

De ammoniakemissie uit drie typen volièrestallen voor leghennen

*The ammonia emission from three types of aviary houses
for laying hens*

Ir. P.W.G. Groot Koerkamp
Ing. R. Bleijenberg

imag-dlo



CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Groot Koerkamp, P.W.G.

De ammoniakemissie uit drie typen volièrestallen voor leghennen / P.W.G. Groot Koerkamp en R. Bleijenberg - Wageningen: IMAG-DLO. - Ill. - (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek ; 94-31).

Met lit. opg. - Met samenvatting in het Engels

ISBN 90-5406-106-5 geb.

NUGI 849

Trefw.: ammoniakemissie; volièrestal; leghennen; strooiselbehandeling.

© 1995

IMAG-DLO

Postbus 43 - 6700 AA Wageningen

Telefoon 08370-76300

Telefax 08370-25670

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

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

Abstract

Groot Koerkamp, P.W.G and R. Bleijenberg. The ammonia emission from three types of aviary houses for laying hens, DLO Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 94-31, in Dutch, with summary in English, 33 pp.

The ammonia emission from three types of aviary houses for laying hens was measured. The emission from the Tiered-Wire Floor, the Natura en the Righs-Boleg systems under normal litter conditions amounted to 93, 96 and 56 g NH₃ per hen per year, respectively. This was higher than the normative emission from battery houses with manure belts, being 35 g NH₃ per hen per year. Replacement of the litter by new wood chips reduced the emission temporarily by about 50% for each system. Emissions from all systems rose to 200 g NH₃ per hen per year at the start of the laying period caused by the drop in dry matter contents of the litter to below 70%.

Keywords: Ammonia emission, aviary house, laying hens, litter treatment

Voorwoord

Sinds het midden van de jaren tachtig wordt door het IMAG-DLO en het ID-DLO (voormalige COVP-DLO) gewerkt aan de ontwikkeling van welzijnsvriendelijke huisvesting voor leghennen. Dit heeft geleid tot de etagehuisvesting, die gerangschikt wordt onder de volièrestallen. Tijdens de beproeving van deze nieuwe stal bleek dat de ammoniakemissie hoger was dan uit een batterijstal met mestbanden. De overheid heeft zich in haar beleid echter een aanzienlijke beperking van de ammoniakemissie in het jaar 2000 ten doel gesteld. Hieraan dienen in beginsel ook nieuwe stalvormen te beantwoorden. Deze achtergrond heeft geleid tot een onderzoek naar de ammoniakemissie uit verschillende typen volièrestallen. Het onderzoek dat hier gerapporteerd is, is een eerste aanzet om de ammoniakemissie uit verschillende van deze nieuwe staltypen in kaart te brengen.

Het onderzoek is uitgevoerd op de proeflocatie 'Het Spelderholt' te Beekbergen van het ID-DLO en is mede gefinancierd door het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA). Een woord van dank is hier op zijn plaats aan de medewerkers van het ID-DLO (voormalig COVP-DLO), met wie intensief is samengewerkt.

Ir. A.A. Jongebreur
directeur

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	7
2 Materiaal en methode	8
2.1 Stal en inrichting	8
2.2 Zoötechniek	8
2.3 Management	10
2.4 Mestbehandeling	10
2.5 Meetperioden en proefbehandelingen	11
2.6 Metingen	11
2.7 Mest- en strooiselanalyses	12
2.8 Gegevensverwerking	12
3 Resultaten	14
3.1 Ammoniakemissie	14
3.2 Klimaat	16
3.3 Mest en strooisel	20
4 Discussie	23
4.1 Ammoniakemissie	23
4.2 Klimaat	25
5 Conclusies	27
Summary	28
Literatuur	29
Bijlagen	30

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x een van de meest verzurende componenten van ons milieu. De Nederlandse overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak in het jaar 2000 t.o.v. 1980 met 50% afgenomen moet zijn. In het kader van het onderzoek naar alternatieve, diervriendelijke huisvesting voor leghennen werd door het IMAG-DLO onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit drie typen volièresstallen.

De volièresystemen waren geplaatst in drie afzonderlijke afdelingen van een proefstal van het ID-DLO 'Het Spelderholt' te Beekbergen. Het betrof het Etage-, het Natura- en het Righs Bolegsysteem. In elke afdeling zaten ca. 950 dieren. Het strooiseloppervlak en het aantal en de plaatsing van de etages verschilden per systeem. Onder alle etages was een mestband aanwezig die tweemaal per week werd afgedraaid.

Tijdens vier perioden van ca. 14 dagen, verdeeld over de eerste 20 weken van de legronde, werden de ammoniakemissie, het stalklimaat en het buitenklimaat gemeten. Daarnaast werd regelmatig de samenstelling van strooisel en bandmest bepaald en de hoeveelheid bandmest.

De ammoniakemissie uit de Etage-, de Natura- en de Righs Bolegafdeling bedroeg bij tweemaal per week afdraaien van de mestbanden en normale strooiselomstandigheden respectievelijk 93, 96 en 56 g per dierplaats per jaar. De emissie uit de Righs Bolegafdeling was significant lager dan uit de andere afdelingen. De ammoniakemissie lag altijd boven de norm van 35 g per dierplaats per jaar voor leghennen gehuisvest in batterijstallen met mestbanden. Vervangen van strooisel door nieuwe houtkrullen reduceerde de emissies alleen gedurende de eerste weken na de behandeling, en wel met ca. 50% ten opzichte van de niveaus bij normale strooiselomstandigheden. Aan het begin van de legronde was de vochtbalans van het strooisel verstoord. Het drogestofgehalte in de drie afdelingen daalde tot onder de 700 g/kg, waardoor de ammoniakemissie steeg tot ca. 200 g per dierplaats per jaar.

Bij het Righs Bolegsysteem kwam de grootste hoeveelheid mest op de mestbanden terecht, n.l. ca. 93% van de totale hoeveelheid droge stof in de geproduceerde faeces. Bij het Natura- en het Etagesysteem was dit respectievelijk ca. 85 en 77%. Een deel van de bandmest bestond uit strooiselmest. Door de laaggelegen roostervloeren van het Natura- en Righs Bolegsysteem werd door de hennen meer strooiselmest boven de mestbanden uitgeschud.

De klimaatregeling in de drie afdelingen was verstoord, waardoor de klimaatgegevens van deze proef niet representatief waren. De invloed van deze klimaatafwijkingen op de ammoniakemissie leek echter beperkt.

1 Inleiding

De meest verzurende componenten van ons milieu zijn SO_2 , NO_x (NO en NO_2) en NH_3 , samen met hun reactieproducten, in het kort SO_x , NO_x en NH_x genoemd. In 1989 was NH_x verantwoordelijk voor 46% van de totale verzuring in Nederland. Het aandeel in de zure depositie van NH_x uit Nederlandse bronnen was 81%; 19% was afkomstig vanuit het buitenland. De door Nederlandse NH_x -bronnen veroorzaakte verzuring lag voor 94% binnen de landbouw (Hey en Schneider, 1991). De ammoniakemissie uit stallen en opslagen in de leghennensector bedroeg ca. 4% van de totale ammoniakemissie (Oudendag en Wijnands, 1989). De Nederlandse overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak in de veehouderij in het jaar 2000 t.o.v. 1980 met 50% afgenomen moet zijn; voor 2005 is dit 70% (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993). Groot Koerkamp en de Haan (1990) geven aan dat in de pluimveehouderij aanzienlijke emissiereducties bereikt worden met batterijstallen met mestbanden; regelmatige verwijdering van de mest uit de stal, eventueel in combinatie met droging van de mest, is effectief. In systemen met een scharrelruimte heeft het drogestofgehalte van strooisel grote invloed op de ammoniakemissie uit het strooisel. Bij hogere drogestofgehalten worden microbiologische afbraakprocessen geremd, waardoor minder ammoniak wordt gevormd (Groot Koerkamp en de Haan, 1990). In scharrelstallen voor leghennen bijvoorbeeld droogt het strooisel onvoldoende, zodat de ammoniakemissie hieruit vele malen hoger is dan uit batterijstallen met mestbanden (Richtlijn Ammoniak en Veehouderij, 1991). De waterstromen naar en uit het strooisel zijn derhalve van groot belang in verband met de emissie uit het strooisel.

Tijdens de beproeving van het Etagesysteem, ontwikkeld als welzijnsvriendelijke huisvesting voor leghennen, bleek uit oriënterende metingen dat de ammoniakemissie hoger was dan uit een batterijstal met mestbanden (Ehlhardt *et al.*, 1989). Door het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO) is in drie type volièrestallen onderzocht of de wezenlijke verschillen tussen de huisvestingssystemen zouden leiden tot verschillen in de ammoniakemissie. De grootte van het strooiseloppervlak of het aantal dieren per vierante meter strooisel was niet in elk systeem gelijk en het Natura- en het Rights Boleg-systeem hadden een laaggelegen roostervloer. De verwachting was dat de grootte van het strooiseloppervlak en de kwaliteit van het strooisel, met name het drogestofgehalte, grote invloed zouden hebben op de ammoniakemissie. Het mest- en strooiselonderzoek werd uitgevoerd door het Instituut voor Veehouderij en Diergezondheid (ID-DLO) 'Het Spelderholt' te Beekbergen (voormalige COVP-DLO). Hierbij werd als emissiereducerende maatregel het vervangen van strooisel uitgetest. Van beide onderzoeken wordt in dit rapport verslag gedaan.

Doel van het onderzoek was om de hoogte van de ammoniakemissie uit de drie volièrestallen vast te stellen en na te gaan of de emissieverschillen verklaard kunnen worden uit de inrichtingsverschillen tussen de stallen, de mest en het strooisel.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal en inrichting

