfst niet verwonderlijk was gezien de warme zomer en de relatief normale herfst. Over de beide meetperioden 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.

Om een indruk te geven van de emissiereductie van dit systeem staan in Tabel 9 de emissienormen uit de Regeling Ammoniak Veehouderij (Infomil, 2002) voor een aantal houderijsystemen voor leghennen weergegeven. De in dit onderzoek gemeten emissie was 73% lager dan de emissie van een stal met grondhuisvesting van legrassen (circa 1/3 strooiselvloer + circa 2/3 roostervloer), en vergelijkbaar met de emissie van twee andere emissiearme systemen.

Tabel 9 Emissiefactor per jaar per dierplaats uit de regeling ammoniak veehouderij (2002) voor 3 verschillende houderijsystemen voor leghennen.

Table 9 Emission factor per year per animal place in the ammonia legislation for 3 different housing systems.

Houderijsysteem	Norm ammoniakemissie (g NH ₃ per dierplaats per jaar)	RAV-code
• Grondhuisvesting van legrassen (circa 1/3 strooiselvloer + circa 2/3 roostervloer)	315	E 2.7
• Grondhuisvesting met beluchting onder gedeeltelijk verhoogde roostervloer (perfosysteem)	110	E 2.8
• Volièrehuisvesting, minimaal 50% leefoppervlak is rooster, daaronder mestband, mestafdraaien minimaal 1x per week. Minimaal 2 etage roosters	90	E 2.11
• Mestbandbatterij met geforceerde mestdroging, belucht met 0,7 m ³ lucht per leggen per uur, mestafdraaien per 5 dagen, minimaal 55% ds in de mest	12	E 2.5.2

5 Conclusie

De ammoniakemissie uit een scharrelstal voor biologische leghennen met wekelijks verwijderen van mest en strooisel bedroeg voor de twee meetperioden 97,8 en 74,5 g (gemiddeld 86,2) NH_3 /jaar per dierplaats (incl. 5% leegstand). Het principe waarop de emissiereductie is gebaseerd, het verwijderen van de bron, functioneert goed gezien de detailpatronen van de emissie. Hieruit blijkt dat er sprake is van een stijgende emissie tot aan het ontmesten. Direct na het ontmesten is de emissie sterk gereduceerd. Dit levert op jaarbasis een reductie op van 73% ten opzichte van de norm voor standaardhuisvesting van legkippen in een scharrelstal zoals vermeld in de Regeling Ammoniak en Veehouderij. De gemiddelde geuremissie over beide meetperioden was 0,46 OU_e /s per dierplaats.

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.
- Infomil, 2002. LA04 Regelgeving. Handreiking Ammoniak en Veehouderij. Rapport, Den Haag, 86 pp.
- KNMI, 2001. Jaaroverzicht van het weer in Nederland, jaar 2001. De Bilt, 97^e jaargang nummer 13.
- KWIN, 2000. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2000-2001. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, KWIN-V september 2000, Lelystad, Drukkerij Cabri b.v., 443 pp.
- Legkippenbesluit, 2001. Staatsblad voor het koninkrijk der Nederlanden 545, 2 november 2001.
- NNI, 1995. NVN 2820/A1 Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, Maart 1995 (wijzigingsblad 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 standardised odour units. Gepubliceerd in: *Proceedings of the International symposium. Ammonia and odour control from production facilities*. Vinkeloord The Netherlands, 1997. P231-238.
- 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.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-convertor + NO_x-analyzer. 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, 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 VROM, 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.
- Wergroep 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 belangrijkste 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 scharrelstal voor leghennen. Het ammoniakemissiereducerend principe van dit ontwerp berustte op het wekelijks verwijderen van de mest onder de roosters en het strooisel van de vloer met een speciaal voor dit doel ontworpen machine. Mest en strooisel werden gezamenlijk afgevoerd op een mestband naar buiten. Vervolgens werd met dezelfde machine een nieuwe laag strooisel op de vloer aangebracht.

Het onderzoek werd uitgevoerd in een mechanisch geventileerde scharrelstal voor leghennen gedurende één productieronde, tijdens een periode van 2 maanden in de zomer en een periode van 2 maanden in de herfst. Gedurende de meetperioden konden de hennen niet naar buiten. De stal was ingericht als een traditionele scharrelstal met aan beide buitenzijden een scharrelruimte (34% van het leefoppervlak) met daarnaast een verhoogde roostervloer (52% van het leefoppervlak). In het midden van de stal bevond zich een dubbele rij legnesten (14% van het leefoppervlak). De ontmestingsmachine bewoog zich over de vloer van de strooiselruimte en verplaatste de mest en het strooisel met behulp van een vijzel naar de centraal gelegen mestband. Het aantal geplaatste dieren in de stal bedroeg 2.014. Het aantal dierplaatsen op basis van 9 dieren per m^2 rooster- en strooiseloppervlak was 2.295.

Van 5 juli 2001 tot 31 augustus 2001 (zomerperiode) en van 1 oktober 2001 tot 27 november 2001 (herfstperiode) werden de ammoniak – en geuremissie en het klimaat gemeten. De ammoniakemissie en het klimaat werd continue gemeten; de geuremissie werd 5 maal per meetperiode tussen 10:00 en 12:00 uur gemeten. Wekelijks werd het mengsel van strooisel en mest bij het ontmesten bemonsterd.