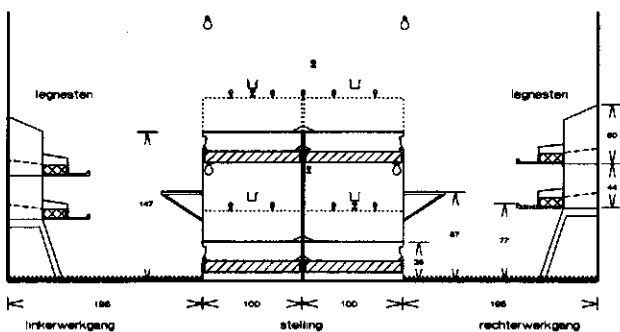
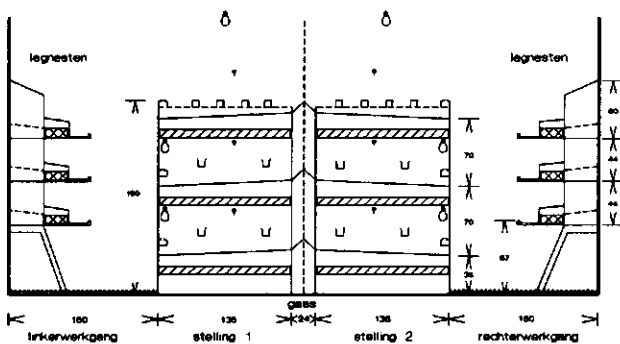
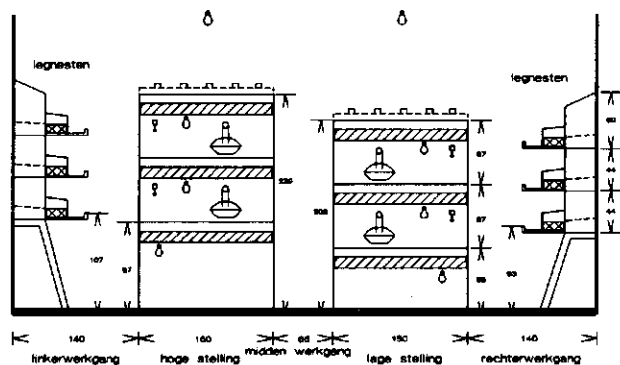
De drie volièresystemen waren geplaatst in stal L2 van 'Het Spelderholt', de onderzoeklocatie van het DLO-Instituut voor Veehouderij en Diergezondheid te Beekbergen. In bijlage A is een plattegrond van de stal gegeven. In volledig gescheiden afdelingen 1, 2 en 3 waren respectievelijk het Etage-, het Natura- en het Rights Boleg II-systeem geplaatst. De drie afdelingen werden geflankeerd door serviceruimten en waren met deuren tussen loop- en werkruimten aan zowel voor- als achterzijde met elkaar verbonden. De dier-ruimten waren aan de voor- en achterzijde door een gazen wand gescheiden van de loop- en werkruimten. De afdelingen en de systemen verschilden in lengte en breedte (bijlage A). In figuur 1 is een dwarsdoorsnede van de afdelingen gegeven. Het Etagesysteem werd gekenmerkt door twee losstaande stellingen met drie etages en een volledig ingestrooide vloer. Het Natuurasysteem bestond uit twee tegen elkaar geplaatste stellingen met eveneens drie etages. Tussen de stellingen was een gazen afscheiding aangebracht. De onderste etages stonden op de grond, zodat alleen de gangpaden beschikbaar waren als scharrel- en stofbadruimte. Het Rights Bolegsysteem had eveneens twee tegen elkaar geplaatste stellingen met twee etages en daarboven hooggeplaatste zitstokken; de onderste etage stond op de grond. Alle etages in de drie afdelingen waren voorzien van een mestband onder het rooster. De natte mest werd via deze mestbanden met een mestvijzel afgevoerd naar een container buiten de stal.

Iedere afdeling was voorzien van één ventilatiekoker met daarin een ventilator (\varnothing 50 cm, maximaal debiet 4.500 m³/uur, merk Fancom, 6 bladen). Boven de ventilatiekokers was op het dak een kap geplaatst om inregenen te voorkomen. Onder de ventilator was een diafragma klep geplaatst (6 vleugels). Buitenlucht kwam binnen via buizen evenwijdig aan de stellingen. Met behulp van kleppen kon de grootte van de luchtinlaatopeningen handmatig worden gestuurd. Het debiet werd automatisch geregeld door een klimaatregelaar (Fancom ESAM). De temperatuursensoren voor de klimaatregeling waren ter hoogte van de zitstokken van de bovenste etage bevestigd aan de gazen scheidingswand tussen dier- en werkruimte. In het Etagesysteem was een gaskachel geplaatst; in het Natura- en het Rights Bolegsysteem kon worden verwarmd met een gaskap.

De gebruikte stal was een donkerstal. In de afdelingen waren circuits met 40 watt gloeilampen aangebracht. Per circuit waren de lampen dimbaar. Er waren afzonderlijke circuits voor voer- en rustetages en het strooisel. De voerverstrekking was volledig geautomatiseerd. In bijlage B zijn de kentallen van de drie systemen weergegeven.

2.2 Zoötechniek

De hennen (Isabrown Warren) werden geplaatst op 24 oktober 1991 op een leeftijd van 17 weken. Op 1 april 1992 werden de dieren geruimd. In tabel 1 zijn de produktiegegevens en het voer- en waterverbruik per systeem gegeven over de periode 12-11-1991 tot 30-03-1992. De hoge uitval in het Etagesysteem was het gevolg van het strooiselver-



ID-DLO



voerpan



voerketting



drinknippel



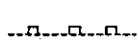
gloeilamp



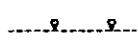
mestband



eierband



zitstokken



zitstokken



aanvliegplateau



strooisel

Figuur 1 Doorsnede van het Etage-, het Natura- en het Rights-Bolegsysteme.

Figure 1 Cross section of the Tiered-Wire-Floor, the Natura and the Rights-Boleg systems.

vangen, waarbij een aantal dieren verongelukten. Het waterverbruik in het Natuursysteem was hoog ten opzichte van het Etage- en het Righs Bolegsysteem.

Tabel 1 Gemiddelde productiegegevens en voer- en waterverbruik per systeem (leeftijd van de dieren 20 tot en met 39 weken) (Bleijenberg, niet gepubliceerde gegevens, 1993).

Table 1 Egg production and feed and water consumption per system (age of hens 20 up to 39 weeks) (Bleijenberg, unpublished data, 1993).

Systeem	Aantal opgehokte hennen (20 weken)	Uitval [%] cumulatief	Legperc. [%]	Eierprod. kg ei/opgehokte hen	Voerverbruik g voer/aanwezige hen.dag	Voerconversie kg voer/kg ei	Waterverbruik ml water/hen.dag	Verhouding water/voer
Etage	1056	2,75	89,0	7,203	115,8	2,23	215,5	1,86
Natura	806	0,25	89,0	7,303	120,7	2,31	230,0	1,91
Righs Boleg	995	0,50	85,3	6,991	114,7	2,29	203,4	1,77

2.3 Management

De streefwaarde voor de staltemperatuur, op basis waarvan de ventilatoren werden geregeld, bedroeg 20 °C voor alle afdelingen. De maximumventilatie bedroeg altijd 100% van de capaciteit van de ventilatoren; de minimumventilatie werd een aantal malen gewijzigd (bijlage C). De diafragmaaklep in de ventilatiekokers werd evenredig met het ventilatiedebiet geregeld. Tijdens de gehele legperiode werd bijverwarmd.

De verlichtingsperiode bedroeg 12 uur op het moment dat de hennen 17 weken oud waren en werd tot een leeftijd van 20 weken wekelijks met één uur verlengd tot 15 uur. De lampen gingen gelijktijdig aan en trapsgewijs uit, beginnend met de strooiselverlichting en 15 minuten later eindigend met de plafondverlichting. Zo werden de hennen naar de rustetages gelokt. De voerkettingen draaiden 's morgens elke 2 uur en 's middags elk uur (totaal 9 keer per dag). De voerpannen werden continu gevuld. Het voer (ID-DLO-formule) werd verstrekt in meelvorm. De samenstelling van het voer is vermeld in bijlage D.

2.4 Mestbehandeling

Enkele uren vóór het plaatsen van de hennen werden houtkrullen als strooiselmateriaal ingebracht (2 kg/m²). De mestbanden werden tweemaal per week afgedraaid, doorgaans op maandag en donderdag. Exacte data en tijdstippen van het afdraaien werden bijgehouden in een logboek. Het afdraaien duurde 1 tot 1,5 uur, waarna alle deuren weer gesloten werden. Kleine hoeveelheden strooisel die door het gas in de voor- of achterruimte terechtkwamen, werden tijdens het aanvegen verwijderd. In het begin van de legperiode (november en december) werd haver in het strooisel gestrooid om de scharrelactiviteit te vergroten. Met name in het Natuursysteem is veelvuldig haver gestrooid en is het strooisel enkele malen handmatig omgezet en losgewerkt vanwege koekvorming.

2.5 Meetperioden en proefbehandelingen

Tijdens de legperiode werden in vier perioden van elk ca. 14 dagen metingen verricht. In tabel 2 zijn de nummering, begin- en einddatum en de strooiselomstandigheden van de vier meetperioden vermeld. Periode 3 werd gesplitst in twee delen door de toegepaste strooiselbehandeling op 20 februari 1992. Het aanwezige strooisel werd verwijderd uit de afdelingen, waarna schone houtkrullen werden ingebracht (2 kg/m²). Periode 4 werd gedeeld omdat de dieren werden geruimd.

Tabel 2 Overzicht van meetperioden en strooiselomstandigheden.

Table 2 Overview of measuring periods and litter condition.

Periode	Datum	Leeftijd hennen [weken]	Omstandigheden strooisel
1	11/11/91-19/11/91	20	strooisel nat
:	17/12/91-28/12/91	25/26	strooisel normaal
3A	13/02/91-18/02/91	33	strooisel normaal
3B	24/02/92-04/03/92	35	schone houtkrullen
4A	27/03/92-01/04/92	39	strooisel normaal
4B	01/04/92-06/04/92	-	-

2.6 Metingen

Per afdeling werden de ammoniakconcentratie in de uitgaande stallucht (ppm NH₃, omgerekend naar mg/m³) en het ventilatiedebiet (m³/uur) gemeten, alsook de ammoniakconcentratie in de buitenlucht. Daarnaast werden van elke afdeling en van het buitenklimaat de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid geregistreerd. De metingen vonden volledig automatisch plaats met behulp van een datalogger. Per uur werd een gemiddelde bepaald uit vijftien waarnemingen, dat werd weggeschreven naar een datakaartje.

Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie werd in de uitgaande luchtstroom bepaald. Het monsternamepunt bevond zich in de ventilatiekoker tussen de meet- en stalventilator. Vanaf de aanzuigpunten in de ventilatiekokers en vanaf een monsternamepunt buiten de stal werd lucht door verwarmde leidingen (FEP-Teflon) via een ammoniakconverter naar een NO_x-monitor getransporteerd. De converter zorgde voor omzetting van ammoniak (NH₃) naar stikstofmonoxyde (NO) bij 775 °C. De converters waren zo dicht mogelijk bij de monsternamepunten geplaatst. De monitor (Monitor Labs, model 8840) bepaalde de NO_x-concentratie door middel van chemoluminescentie. Het meetsysteem is beschreven door Ouwerkerk (1993). De converters werden vooraf en na de proef gecontroleerd en geijkt op het omzettingsrendement van NH₃ in NO. De NO_x-monitor werd wekelijks gekalibreerd met NO-ijkgas.

Ventilatiedebiet

Per ventilatiekoker werd met behulp van een meetventilator (Fancom, Ø 0,50 m, 3 bladen) het ventilatiedebiet gemeten. De relatie tussen het aantal omwentelingen van de meetventilator in de beschreven situatie en het ventilatiedebiet werd bepaald met behulp van een windtunnel volgens de (voormalige) NEN-norm 1048-11.

Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Zowel in de stal als daarbuiten werden met behulp van gecombineerde sensoren (Rotronic IH4 omgebouwd tot type I-100) de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid gemeten. De sensoren in de afdelingen hingen ca. 20 cm boven de zitstokken van de bovenste etage; de buitensensor hing op ca. 2 meter hoogte boven maaiveld onder de dakgoot.