De gemiddelde buitentemperatuur gedurende de zomerperiode bedroeg $19,8\text{ }^\circ\text{C}$ en tijdens de herfstperiode $10,2\text{ }^\circ\text{C}$. De gemiddelde staltemperatuur bedroeg respectievelijk $24,3\text{ }^\circ\text{C}$ en $21,0\text{ }^\circ\text{C}$. Het bijbehorende debiet per gemiddeld aanwezig dier per meetperiode bedroeg $3,9\text{ m}^3/\text{uur}$ respectievelijk $1,9\text{ m}^3/\text{uur}$.

De ammoniakemissie was gedurende de zomerperiode $97,8\text{ g NH}_3$ per dierplaats per jaar en voor de tweede meetperiode $74,5\text{ g NH}_3$ per dierplaats per jaar (gecorrigeerd voor 5% leegstand tussen de productieronden). Gemiddeld levert dit op jaarbasis een ammoniak emissie op van $86,2\text{ g}$ per dierplaats. Het principe waarop de emissiereductie is gebaseerd, het verwijderen van de bron, functioneert goed gezien de detailpatronen van de emissie. Hieruit blijkt dat er sprake is van een stijgende emissie tot aan het ontmesten. Direct na het ontmesten is de emissie sterk gereduceerd. De emissiereductie ten opzichte van de emissiefactor voor een traditionele scharrelstal voor leghennen, 315 g/jaar per dierplaats, bedraagt derhalve 73%.

De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg in de zomerperiode $0,62\text{ OU}_6/\text{s}$ per dierplaats en in de herfstperiode $0,31\text{ OU}_6/\text{s}$ per dierplaats. De geometrisch gemiddelde geuremissie voor de hele periode bedroeg $0,46\text{ OU}_6/\text{s}$ 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 a mechanically ventilated free range house for laying hens. The litter on the floor and the manure underneath the wire floors were removed once a week with a specially designed machine, which scraped the litter and manure from the floor. The manure and litter were gathered on a belt that removed it all outside the house. After removing the litter and manure the machine applied a layer of fresh litter on the floor of the free-range house.

The research was carried out in two measuring periods of two months each (summer and autumn) during one production round. During the measuring periods all hens were kept in the house. The floor consisted of partly open synthetic wire material (52%) with a manure belt underneath and partly of litter (34%). Laying nests (14%) were situated right above the wire floors. Most of the manure was collected under the wire floors and removed together with the litter once a week by a specially designed machine. The number of animals placed in the house at the start of the production round was 2014. The number of animals that could be placed based on a livestock density of 9 animals per m^2 ground floor (grids and litter surface) was 2,295.

The house was equipped with a mechanical ventilation system with two fans mounted in the roof at one end of the house. The ventilation rate per animal amounted $3.9 \text{ m}^3/\text{h}$ (summer) and $1.9 \text{ m}^3/\text{h}$ (autumn). The air entered the house through inlet openings. The amount of air and the width of the inlet openings were controlled by a climate computer based on a desired house temperature of $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Average outside temperature was $19.8 \text{ }^\circ\text{C}$ during the summer and $10.2 \text{ }^\circ\text{C}$ during the autumn period. The average house temperature was $24.3 \text{ }^\circ\text{C}$ and $21.0 \text{ }^\circ\text{C}$ respectively.

The data (ammonia and odour concentrations, climate parameters temperature and relative humidity) were collected from 5 July until 31 August 2001 (summer) and from 1 October until 27 November 2001 (autumn). The measurements of ammonia and climate were collected continuously. Odour was measured discretely, 5 times per measuring period.

The ammonia emission was 97.8 g/year per animal place for the summer period and 74.5 g/year per animal place for the autumn period, both based on 5% vacancy of the house. The overall average ammonia emission was 86.2 g/year per animal place. This level of ammonia emission was 73% lower than the current emission factor for the standard housing type for laying hens (315 g/year per animal place). Detailed results of the emission pattern pointed out that the application of the removal technique in this housing system in order to reduce the ammonia emission (manure and litter weekly removal) were effective. The emission of ammonia steadily increased until the moment of removal. Directly after removal the emission dropped sharply.

The geometrical mean odour emission of all the measurements was $0.46 \text{ OU}_E/\text{s}$ per animal place.

Bijlagen

BIJLAGE A	Kader en contactpersonen IMAG-meetploeg
BIJLAGE B	Schets bedrijfssituatie en plattegrond stal
BIJLAGE C	Tekening en foto's stal met ontmestingsmachine
BIJLAGE D	Kalibratieresultaat meetventilator
BIJLAGE E	Principe en kalibratieresultaten NO _x -monitor
BIJLAGE F	Omzettingspercentage convertors
BIJLAGE G	Temperatuur
BIJLAGE H	Relatieve luchtvochtigheid
BIJLAGE I	Ventilatie-debiet
BIJLAGE J	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 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