2.7 Mest- en strooiselanalyses

Door het ID-DLO werden de produktie en samenstelling van de bandmest en de samenstelling van het strooisel onderzocht. De hoeveelheid mest op de banden werd zeven keer tijdens de legperiode bepaald. Hierbij werd alle mest van de banden opgevangen en gewogen. De samenstelling van de mest op de banden werd vier keer onderzocht. Hierbij werden per mestband aselekt drie monsters genomen en samengevoegd tot één mengmonster. Tevens werden per afdeling mengmonsters van het strooisel verzameld. Direct na monsternamen werden de strooiselmonsters in een zure oplossing gebracht en werden zowel de mest- als strooiselmonsters ingevroren en bewaard tot het einde van de legperiode, waarna analyse plaatsvond. De mest- en strooiselmonsters werden door het laboratorium van het ID-DLO geanalyseerd op drogestofgehalte (d.s.%), totaalstikstof (N_{tot}) en ammoniakale stikstof (som van NH_4^+ -N en NH_3 -N). Verder werd wekelijks per afdeling het drogestofgehalte van een mengmonster van het strooisel bepaald volgens NEN 6620. Bij opzet van de hennen en voor en na strooiselvervanging werd de laagdikte van het strooisel geschat.

2.8 Gegevensverwerking

Uit de uurgemiddelde metingen werden dag- en periodegemiddelden berekend. De emissie werd berekend als het produkt van de ammoniakconcentratie en het ventilatie-debiet. Bij berekening van de netto-emissie werd gecorrigeerd voor de ammoniak in de buitenlucht. De ammoniakemissie werd verder omgerekend naar de emissie per dierplaats per jaar ($g.dp^{-1}.jr^{-1}$). Hiervoor werd de methode gebruikt zoals die vermeld is in Winkel (1988) (legperiode 14 maanden, leegstand 2 maanden en het aantal dierplaatsen gelijk aan het aantal opgehokte dieren).

De gemeten mestproduktie op de mestbanden, inclusief water- en voervermorsing, werd aangeduid als de absolute bandmestproduktie. De absolute faecesproduktie werd gesteld op $150 \text{ gram.hen}^{-1}.\text{dag}^{-1}$ met $250 \text{ gram droge stof/kg}$ (Bloem *et al.*, 1986). Daaruit is de relatieve bandmestproduktie berekend als een maat voor de hoeveelheid faeces die op de mestbanden terecht kwam. Door de relatieve produktie te berekenen op drogestofbasis, werd gecorrigeerd voor verschillen in drogestofgehalten. Voor het drogestofgehalte van de bandmest werden gemeten waarden gebruikt. Uit de concentraties van ammoniakale stikstof en totaalstikstof in de bandmest en het strooisel werd het relatieve aandeel van de ammoniakale stikstof berekend.

Ontbrekende waarnemingen werden, indien mogelijk, met behulp van regressietechnieken benaderd. Indien geen vervangende waarden konden worden gegenereerd,

werden deze bij de berekening van gemiddelden buiten beschouwing gelaten. Er werd een variantie-analyse uitgevoerd op de natuurlijke logaritme van de gemiddelde ammoniakemissie per periode. Het type voliëresysteem en de omstandigheid van het strooisel werden hierbij als verklarende variabelen gebruikt voor de beschrijving van de vaste effecten. De gemiddelde emissies per periode per systeem werden als onafhankelijke waarnemingen beschouwd.

$$\ln(E_{\text{NH}_3}) = \text{Constante} + E_{\text{Vol.systeem}} + E_{\text{Strooisel}}$$

\uparrow
 tabel 3, meting

$\begin{array}{l} \text{1 = Étage} \\ \text{2 = naturel} \\ \text{3 = Boles} \end{array}$

$\begin{array}{l} \text{1 = nat} \\ \text{2 = normale} \\ \text{3 = schoon} \\ \text{4 = zonder stroe} \end{array}$

$$= \underset{(\beta_0)}{\text{Constante}} + \overset{E_{\text{Vol}}}{\beta_1} * EY_{\text{naturel}} + \beta_2 * EY_{\text{Boles}} + \beta_3 * EY_{\text{normale}} + \beta_4 * EY_{\text{schoon}} + \beta_5 * EY_{\text{zonder}}$$

$$E_{\text{NH}_3} = \text{EXP} \left(\text{Const} + \sum_{i=1}^5 \beta_i * EY_i \right)$$

$$= e^{\text{constate}} \cdot e^{\beta_1 * EY_{\text{naturel}}} \cdot e^{\beta_2 * EY_{\text{Boles}}} \cdot e^{\beta_3 * EY_{\text{normale}}} \cdot e^{\beta_4 * EY_{\text{schoon}}} \cdot e^{\beta_5 * EY_{\text{zonder}}}$$

3 Resultaten

3.1 Ammoniakemissie

Tabel 3 geeft de ammoniakconcentraties, de ventilatiedebieten en de emissies per meetperiode weer. De ammoniakconcentraties in de drie afdelingen lagen globaal tussen 2 en 15 mg/m³, maar waren in periode 1 het hoogst. Bij het Natura- en het Rights Boleg-systeem trad vervolgens een daling op gedurende de legperiode, terwijl de concentratie bij het Etagesysteem sterk wisselde. Na de strooiselvervangning, in periode 3B, lagen de concentraties bij alle systemen lager dan in periode 3A. Ook na het ruimen van de dieren, periode 4B, daalden de concentraties. De ventilatiedebieten lagen globaal tussen 1150 en 2650 m³/uur. Het debiet in het Rights Bolegsysteem lag in periode 1 en 2 beduidend lager dan in de andere twee systemen. In periode 3A, 3B en 4A werd in het Naturasysteem het meeste geventileerd.

Tabel 3 Gemiddelde (per meetperiode) ammoniakconcentratie (mg/m³), ventilatiedebiet (m³/uur) en ammoniakemissie (g.dp⁻¹.jr⁻¹) per systeem.

Table 3 Mean ammonia concentration, ventilation rate and emission rate of ammonia per system per measuring period.

Meet- periode	Ammoniakconcen. [mg/m ³]				Debiet [m ³ /uur]			Emissie [g NH ₃ /(dp.jr)]		
	Etage	Natura	Boleg	Buiten	Etage	Natura	Boleg	Etage	Natura	Boleg
1	13,9	8,9	15,2	0,1	1928	1793	1365	190	150	161
2	5,6	5,6	5,8	0,1	2128	2127	1592	85	112	71
3A	10,9	6,4	5,4	0,2	1520	1819	1169	115	103	44
3B	3,3	2,5	2,1	0,1	1737	2658	1826	38	61	28
4A	11,5	4,2	3,5	0,1	1502	1883	1508	120	73	42
4B	4,5	2,8	2,5	0,0	580	1003	738	20	26	14

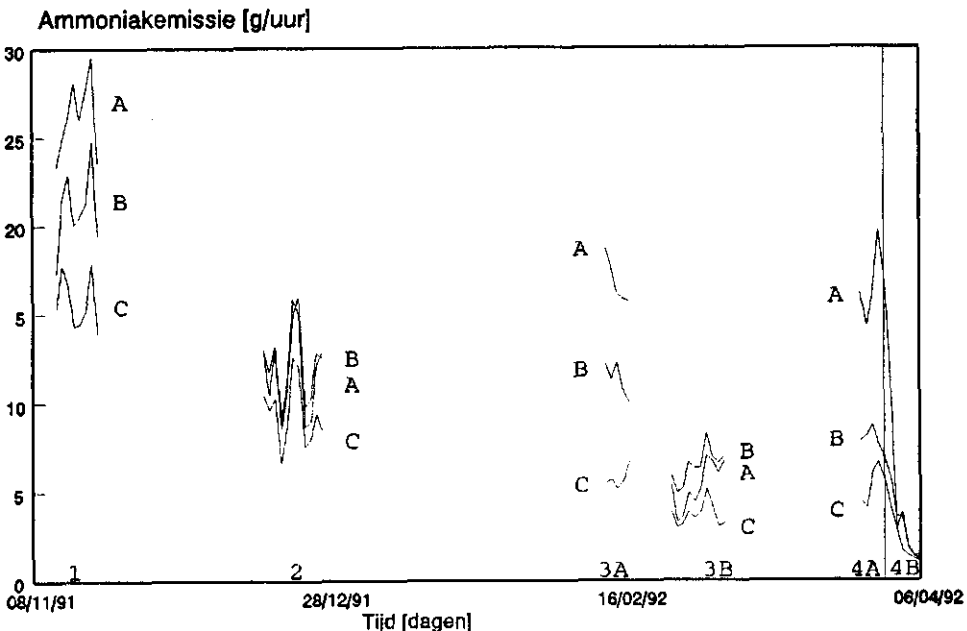
De ammoniakemissie uit de drie afdelingen varieerde zeer sterk, n.l. tussen 14 en 190 g.dp⁻¹.jr⁻¹ (tabel 3). Uit tabel 4 blijkt dat deze variatie goed verklaard wordt door het veronderstelde model, n.l. de invloed van het type voliëresysteem en de toestand waarin het strooisel verkeerde. Het Etage- en Naturasysteem emitteerden onder alle strooiselomstandigheden meer ammoniak dan het Rights Bolegsysteem. Onder normale strooiselomstandigheden bedroeg de emissie uit het Etage-, het Natura- en het Rights Bolegsysteem respectievelijk 93, 96 en 56 g.dp⁻¹.jr⁻¹. Na het vervangen van het strooisel, bij schone houtkrullen, was de emissie uit de drie systemen respectievelijk 49, 50 en 48% lager dan onder normale strooiselomstandigheden. Na het ruimen van de dieren was de voorspelde emissie laag, n.l. 14 tot 23 g.dp⁻¹.jr⁻¹.

Tabel 4 Voorspelde ammoniakemissie ($\text{g.dp}^{-1}.\text{jr}^{-1}$) en variatiecoëfficiënt per voliëresysteem afhankelijk van de strooiselomstandigheden. Niveaus per rij met verschillende hoofdletter zijn significant verschillend ($P \leq 0,10$); per kolom is dit aangegeven met schrijffletters.

Table 4 Predicted ammonia emission ($\text{g.hen}^{-1}.\text{year}^{-1}$) and coefficient of variation per aviary system depending on the litter condition. Levels per row with different capital letter are significantly different ($P \leq 0.10$); differences per column are indicated with script-letters.

Omstandigheden	Etage		Natura		Righs Boleg	
	mediaan	v.c.	mediaan	v.c.	mediaan	v.c.
strooisel nat	195 ^{A,a}	0,16	200 ^{A,a}	0,16	118 ^{B,a}	0,16
strooisel normaal	93 ^{A,b}	0,12	96 ^{A,b}	0,12	56 ^{B,b}	0,12
schone houtkrullen	47 ^{A,c}	0,16	48 ^{A,c}	0,16	29 ^{B,c}	0,16
zonder dieren	23 ^{A,d}	0,16	23 ^{A,d}	0,16	14 ^{B,d}	0,16

Figuur 2 toont de gemeten ammoniakemissies uit de drie afdelingen gedurende de legperiode. Tijdens periode 1, 3A en 4A lagen die ver uit elkaar; tijdens periode 2 en 3B dicht bij elkaar. Figuur 3 illustreert de geringe afname van de ammoniakemissie bij het Righs Bolegsysteem in periode 1 na het afdraaien van de mestbanden.