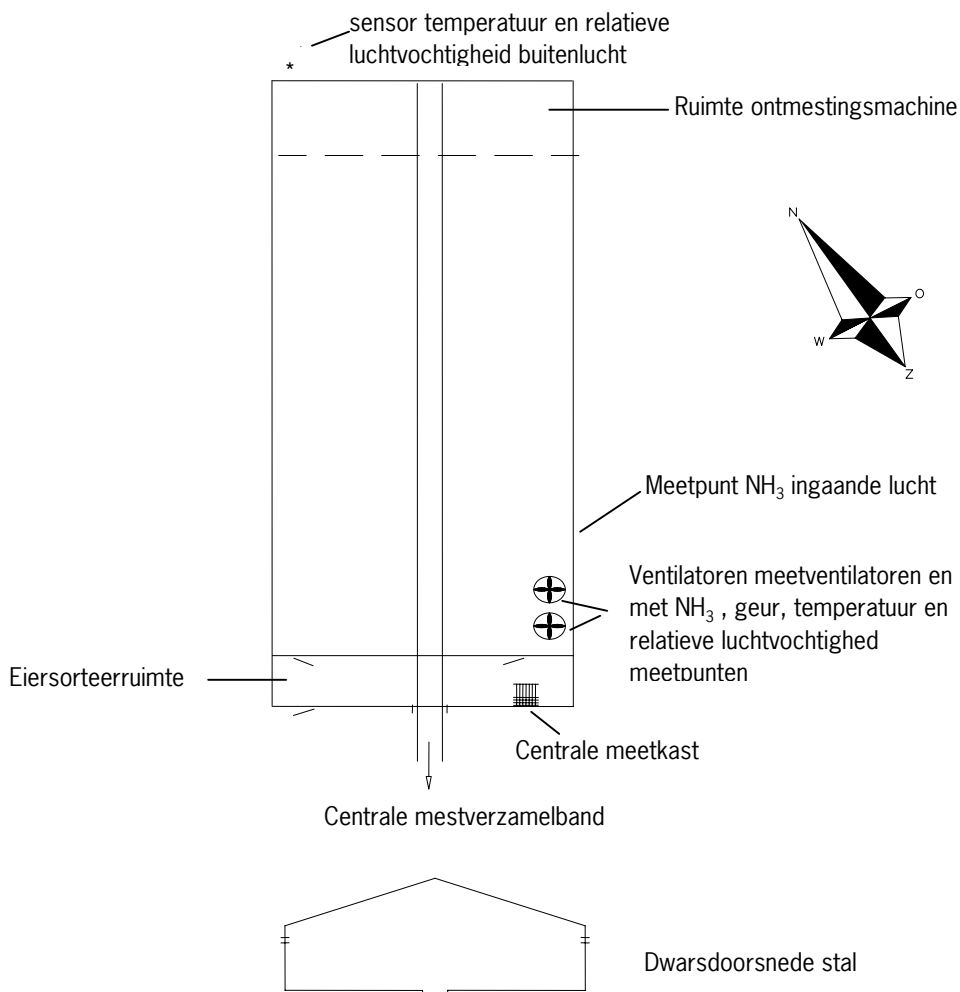
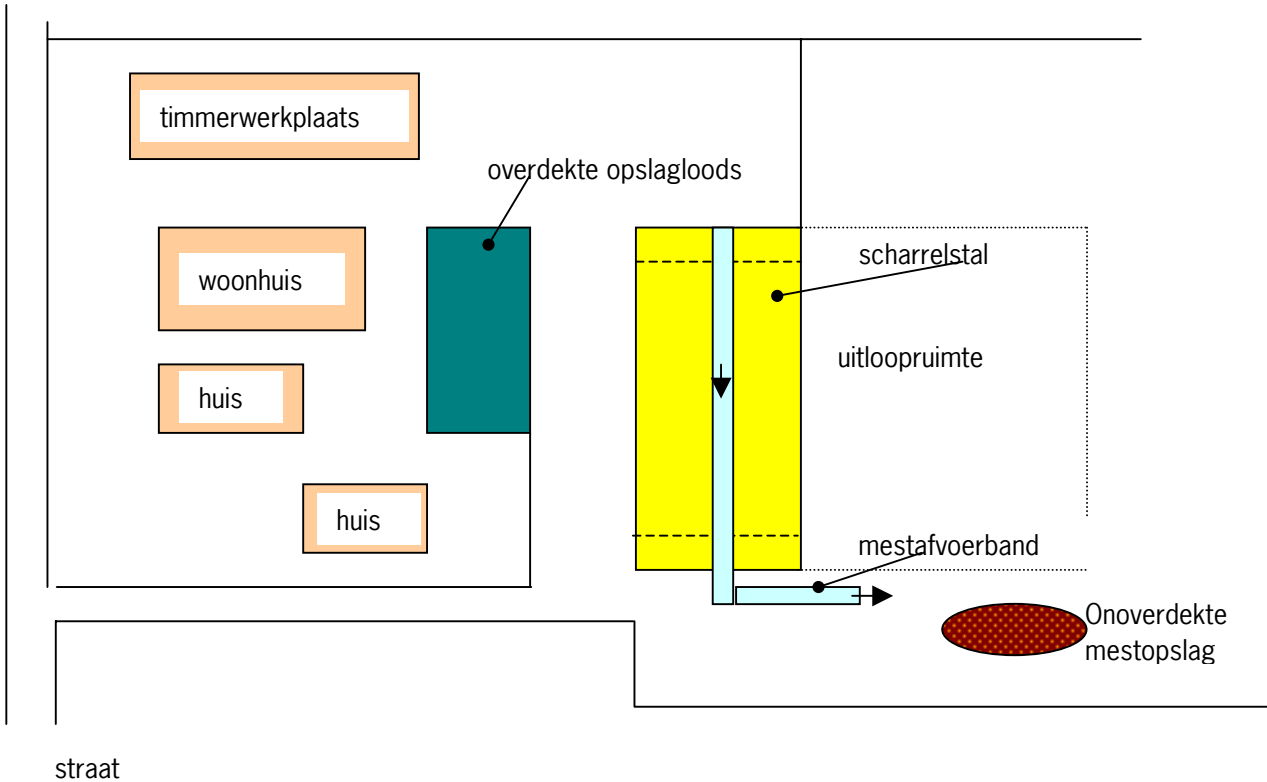
Voorzitter Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen

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

Coördinator IMAG-meetploeg

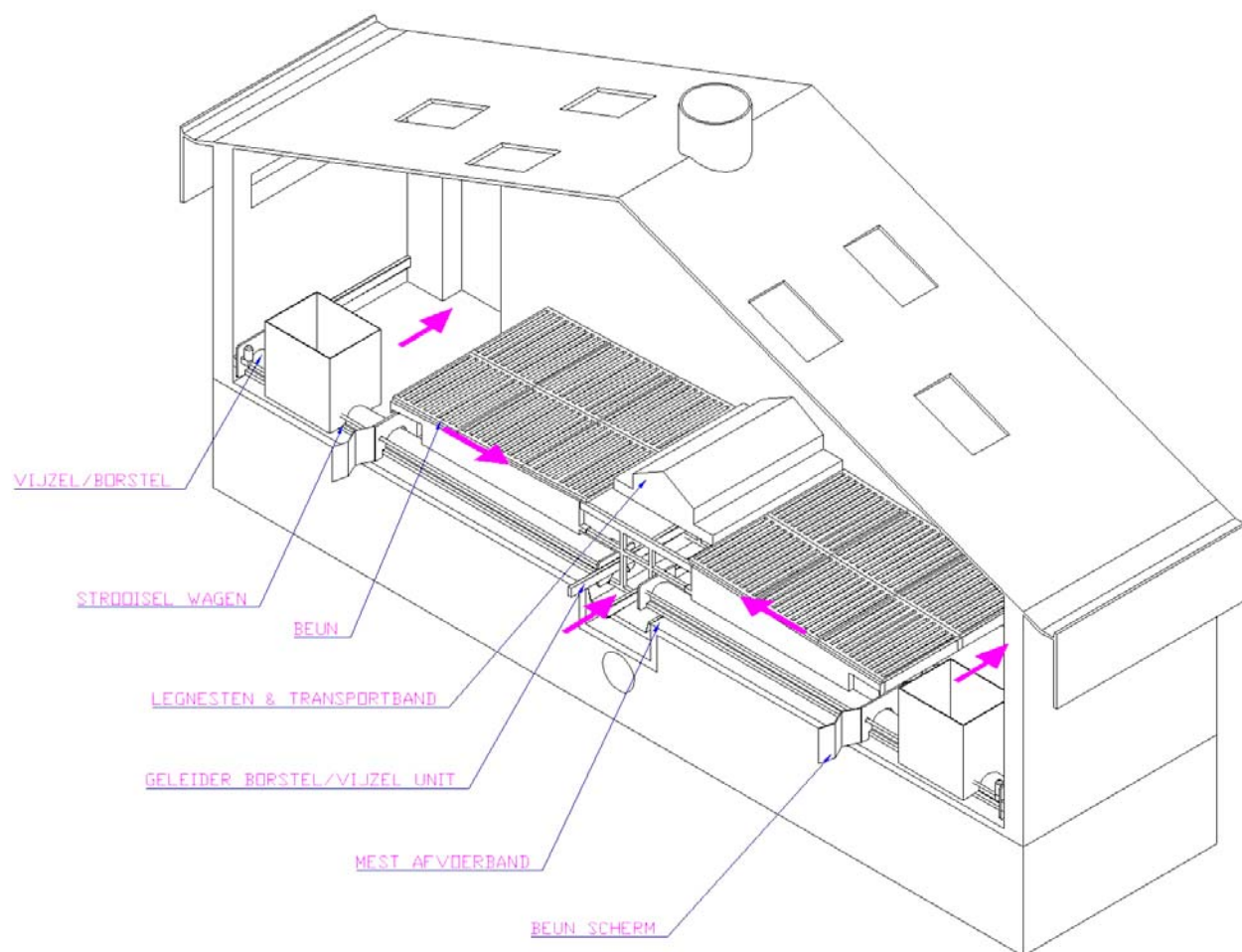
Dr. Ir. Gerben Mol
Instituut voor Milieu- en Agritechniek IMAG
Bezoekadres: Mansholtlaan 10-12
6708 PA Wageningen
Postadres: Postbus 43
6700 AA Wageningen
Telefoon: 0317 47 63 00