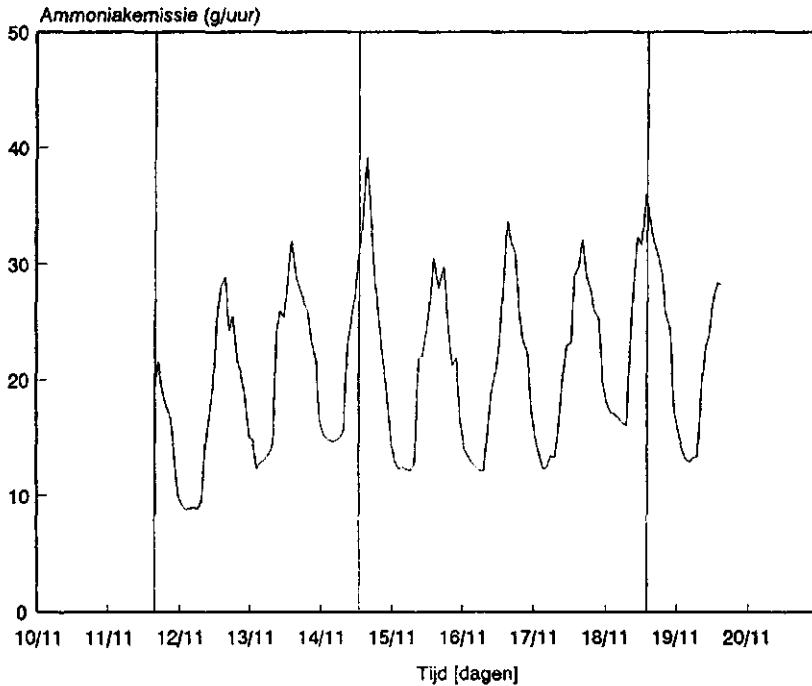


Figuur 2 De daggemiddelde ammoniakemissie in g/uur uit de drie voliëre-afdelingen. De meetperiodes zijn genummerd (1-4). De verticale lijn geeft het ruimen van de dieren aan.

A = Etage, B = Natura, C = Righs Boleg.

Figure 2 The ammonia emission in g/h from the three aviary systems (daily averages). The measuring periods are numbered (1-4). The vertical line indicates the removal of the hens.

A = Etage, B = Natura, C = Righs Boleg.



Figuur 3 De ammoniakemissie in g/ur uit de Righs Boleg-afdeling in periode 1. De verticale lijnen geven de momenten van het afdraaien van de bandmest aan.

Figure 3 The ammonia emission in g/h from the Righs Boleg system during period 1. The vertical lines indicate the moments of manure removal from the belts.

3.2 Klimaat

In tabel 5 zijn per meetperiode de gemiddelde temperaturen en relatieve luchtvochtigheden weergegeven. De gemiddelde buitentemperatuur schommelde tussen 4 en 8 °C. De buitenluchtvochtigheid bedroeg 92% in periode 1 en daalde vervolgens tot 79% in periode 4B. De temperaturen bij het Etage- en Righs Bolegsysteem lagen in periode 1 tot en met 5 tussen 20 en 23 °C, bij het Naturasysteem tussen 17 en 19 °C. Tijdens meetperiode 1 waren ze allemaal het laagst.

De relatieve vochtigheid was bij het Righs Bolegsysteem doorgaans enigszins (max. 5%) hoger dan bij het Etagesysteem. De r.v. in het Naturasysteem daarentegen lag 8 tot 15% hoger dan in het Etagesysteem. Voor de staltemperaturen was het tegenovergestelde het geval: Etage 22,5 °C; Righs Boleg 21 °C; Natura 18,5 °C. De daling van de luchtvochtigheid van de buitenlucht vanaf meetperiode 1 was terug te vinden in de luchtvochtigheden van de drie systemen.

Het ventilatiedebiet per hen is eveneens weergegeven in tabel 5. Vergelijking van deze getallen levert een beter beeld op van de ventilatieregeling in relatie tot de warmteproductie door de dieren dan vergelijking van het totale ventilatiedebiet. Voor periode 4B zijn geen waarden berekend omdat er geen dieren aanwezig waren. Het ventilatiedebiet per hen bij het Naturasysteem was altijd hoger dan bij de beide andere systemen. Het verschil in het ventilatiedebiet tussen het Etage- en het Righs Bolegsysteem was altijd kleiner dan 0,5 m³/uur. Tijdens meetperiode 1 tot en met 3 was het debiet bij het Etagesysteem hoger dan bij het Righs Bolegsysteem; in periode 4 en 5 was het juist andersom.

Tabel 5 Gemiddelde (per meetperiode) temperatuur (temp., °C), luchtvochtigheid (r.v., %) en ventilatiedebiet ($m^3 \cdot hen^{-1} \cdot uur^{-1}$) per afdeling.

Table 5 Mean temperature, relative air humidity and ventilaton rate per system per measuring period.

Meet- periode	Etage		Natura		Rights Boleg		Buiten		Debiet		
	r.v.	temp.	r.v.	temp.	r.v.	temp.	r.v.	temp.	Etage	Natura	Boleg
1	49	20,3	62	17,4	56	20,1	92	4,7	1,83	2,22	1,37
2	45	22,2	60	18,7	51	22,2	87	6,8	2,02	2,64	1,60
3A	44	22,9	57	18,8	47	20,7	84	4,1	1,44	2,26	1,18
3B	44	22,4	56	18,3	43	21,7	81	8,1	1,68	3,30	1,84
4A	45	22,2	53	18,8	44	21,9	79	6,3	1,46	2,34	1,62
4B	50	13,6	64	10,1	60	9,2	79	6,5	-	-	-

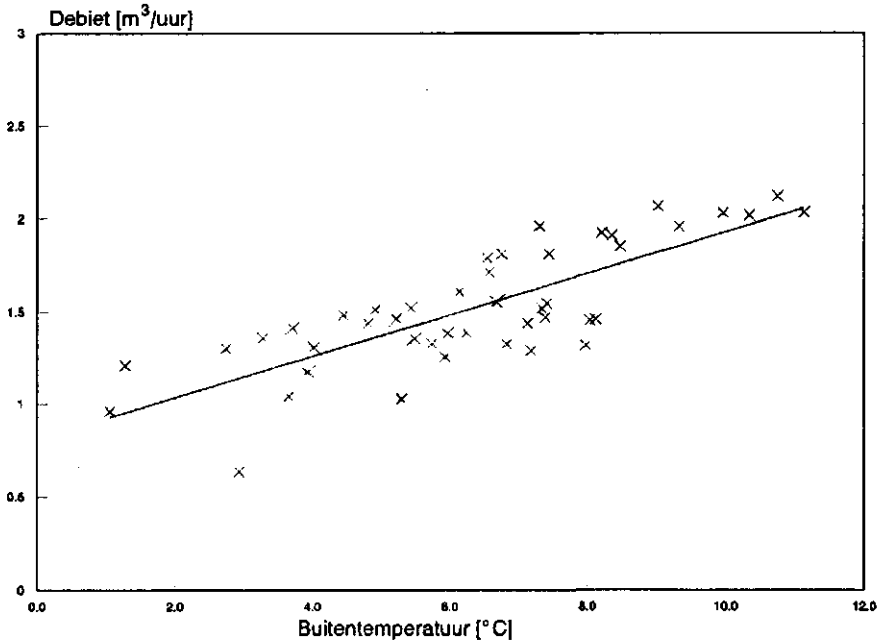
Figuur 4 illustreert de relatie tussen het ventilatiedebiet per hen en de buitentemperatuur voor het Rights Bolegsysteem. Het ventilatiedebiet neemt toe bij hogere buitentemperaturen. De lineaire regressievergelijkingen voor het Natura- en het Rights Bolegsysteem waren:

$$Y = 0,21 * T + 1,18 \quad R^2 \text{ 60\%} \quad \text{Natura}$$

$$Y = 0,11 * T + 0,79 \quad R^2 \text{ 64\%} \quad \text{Rights Boleg}$$

met Y: debiet ($m^3 \cdot hen^{-1} \cdot uur^{-1}$)

T: temperatuur (°C)



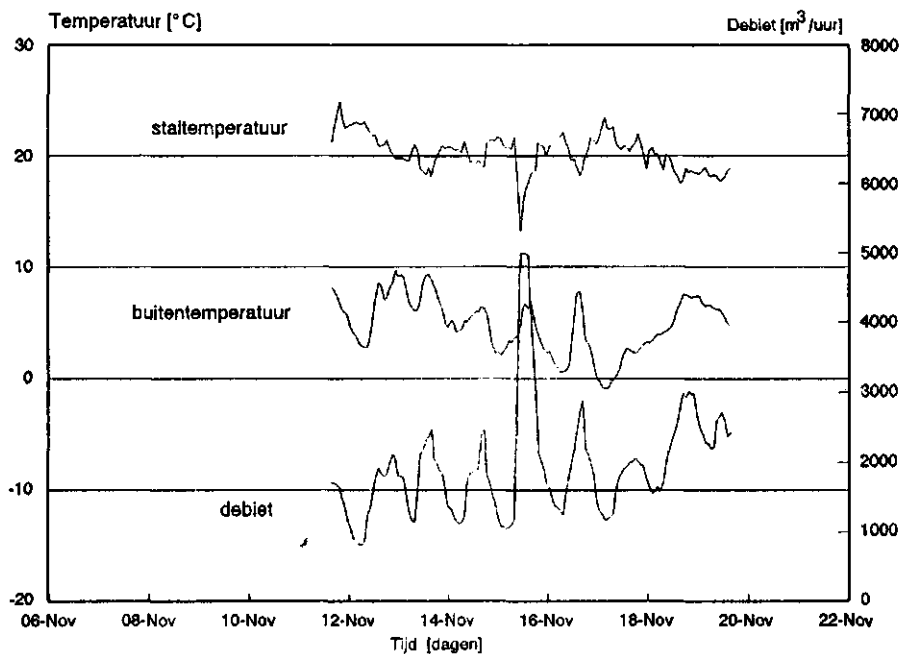
Figuur 4 Relatie tussen het daggemiddelde ventilatiedebiet (m^3/uur) van het Rights Bolegsysteem en de daggemiddelde buitentemperatuur (°C): x = gemeten waarde, — = lineaire regressie.

Figure 4 Relation between the daily average ventilation rate (m^3/h) of the Rights Boleg system and the daily average outside temperature (°C): x = measurements, — = linear regression.

Hieruit blijkt dat het debiet bij het Naturesysteem consequent hoger was dan bij het Righe Bolegysysteem. De relatie tussen het debiet en buitentemperatuur voor het Etage-systeem was zwak ($R^2 = 23\%$).

Etagesysteem

Figuur 5 laat de staltemperatuur, de buitentemperatuur en het ventilatiedebiet van het Etagesysteem in periode 1 zien. Het handmatig hoog ingestelde debiet op 15 november leidde direct tot een sterke temperatuurdaling. De ventilator draaide de nachtperiode op de minimumstand; dit is te herkennen aan de waarde van het ventilatiedebiet tijdens de nachtperiode. In figuur 5 is ook te zien dat het minimumdebiet op 12 en 18 november werd verhoogd. Na 18 november daalde de staltemperatuur tot onder $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ als gevolg van de te hoog ingestelde minimumventilatiedebieten.

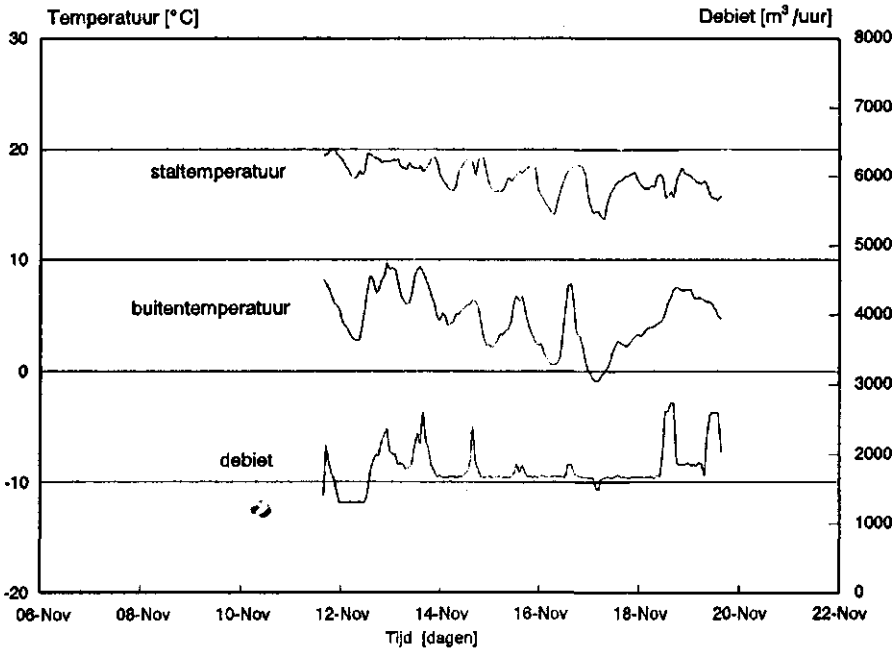


Figuur 5 Staltemperatuur ($^{\circ}\text{C}$), ventilatiedebiet (m^3/uur) en buitentemperatuur ($^{\circ}\text{C}$) in de Etage-afdeling gedurende periode 1.

Figure 5 Inside temperature ($^{\circ}\text{C}$), ventilation rate (m^3/h) and outside temperature ($^{\circ}\text{C}$) in the TWF system during period 1.

Naturesysteem

Figuur 6 toont het verloop van de stal- en buitentemperatuur en het ventilatiedebiet van het Naturesysteem tijdens meetperiode 1. De verhoging van het ingestelde minimumventilatiedebiet op 12 en 18 november is duidelijk waarneembaar. Tijdens deze meetperiode werd het debiet 's nachts en ook gedurende enkele dagperiodes op de ingestelde minimumwaarde gehandhaafd. Tijdens minimumventilatie toonde de staltemperatuur hetzelfde verloop als de buitentemperatuur. Uit de lage staltemperaturen in deze meetperiode, 15 tot $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, kan worden afgeleid dat het ingestelde minimumdebiet te hoog was.

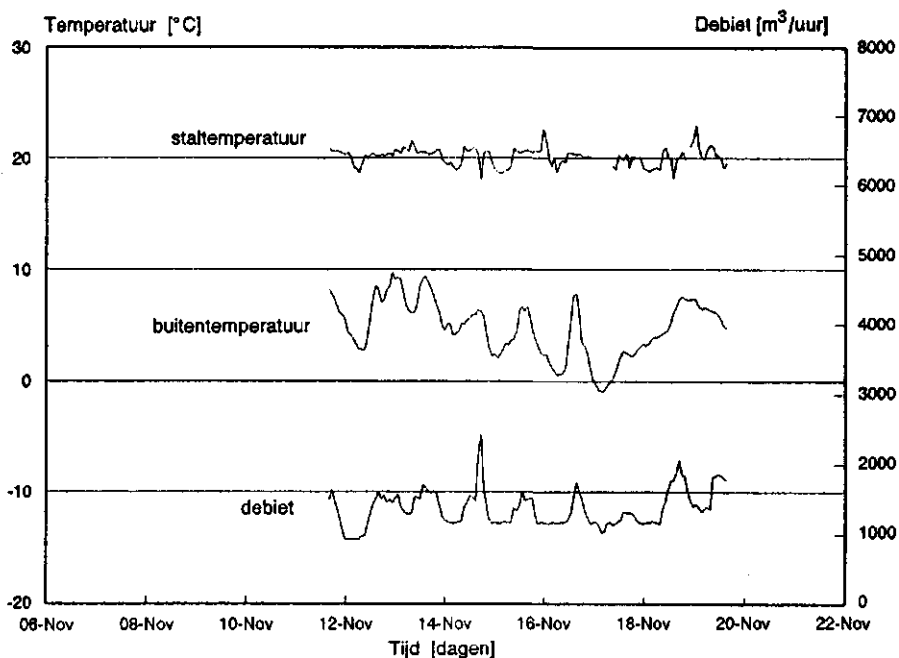


Figuur 6 Staltemperatuur (°C), ventilatiedebiet (m³/uur) en buitentemperatuur (°C) in de Natura-afdeling gedurende periode 1.

Figure 6 Inside temperature (°C), ventilation rate (m³/h) and outside temperature (°C) in the Natura system during period 1.

Righs Bolegsysteem

Figuur 7 toont het verloop van de stal- en buitentemperatuur en het ventilatiedebiet van het Righs Bolegsysteem tijdens meetperiode 1. De hogere instelling van het minimumventilatiedebiet vanaf 12 november is duidelijk waarneembaar. Het debiet werd overdag slechts gedurende enkele uren bijgestuurd tot boven de minimumwaarde. De staltemperatuur werd gehandhaafd rond de ingestelde 20 °C.



Figuur 7 Staltemperatuur (°C), ventilatiedebiet (m³/uur) en buitentemperatuur (°C) in de Righs Boleg-afdeling gedurende periode 1.

Figure 7 Inside temperature (°C), ventilation rate (m³/h) and outside temperature (°C) in the Righs Boleg system during period 1.

3.3 Mest en strooisel

De resultaten van het wegeven van de mest op de mestbanden zijn weergegeven in tabel 6. Aan het begin van de legperiode was de bandmestproductie ongeveer gelijk. Vanaf 25 weken leeftijd werd bij het Etagesysteem minder mest op de banden teruggevonden dan bij de andere twee systemen. De hoogste relatieve bandmestproductie werd gemeten bij het Righs Bolegsysteem. De gemiddelde relatieve bandmestproductie vanaf 25 weken leeftijd bedroeg voor de drie systemen respectievelijk 77, 85 en 93%. Een deel van de bandmest bestond uit strooisel dat de dieren tussen hun veren en aan hun poten meenamen uit de scharrelruimte.

Tabel 6 Absolute (g/(aanwezige hen.dag)) en relatieve (% van totale faecesproductie) hoeveelheid mest die op de mestbanden terecht kwam in de drie volière-afdelingen.

Table 6 Absolute (g per hen per day) and relative (%) amount of faeces on the manure belts in three aviary systems.

Leeftijd hennen [weken]	Etage		Natura		Righs Boleg	
	absoluut	relatief	absoluut	relatief	absoluut	relatief
20	54,1	56	61,4	63	57,7	61
21	70,6	73	70,8	73	72,2	76
25	73,2	77	95,8	90	98,5	89
26	68,9	73	92,7	87	95,1	86
35	77,4	76	93,7	84	101,1	97
36	79,0	77	95,9	86	101,5	97
39	84,2	81	90,4	78	102,1	95

In tabel 7 is de samenstelling van de bandmest op verschillende tijdstippen vermeld. Het drogestofgehalte varieerde tussen ca. 320 en 400 g/kg. Het drogestofgehalte van de bandmest lag bij het Natuursysteem enigszins lager dan bij de andere systemen. Het stikstofgehalte lag rond 17,0 g/kg. Het ammoniakale stikstofgehalte lag tussen 2,5 en 3,5 g/kg.

Tabel 7 Samenstelling van de faeces op de mestbanden in de drie volière-afdelingen in g per kg mest en relatief (%) ten opzichte van de totale hoeveelheid stikstof.

Table 7 Composition of the faeces on the manure belts in three aviary systems (g/kg and %).

Datum	Leeftijd hennen [weken]	Dagen afdr. mestb.	Etage				Natura				Rights Boleg			
			d.s. g/kg	N _{tot} g/kg	NH ₄ ⁺ -N g/kg	NH ₄ ⁺ %	d.s. g/kg	N _{tot} g/kg	NH ₄ ⁺ -N g/kg	NH ₄ ⁺ %	d.s. g/kg	N _{tot} g/kg	NH ₄ ⁺ -N g/kg	NH ₄ ⁺ %
21/11/91	21	3	389	15,6	3,2	21	384	17,7	2,5	15	396	16,4	2,7	17
06/01/92	27	4	398	18,2	3,4	19	352	16,3	3,0	18	339	15,8	2,6	17
02/03/92	35	4	367	21,8	2,8	13	334	15,9	2,3	15	359	16,4	2,7	17
01/04/92	39	2	362	15,9	2,5	16	323	15,1	3,3	22	350	16,4	2,9	18
gemiddeld			379	17,9	3,0	17	348	16,3	2,8	18	361	16,3	2,7	17

Tabel 8 laat de resultaten van de strooiselanalyses zien. Het drogestofgehalte van het strooisel in de afdelingen varieerde tussen 592 en 887 g/kg. Het strooisel van het Etagesysteem had bij de tweede meting het laagste drogestofgehalte; voor het Natura- en het Rights Bolegsysteem was dit bij de eerste meting. Het totaalstikstofgehalte (N-Kjeldahl) lag tussen 20 en 30 g/kg en vertoonde bij het Natura- en het Rights Bolegsysteem een stijgende lijn vanaf de opzet van de hennen. Reeds kort na de strooiselvervanging op 20 februari was het stikstofgehalte bij beide weer op het niveau van voor de vervanging; bij het Rights Bolegsysteem steeg het tot ca. 30 g/kg. Het Etagesysteem had vóór strooiselvervanging een lager stikstofgehalte dan erna. De stikstofgehalten waren hier nagenoeg altijd lager dan bij de twee andere systemen. Het ammoniakale stikstofgehalte lag tussen 3 en 5 g/kg. Bij het Etagesysteem waren deze gehalten, evenals de relatieve ammoniumgehalten, vóór de strooiselvervanging lager dan erna; bij het Natura- en het Rights Bolegsysteem was het omgekeerde het geval.