BIJLAGE B Schets bedrijfssituatie en plattegrond stal



BIJLAGE C Tekening en foto stal met ontmestingsmachine

Opengewerkte doorsnede in 3D-view van stal met ontmestingsmachine.





ontmesten

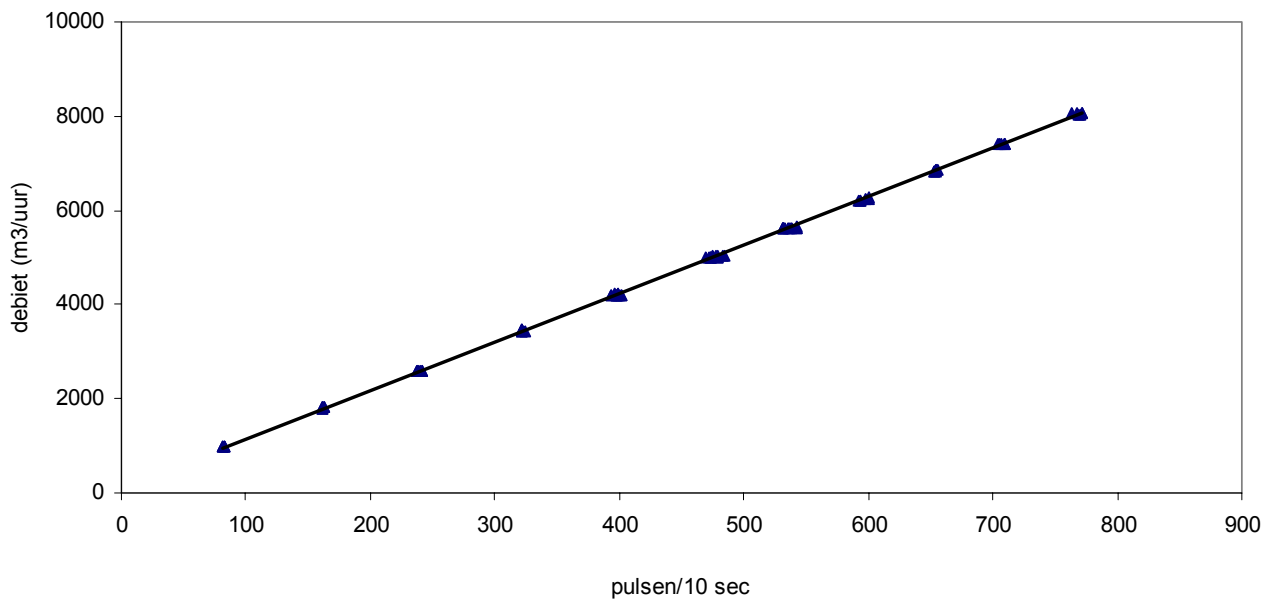
Aanbrengen nieuwe laag strooisel



BIJLAGE D Kalibratieresultaat meetventilator

Een meetventilator met een diameter van 50 cm en 3 bladen , welke voor één van de nokventilatoren in de stal heeft gehangen, werd op 11 februari 2002 gekalibreerd. De relatie tussen het ventilatiedebiet (V in m³/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$V = 10,3 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 135$$



BIJLAGE E Principe en kalibratieresultaten NO_x-monitor

Meetprincipe

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO-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: $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{licht (1100 nm = rood licht)}$

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

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

Voor het meten van NO₂-concentraties kan een molybdeenconvertor worden toegepast. In deze convertor wordt NO₂ vrijwel voor 100% omgezet naar NO door oxidatie van NO₂ op molybdeen bij ca. 325 °C. Een molybdeenconvertor kan noodzakelijk zijn als, door transport van NO in zeer lange leidingen, NO wordt omgezet in NO₂. Tijdens testmetingen met een slang van 350 m is geen verschil gemeten in NO-concentraties voor en na transport door deze slang (Bleijenberg, R en Ploegaert, J.P.M., 1994. Handleiding meetmethoden ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen. Wageningen, IMAG-DLO rapport 94-1, 76 pp). Gedurende dit onderzoek werd geen gebruik gemaakt van een molybdeenconvertor in de monitor. Onder de gegeven meetomstandigheden vond tijdens het transport van lucht van de NH₃-convertor naar de NO-monitor geen aantoonbare omzetting plaats van NO in NO₂.

Kalibratieresultaten

De wekelijkse kalibratie van de monitor werd gedurende de zomer- en herfstperiode uitgevoerd met 41,3 ppm NO-gas. Tijdens de eerste periode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld 3% en tijdens de tweede periode gemiddeld 1,6%.