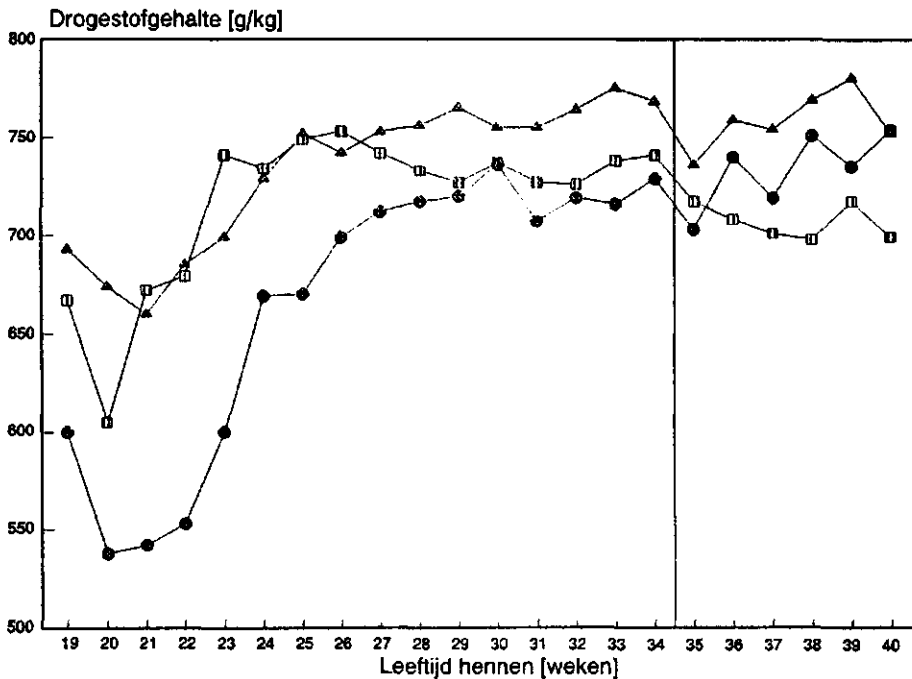
Tabel 8 Samenstelling van het strooisel in de drie volière-afdelingen in g/kg strooisel en relatief (%) ten opzichte van de totale hoeveelheid stikstof.

Table 8 Composition of the litter in three aviary systems (g/kg litter and %).

Datum	Leeftijd hennen [weken]	Etage				Natura				Rights Boleg			
		d.s. g/kg	N _{tot} g/kg	NH ₄ ⁺ -N g/kg	NH ₄ ⁺ %	d.s. g/kg	N _{tot} g/kg	NH ₄ ⁺ -N g/kg	NH ₄ ⁺ %	d.s. g/kg	N _{tot} g/kg	NH ₄ ⁺ -N g/kg	NH ₄ ⁺ %
21-11-91	21	823	21,9	3,8	17	592	20,5	4,1	20	743	23,4	4,6	20
06-01-92	27	696	20,7	3,2	15	726	25,0	5,0	20	877	27,6	4,9	18
02-03-92	35	846	24,0	4,6	19	887	26,5	4,2	16	864	27,1	3,8	14
01-04-92	39	833	23,4	4,1	18	877	26,9	3,5	13	834	30,1	3,8	13
gemiddeld		800	22,5	3,9	17	771	24,7	4,2	17	830	27,1	4,3	16

In figuur 8 is het verloop van het drogestofgehalte van het strooisel per systeem gegeven. Dit drogestofgehalte daalde in de eerste weken na het plaatsen van de dieren in de drie afdelingen aanzienlijk, om vervolgens asymptotisch te stijgen naar een min of meer stabiel niveau. Het strooisel van het Naturasysteem werd het vochtigst; de structuur van het strooisel veranderde van droog en rul in een vastgetrapte, dichte koek, en week daarmee gedurende een lange periode sterk af van het strooisel in het Etage- en het Righe Bolegsysteem. Het drogestofgehalte van het strooisel bij deze twee systemen bereikte op 25 weken leeftijd van de hennen een stabiel niveau, terwijl die van het Naturasysteem langzaam bleef stijgen tot het einde van de legperiode. Na de strooiselvervanging op 20 februari was wederom een afname van het drogestofgehalte waarneembaar; de daling was echter gering, maximaal 5%, ten opzichte van de daling bij opzet van de hennen. Op overeenkomstige tijdstippen lagen de drogestofgehalten van het strooisel uit tabel 8 (aangezuurde en ingevroren monsters) 0 tot 15% hoger dan de drogestofgehalten van het strooisel in figuur 8 (wekelijks geanalyseerde monsters).

De laagdikte van het strooisel nam in de drie afdelingen toe van enkele centimeters bij opzet van de hennen tot ca. 10-15 cm voor het strooiselverwijderen. De laagdikte van het nieuwe strooisel bedroeg wederom enkele centimeters.



Figuur 8 Het verloop van het drogestofgehalte van het strooisel in g/kg in de drie voliëre-afdelingen. De verticale lijn geeft het moment van strooiselvervanging aan.
 ■ = Etage, ● = Natura, ▲ = Righe Boleg.

Figure 8 The course of the dry matter content of the litter in g/kg in the three aviary systems. The vertical line indicates the moment of replacement of the litter.
 ■ = Etage, ● = Natura, ▲ = Righe Boleg.

4 Discussie

4.1 Ammoniakemissie

De gemiddelde emissie per periode uitgedrukt in grammen ammoniak per dierplaats per jaar gaf een redelijk beeld van de emissie per systeem in die periode. Het in dit onderzoek gebruikte statistisch model met het type volièresysteem en de toestand van het strooisel als verklarende variabelen gaf een goede beschrijving van de gevonden variatie in de ammoniakemissie. Omdat herhalingen van systemen over afdelingen en meerdere legronden ontbraken, mogen de conclusies van dit onderzoek echter niet zonder meer gegeneraliseerd worden. Bij normale strooiselomstandigheden was de voorspelde ammoniakemissie van het Etage- en het Naturasysteem, respectievelijk 93 en 96 g.dp⁻¹.jr⁻¹, ongeveer gelijk aan het niveau dat werd gemeten in een Etagestal met ca. 6500 dieren (90 g.dp⁻¹.jr⁻¹, Groot Koerkamp, 1992). De voorspelde emissie van het Rights Bolegsysteem was beduidend lager, n.l. 56 g.dp⁻¹.jr⁻¹. De emissies van de drie systemen lagen bij aanwezigheid van hennen nagenoeg altijd boven de waarde van 35 g.dp⁻¹.jr⁻¹, die voor batterijstallen met mestbanden wordt aangegeven in de Richtlijn Ammoniak en Veehouderij (1991). De emissies bij nat strooisel overtroffen het niveau dat werd gemeten in een Etagesysteem in de praktijk (130 g.dp⁻¹.jr⁻¹, Groot Koerkamp *et al.*, 1994).

De hoogste emissie van de drie systemen werd tijdens periode 1 aan het begin van de legronde gemeten. Dit werd veroorzaakt door de hoge ammoniakemissie uit het strooisel, wat in verband gebracht wordt met het lage drogestofgehalte van het strooisel. Het hogere drogestofgehalte van het strooisel van het Rights Bolegsysteem verklaarde de lagere emissies ten opzichte van de twee andere systemen, niet alleen tijdens periode 1, maar ook tijdens de andere perioden. Ondanks het feit dat het drogestofgehalte van het strooisel van het Naturasysteem een stuk lager was, was de gemeten emissie tijdens periode 1 het laagst. Blijkbaar was de vervluchtiging van ammoniak uit het dichtgeslagen strooisel minder dan uit rul strooisel met een enigszins hoger drogestofgehalte. Tevens bleek dat het strooien van haver het dichtslaan van het strooisel niet heeft kunnen voorkómen. De daling van het drogestofgehalte van de schone houtkrullen in de eerste weken na opzet van de dieren werd wellicht veroorzaakt door condensatie van vocht op de koude vloer en vochtopname door het strooisel als gevolg van de hoge relatieve luchtvochtigheid van zowel de buitenlucht als de stallucht in deze periode (Ouwkerk en Voermans, 1986). Dit wordt ondersteund door het feit dat na vervanging van het strooisel in de opgewarmde afdelingen de verlaging van het drogestofgehalte van de houtkrullen kortstondig en gering was ten opzichte van de daling na opzet van de hennen. Ook een verschillend diergedrag zou hierbij een rol kunnen spelen. De vochtbalans van het strooisel was in de drie afdelingen tijdens periode 1 in meer of mindere mate verstoord: de vochtverdamping bleef achter bij de vochtaanvoer in de faeces. Het is denkbaar dat de grotere gevoeligheid van het strooisel van het Naturasysteem voor minder gunstige omstandigheden voor de vochtbalans van het strooisel systeem-eigen is. Uit de metingen kon daar echter geen verklaring voor worden gegeven.

Strooiselvervanging leidde in de drie afdelingen tot ca. 50% reductie van de emissie. In die met het Rights Bolegsysteem, 29 g.dp⁻¹.jr⁻¹, daalde hij daarbij tot onder de norm voor

bandbatterijen ($35 \text{ g.dp}^{-1}.\text{jr}^{-1}$). De reductie was echter van korte duur. Enerzijds bleek hieruit dat een groot deel van de totale ammoniakemissie uit het strooisel afkomstig was, anderzijds bleek dat het strooisel weer snel vervuilde met mest.

De abrupte daling van de ammoniakemissie uit de drie afdelingen na het ruimen van de hennen werd veroorzaakt door de lage temperatuur in de afdelingen, het lage ventilatiedebiet (lage luchtsnelheden), de afwezigheid van dieractiviteit (scharrelen en stofbaden) en het wegvallen van de toevoer van faeces naar het strooisel. Welke factor de meeste invloed had op de emissie werd niet onderzocht.

Door verwijdering van de bandmest daalde de emissie uit de drie afdelingen nauwelijks. De variatie in de ammoniakemissie uit de drie afdelingen binnen meetperioden werd dus niet of nauwelijks verklaard door het afdraaien van de mestbanden. De emissie uit voliërestallen kan, evenals uit batterijstallen (Kroodsma *et al.*, 1989), worden verminderd door dagelijks in plaats van tweemaal per week de mestbanden af te draaien. Op basis van de resultaten van dit onderzoek wordt door het verhogen van de afdraaifrequentie van de mestbanden echter geen substantiële reductie van de emissie uit voliërestallen verwacht.

Het verschil in de resultaten van de drogestofbepalingen tussen aangezuurde en ingevroren monsters enerzijds en wekelijks geanalyseerde monsters anderzijds kon niet worden verklaard. Gezien de gehanteerde methode voor de laboratoriumanalyses van strooiselmonsters (aanzuren en invriezen) werd achteraf getwijfeld aan de resultaten van deze drogestofbepalingen. In hoeverre daarmee ook fouten in de bepaling van totaalstikstof en ammoniakale stikstof zijn gemaakt, was uit de waarnemingen niet af te leiden. De strooiselanalyses werden derhalve als indicatieve metingen beschouwd. De hogere ammoniakconcentraties in het strooisel tijdens het begin van de legperiode werden waarschijnlijk veroorzaakt door de stimulerende werking van de hogere vochtgehalten in het strooisel op de afbraak van urinezuur en onverteerde eiwitten. De lagere emissies bij het Natura- en het Rights Bolegsysteem na de strooiselvervangning werden waarschijnlijk mede veroorzaakt door de lagere ammoniakconcentraties in het strooisel ten opzichte van de concentraties vóór de vervangning. Bij het Etagesysteem was geen relatie tussen de ammoniakconcentraties in het strooisel en de emissie te herkennen.

Er bleek een positieve correlatie tussen de ammoniakconcentraties in de ventilatielucht en de emissies. Dat de emissie niet alleen door de ammoniakconcentratie, maar ook door het ventilatiedebiet werd bepaald, bleek uit periode 2. Hoewel in de drie afdelingen ongeveer dezelfde concentratie werd gemeten, was de emissie sterk verschillend. In hoeverre hogere debieten de vervluchtiging van ammoniak stimuleerden, was uit deze waarnemingen niet af te leiden. De hogere emissie per dierplaats bij het Naturasysteem was mede het gevolg van het geringe aantal dieren in deze afdeling ten opzichte van de twee andere afdelingen. Doordat de werkelijke faecesproduktie nog lager was dan die werd aangenomen, waren de waarden voor de relatieve mestproduktie aan het begin van de legperiode ook laag. De faecesproduktie nam in het begin van de legperiode nog toe. De hoge relatieve mestproduktie bij het Natura- en het Rights Bolegsysteem ten opzichte van het Etagesysteem was het gevolg van de laaggelegen onderste voeretage. Door de lage positie van de onderste etage namen de hennen meer strooisel uit de scharrel- en stofbadruimte mee wat werd uitgeschud boven het rooster. Daarnaast kwam bij het Etagesysteem meer faeces in het strooisel terecht omdat op het grotere scharrel-

oppervlak meer dieren verkeerden. Uit de waarnemingen kon echter niet worden afgeleid in welke verhouding de faeces over het strooisel en de mestband werd verdeeld en hoeveel strooisel door de hennen werd meegenomen naar de mestbanden. De indruk bestond dat de verdeling van de faeces over het strooisel en de mestbanden een grote invloed had op de waterstromen naar en uit het strooisel en afhankelijk was van het type voliëresysteem en het diergedrag. In deze proef kon echter geen relatie worden gelegd tussen één of meerdere karakteristieken van de drie verschillende systemen enerzijds en de vochtbalans van het strooisel en/of de ammoniakemissie anderzijds.

Door mestbanddroging kan het drogestofgehalte van verse faeces (200-250 g/kg) worden verhoogd tot minimaal 400 g/kg (Kroodsma *et al.*, 1989). Het drogestofgehalte van de bandmest in de voliëresystemen was derhalve hoog in vergelijking met mest op banden zonder droging. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door een hoger drogestofgehalte van verse faeces, bijmenging met strooisel en vermorst voer of een grotere vochtverdamping. De grotere vochtverdamping uit bandmest in voliërestallen ten opzichte van batterijstallen leek de belangrijkste oorzaak en zou een gevolg kunnen zijn van de hogere lucht-beweging over de mest door de open structuur van de etages en de vrije beweging van de dieren. Uit de waarnemingen was niet af te leiden welke factor de meeste invloed had. Het doorgaans iets lagere drogestofgehalte van de bandmest bij het Naturesysteem werd onder andere veroorzaakt door lekkage van de drinknippels die niet waren voorzien van lekbakjes; dit zou tevens het hogere waterverbruik kunnen verklaren.

4.2 Klimaat

Uit tabel 5 en de figuren 5 tot en met 7 bleek dat de temperaturen in de drie afdelingen gedurende periode 1 het laagst waren. Dit werd veroorzaakt door te hoge ventilatie-debietten bij de gegeven buitentemperaturen. De minimumventilatie-debietten waren te hoog ingesteld. Na periode 1 werden deze verlaagd. Na periode 1 lagen de temperaturen bij het Etage- en het Rights Bolegsysteem ca. 2 °C hoger dan de ingestelde waarde. Een verklaring voor deze temperatuurafwijking was het feit dat de sensor voor de klimaatregeling aan de rand van de dierruimte hing. Door de beperkte verspreiding van de door de dieren geproduceerde warmte werden daar lagere temperaturen geregistreerd dan bij de meetsensor midden in de afdeling. Het ventilatie-debiet in de afdelingen was daardoor te laag. De temperatuur bij het Naturesysteem was na periode 1 hoger, maar bereikte niet de ingestelde waarde. De hoge ventilatie-debietten die dit veroorzaakten waren het gevolg van een hogere temperatuur bij de klimaatsensor ten opzichte van de meetsensor. De temperatuur bij de klimaatsensor werd verhoogd door de warmte-uitstraling van de gaskap. De klimaatregeling corrigeerde dit door het ventilatie-debiet te verhogen. Hierdoor was de temperatuur midden in de afdeling lager dan gewenst.

De buitentemperatuur verklaarde slechts een klein deel van de variatie in het ventilatie-debiet bij het Etagesysteem ($R^2 = 23\%$). Hieruit valt op te maken dat de ventilatieregeling, en daarmee de klimaatregeling niet in orde was. Voor de afwijkende klimaatregeling bij het Etagesysteem ten opzicht van het Natura- en het Rights Bolegsysteem kon geen verklaring worden gegeven. De ernstige verstoring van de klimaatregeling bij het Naturesysteem door de warmteproductie van de gaskap was blijkbaar wel systematisch.

Naast deze verstoringen van de klimaatregeling leek ook het aantal dieren per systeem, en dus de totale dierlijke warmteproductie, grote invloed te hebben op de temperatuur. De staltemperatuur steeg met het aantal dieren in de afdeling: Natura (806 dieren), Rights Boleg (995 dieren), Etage (1056 dieren).

Tenslotte moet opgemerkt worden dat de dierruimte slechts een relatief klein deel van de afdeling in beslag nam. Verder was de breedte van de serviceruimten aan de voorkant niet voor alle afdelingen gelijk. De door de dieren geproduceerde warmte kon dus over de gehele afdeling verspreid worden. Hoe en in welke mate de lege ruimten aan voor- en achterzijde de klimaatregeling in werkelijkheid hebben verstoord was uit de waarnemingen niet af te leiden.

De klimaatregeling in de drie afdelingen was verstoord door de verkeerde plaatsing van zowel klimaatsensoren als een gaskap en door de vrije luchtbeweging tussen dierruimten en serviceruimten. Deze onvolkomenheden werden pas na afloop van de proef verholpen. De klimaatgegevens van deze proef zijn derhalve niet representatief voor de drie afdelingen. De invloed van de klimaatafwijkingen, die in deze proef optraden, op de ammoniakemissie was echter beperkt. In een volgende proef bij een goede klimaatbeheersing vertoonde de ammoniakemissie uit de drie afdelingen een soortgelijke variatie en lag globaal op hetzelfde niveau (Groot Koerkamp, niet gepubliceerde gegevens, 1994).

5 Conclusies

De ammoniakemissie bij tweemaal per week afdraaien van de mestbanden en normale strooiselomstandigheden bedroeg bij het Etage-, het Natura- en het Righs Bolegsysteem respectievelijk 93, 96 en 56 g per dierplaats per jaar. De emissie bij het Righs Bolegsysteem was significant lager dan bij de twee andere systemen. Deze lagere emissie kon niet worden verklaard uit verschillen in systeemeigenschappen. De ammoniakemissie lag bij alle drie boven de norm van $35 \text{ g.dp}^{-1}.\text{jr}^{-1}$ voor leghennen gehuisvest in batterijstallen met mestbanden.

Vervangen van strooisel door schone houtkrullen reduceerde de emissie uit de drie afdelingen met ca. 50% gedurende de eerste weken na de vervanging. Herhaald toepassen hiervan is noodzakelijk om de emissie duurzaam te verminderen.

Onder normale omstandigheden lag het drogestofgehalte van het strooisel tussen 700 en 780 g/kg. Door een verstoorde vochtbalans aan het begin van de legronde daalde het drogestofgehalte hieronder. De ammoniakemissie uit de drie afdelingen steeg bij deze lagere drogestofgehalten tot $200 \text{ g.dp}^{-1}.\text{jr}^{-1}$.

De ammoniakemissie uit strooisel in voliërestallen lijkt direct of indirect afhankelijk van de het type voliëresysteem, het staklimaat en de strooiseigenschappen.

Summary

Ammonia emissions from husbandry systems in the Netherlands must be reduced by at least 50% in the year 2000 compared with 1984. During 4 periods of approximately 14 days each, the ammonia emission from three aviary houses for laying hens up to 40 weeks of age was measured. In the Tiered-Wire Floor (TWF), the Natura and the Righs-Boleg systems were 1056, 806 and 995 hens, respectively, housed. All systems were equipped with wire floors, an automatic feed and drinking installation, laying nests and a litter area on the floor. Air from outside entered the systems through ducts along the systems and was removed per system by a ventilator in the ceiling. Wood chips were used as litter material at the start of the laying period. The faeces on the manure belts beneath the wire floors were removed twice a week. The dry matter content and concentrations of nitrogen and ammonium in the litter and the manure on the belts were analysed regularly. The amount of faeces removed by the manure belts was also measured.

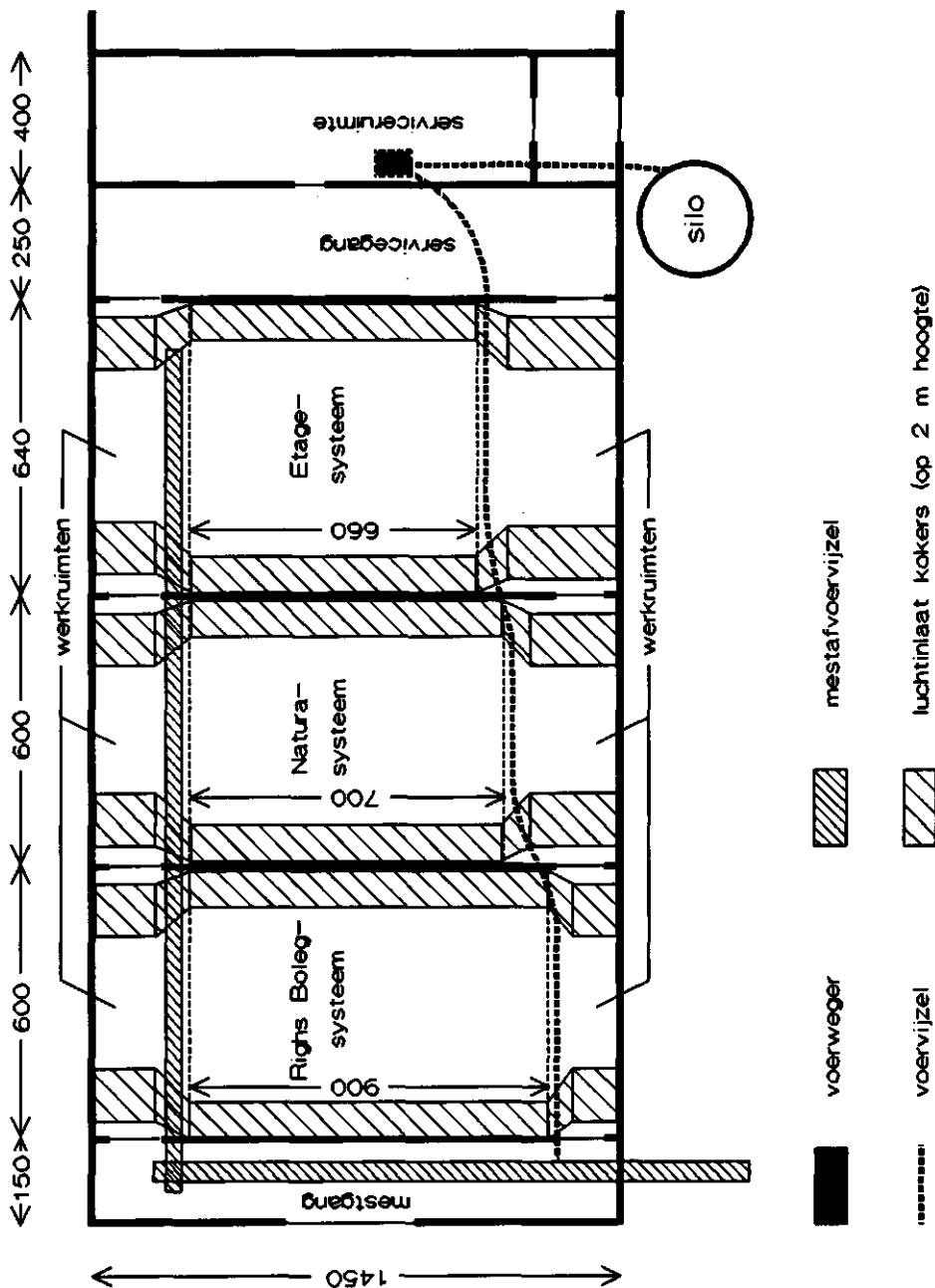
The emission level from the TWF, the Natura and the Righs-Boleg system under normal litter conditions amounted to 93, 96 and 56 g NH₃ per hen per year, respectively. Replacement of the litter reduced the emission temporarily by approx. 50% for the three systems. Emissions from all systems rose to approximately 200 g NH₃ per hen per year at the start of the laying period, caused by dry matter contents of the litter which dropped below 70%. The dry matter content of the litter was normally between 70 and 78%. Total nitrogen and total ammoniacal nitrogen concentrations in the litter were between 20 and 30 g/kg and between 3.2 and 5.0 g/kg, respectively. The amounts of manure on the belts in the TWF, the Natura and the Righs-Boleg systems were 77, 85 and 93%, respectively, of the total amount of excreta. The low position of the first wire floor in the Natura and Righs Boleg systems helped the hens to transport more litter to the manure belts than the hens in the TWF system. The climatic conditions in the three systems were more or less disturbed by several causes. The effects of these climatic deviations, however, on the ammonia emission seemed negligible. The ammonia emission from the three systems was higher than the normative emission from battery houses with manure belts, being 35 g NH₃ per hen per year. Except for the start of the laying period, the ammonia emission was equal to or lower than the ammonia emission from other TWF systems, which was 90 and 130 g NH₃ per hen per year.