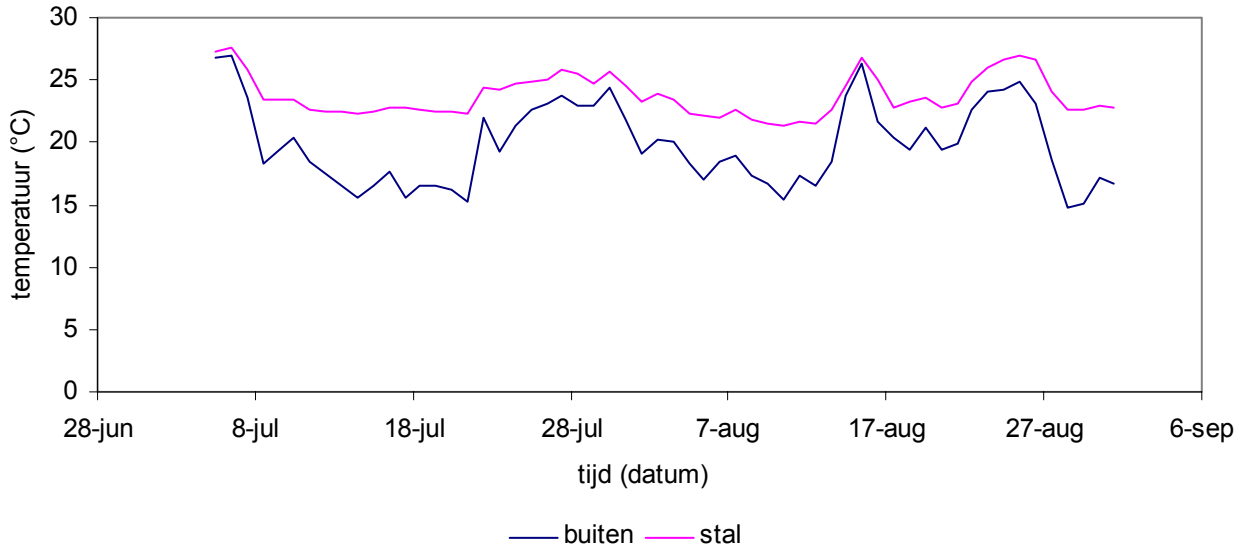
BIJLAGE F Omzettingspercentage convertors

In onderstaande tabel staat per meetpunt het gemiddelde omzettingspercentage van de convertors weergegeven bij aanbieding van 10 en 30 ppm NH₃. Deze waarden werden gebruikt voor de correctie van de ammoniakconcentraties.

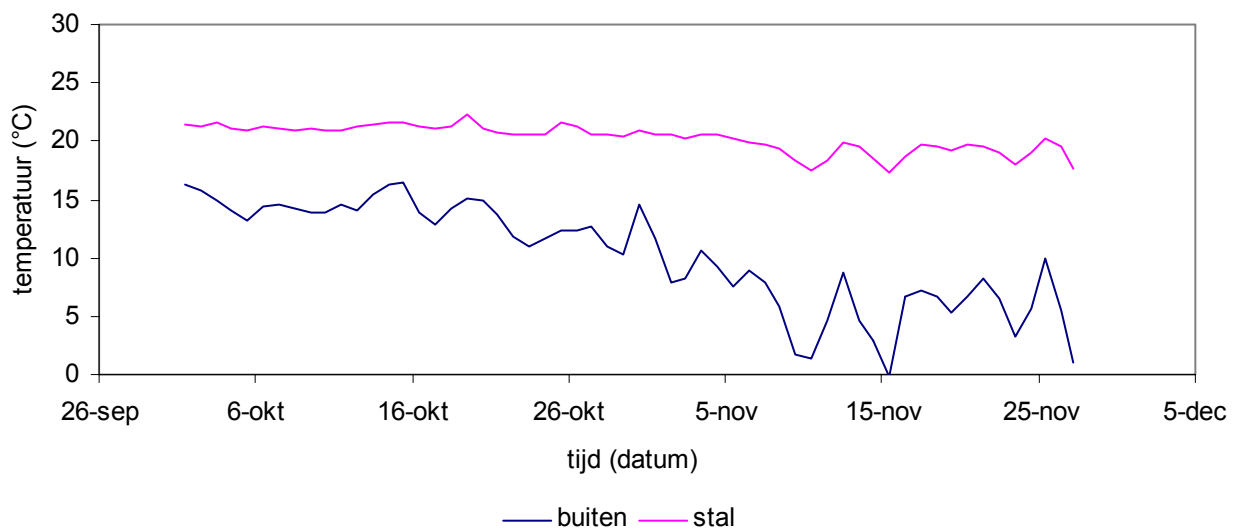
Meetperiode	zomer	Herfst
Meetpunt 1 bij ventilator V1	90%	90%
Meetpunt 2 bij ventilator V2	91%	90%
Achtergrond oostzijde	94%	83%

BIJLAGE G Temperatuur

Daggemiddelden van stal- en buitentemperatuur gedurende de zomerperiode.

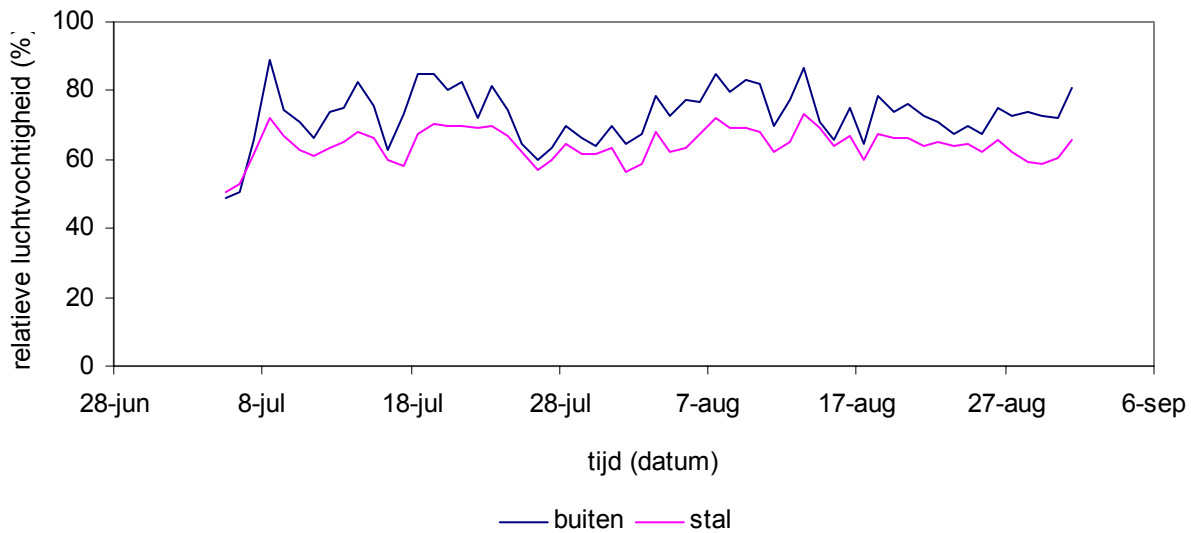


Daggemiddelden van stal- en buitentemperatuur gedurende de herfstperiode.

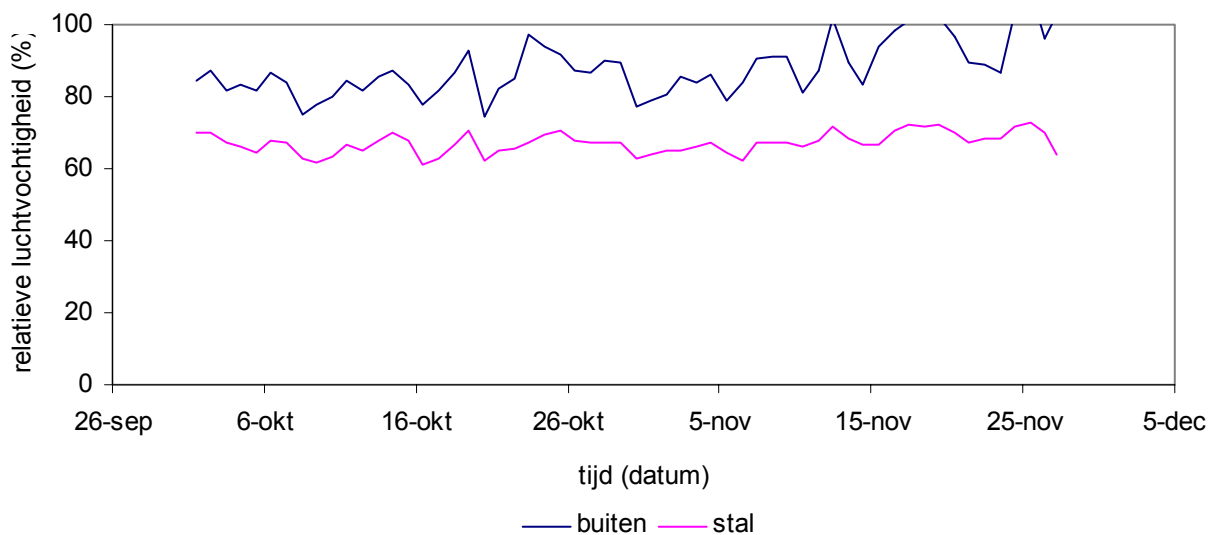


BIJLAGE H Relatieve luchtvochtigheid

Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van stal- en buitenlucht gedurende de zomerperiode.

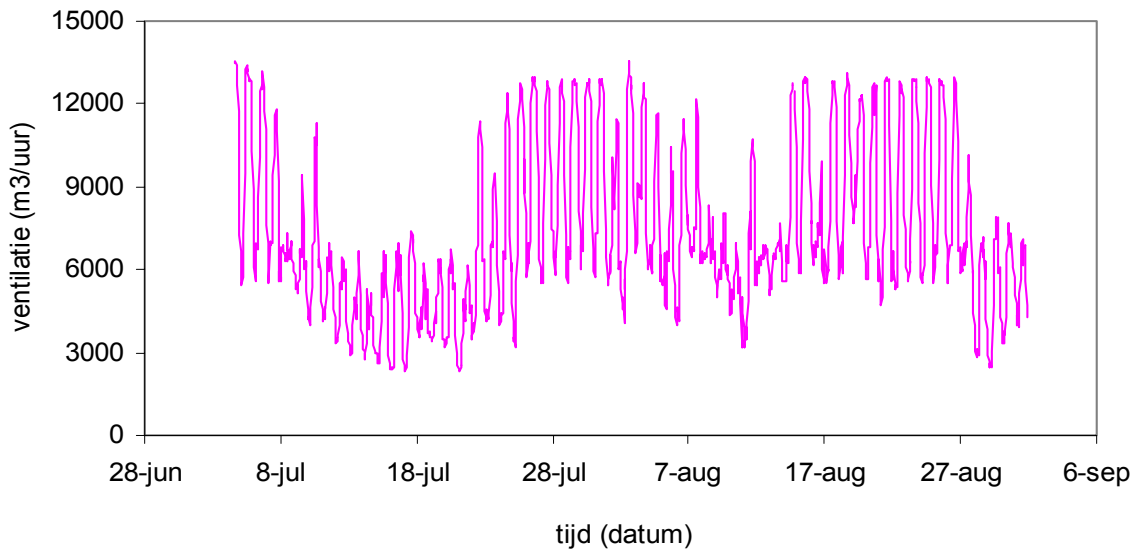


Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van stal- en buitenlucht gedurende de herfstperiode.

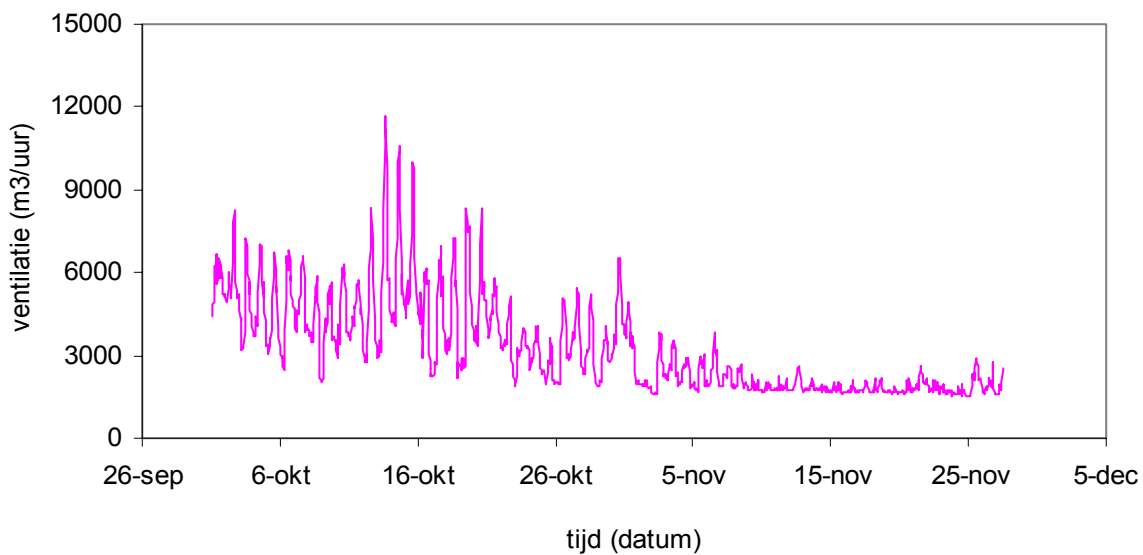


BIJLAGE I Ventilatiedebiet

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

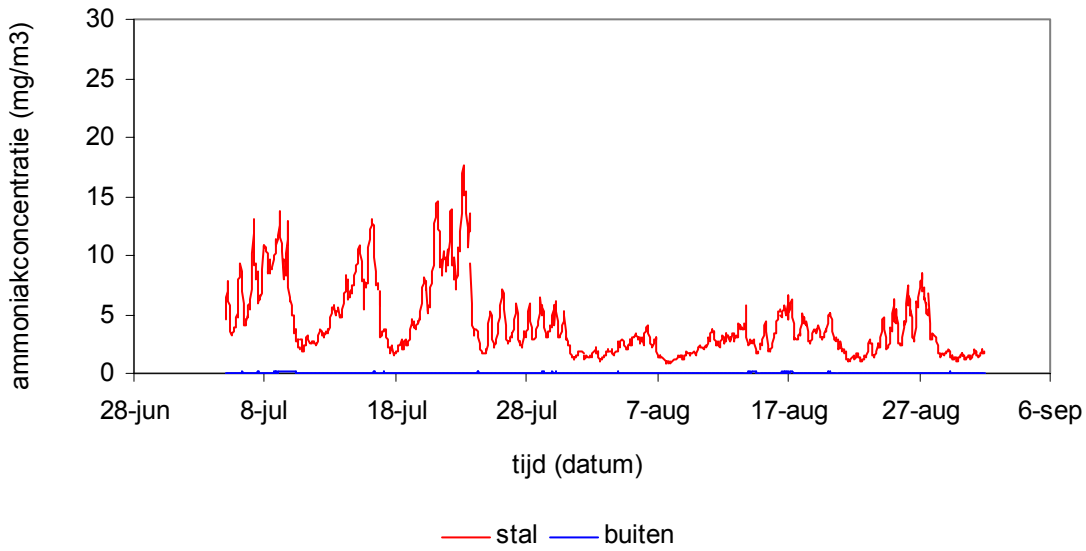


Uurgemiddelden van het totale ventilatiedebiet (m^3/uur) tijdens de herfstperiode.



BIJLAGE J Ammoniakconcentratie

Uurgemiddelden van de ammoniakconcentratie in de stal en buiten gedurende de zomerperiode.



Uurgemiddelden van de ammoniakconcentratie in de stal en buiten gedurende de herfstperiode.