Literatuur

- Bloem, L.J., W.A. Evers en P.I. Haartsen, 1986. Handboek voor de pluimveehouderij, Beekbergen, CAD pluimveehouderij, 366 pp
- Ehlhardt, D.A., A.M.J. Donkers and W. Hiskemuller, 1989. Efficiency of the Tiered Wire Floor (TWF) aviary as a housing system for laying hens, compared to cages. In: Land and Water Use, Dodd and Grace (Eds.), p. 1015-1019
- Groot Koerkamp, P.W.G., 1992. Uit etagestal ontsnapt drie keer zoveel ammoniak. Pluimveehouderij 22 (februari), p. 10-11
- Groot Koerkamp, P.W.G. en T. de Haan, 1990. Naar stallen met beperkte ammoniakuitstoot. deel 4: Pluimvee. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Dienst Landbouwkundig Onderzoek, September 1990, 111 pp
- Groot Koerkamp, P.W.G., W. Kroodsma en J.H. van Middelkoop, 1994. Hoofdstuk 3: Huisvesting, mestbehandeling en mestopslag. In: J.H. van Middelkoop (Ed.), Naar veehouderij en milieu in balans - 10 jaar FOMA onderzoek, deel pluimvee, 4 oktober 1994.
- Hey en Schneider, 1991. Dutch priority programme on acidification. Final report second phase Dutch priority programme on acidification. RIVM rapport nr. 200-09, Bilthoven, p. 24
- Kroodsma, W., W. Brunnekreef en D.A. Ehlhardt, 1989. Mogelijkheden voor mestbehandeling en vermindering van de NH₃-emissie op pluimveebedrijven. In: Perspectieven voor de aanpak van de mest- en ammoniakproblematiek op bedrijfsniveau (Jongebreur, A.A. en Monteny, G.J.; eds), Proceedings themadag 30 mei 1989 te Ede, DLO, Wageningen, p. 13-38
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993. Tweede Kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravehage, 55 pp.
- Oudendag, D.A. en J.H.M. Wijnands, 1989. Beperking van de ammoniakemissie uit dierlijke mest. Een verkenning van mogelijkheden en kosten. LEI-DLO, Den Haag, Onderzoekverslag, 56 pp
- Ouwerkerk, E.N.J., van, (ed.), 1993. Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. DLO, Wageningen, 178 pp
- Ouwerkerk, E.N.J., van en J.A.M. Voermans, 1986. The effect of insulating broiler house floors on odour emission. In: Odour prevention and control of organic sludge and livestock farming (Nielsen, V.C., J.H. Voorburg en P. L'Hermite; eds), Londen, Elsevier Applied Science, p. 175-180
- Richtlijn Ammoniak en Veehouderij, 1991. Richtlijn in het kader van de Hinderwet. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer, Den Haag, p. 24-26
- Winkel, K., de, 1988. Ammoniak-emissiefactoren voor de veehouderij. Publicatiereeks Lucht 76, Ministerie van VROM, Den Haag, 60 pp

Bijlagen

Bijlage A Plattegrond van de proefstal met de drie afdelingen (maten in cm).



Bijlage B Kentallen van de drie voliëresystemen.

	Etage	Natura	Rijhs Boleg
aantal hennen opgezet	1056	806	995
stalvloeroppervlak (lxb) (cm)	660 x 640	700 x 600	900 x 600
stalvloeroppervlak (m ²)	42,2	42,0	54,0
strooiseloppervlak (m ²)	42,2	21,0	35,3
roostersamenstelling	2 voeretages 1 rustetage (met zitstok)	2 voeretages 1 rustetage (met zitstok)	2 etages aanvliegplateau 9 zitstokken $9 \times 9 \text{ m} \times 3 \text{ hen/m} = 243 \text{ hen} + 10 = 24,3 (1000 \text{ cm}^2/\text{hen} = > 1 \text{ hen} = 30 \times 33,3 \text{ cm} = > 3 \text{ per m})$
roosteroppervlak (m ²)	65,3	59,6	64,2
totaal loopoppervlak (m ²)	107,5	80,6	99,5
hen/m ² stalvloeroppervlak	25,0	19,2	18,4
hen/m ² strooiseloppervlak	25,0	38,4	28,2
hen/m ² roosteroppervlak	16,2	13,5	15,5
hen/m ² totaaloppervlak	9,8	10,0	10,0
oppervlakte per hen (cm ²)	1018	1000	1000
verhouding strooisel/rooster	39 : 61	26 : 74	35 : 65
strooisel (kg/m ²)	2	2	2
aantal legnesten	120	144	120
aantal hennen/legnest	8,3	5,6	8,3
zitstokken	10 zitstokken 6 aanviegst. legnest 6 aanviegst. etage	8 zitstokken 4 aanviegst. legnest 6 aanviegst. etage	9 zitstokken
zitstoklengte (m)	184,8	140,0	117,0
aantal hennen per meter	5,7	5,7	8,5
zitstoklengte per hen (cm)	17,5	17,4	11,8
type voerlijn	pannen	ketting	ketting
merk voermachine	ROXELL	Big Dutchman	LACO
aantal eenheden (pannen of m)	28	54,8 (dubbelzijdig)	35,5 (dubbelzijdig)
aantal hennen/eenheid	37,7	14,7	28,0
eetlengte/hen (cm)	2,8	13,6	7,1
type drinksysteem	nippels	nippels	nippels
morsbakjes	ja	nee	ja
aantal nippels	100	126	142
aantal hennen per eenheid	10,6	6,4	7,0
ventilatiecapaciteit (m ³ /h)	4500	4500	4500
lichtsysteem	gloeilamp	gloeilamp	gloeilamp
aantal watt	960	960	800

Bijlage C Instellingen van de minimumventilatie (%).

Ingangsdatum	Etage	Natura	Rights Boleg
5 november 1991	15	10	15
10 november 1991	15	15	15
12 november 1991	20	20	20
18 november 1991	30	30	30
19 november 1991	20	20	20
17 december 1991	20	15	20
14 februari 1992	15	15	15
23 maart 1992	15	15	15

Bijlage D Samenstelling van het leghennenvoer.

Samenstellingen naar grondstoffen (%)

maïs	51,17
maïsglutenvoer	13,9
dierlijk vet	3,0
sojaschroot 49% r.e.	3,5
luzernepellets	3,0
diermeel, vetrijk	3,6
haringmeel	2,0
D1-methionine	0,1
mineralen COVP	2,0
krijt	2,7
grit	4,5
vitaminen F5P	0,5
getoaste sojabonen	10,0
zinkbacitracine	0,03
	<hr/>
Totaal	100,00

Berekende voederwaarde

OE kcal/kg	2850
OE MJ/kg	11,93

Samenstelling naar inhoud (%)

ruw eiwit (R.E.)	16,8
waarvan: lysine	0,83
verteerbare lysine	0,66
methionine + cystine	0,71
verteerbare methionine + cystine	0,58
ruw vet (R.V.)	8,4
waarvan: linolzuur	2,5
ruwe celstof (R.C.)	3,5
as (R.A.)	12,3
waarvan: calcium	3,65
fosfor	0,62
beschikbare fosfor	0,39
overige koolhydraten excl. R.C.	59,0
	<hr/>
Totaal	100,00

Rapportenoverzicht 1994

- 94-1 Bleijenberg, R. en J.P.M. Ploegaert, 1994 – Handleiding voor de IMAG-DLO meetmethode ter bepaling van ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 77 pp. f 40,00
- 94-2 Hendriks, J.G.L. en J.F.M. Huijsmans 1994 – Trekkraftbehoefte van sleepvoeten en zodebemestertechnieken op grasland.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 44 pp. f 35,00
- 94-3 Elderen, E. van en G.H. Kroeze, 1994 – Operational decision making for arable and grassland farms.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 74 pp f 35,00
- 14-4 Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsma, W. en W.J. de Boer 1994 – Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van een hellende betonvloer.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp f 30,00
- 94-5 Arts, W.B.M., Verwijs, B.R. en J. van Maanen, 1994 – De invloed van berijding op de fysische bodemconditie van zandgrond en de gevolgen daarvan voor de grasproductie.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 69 pp. f 35,00
- 94-6 Boer, W.J. de, Keen, A. en G.J. Monteny, 1994 – Het effect van spoelen op de ammoniakemissie uit melkveestallen. Het schatten van behandelingseffecten en nauwkeurigheden door tijdreeksanalyse.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 32 pp. f 30
- 94-7 Huis in 't Veld, J.W.H., Boer, W.J. de en W. Kroodsma, 1994 – Ammoniakemissiereductie door spoelen van een hellende, gecoate betonvloer in een rundveestal.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 25 pp. f 30,00
- 94-8 Breemhaar, H.G. en A. Bouman, 1994 – Mechanische oogst en schoning van nieuwe oliehoudende gewassen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 30,00
- 94-9 Breuer, J.J.G. en N.J. van de Braak, 1994 – Een statisch en dynamisch simulatiemodel voor klimaatprocessen en energiestromen in kassen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 60 pp. f 40,00
- 94-10 Breuer, J.J.G. en N.J. van de Braak, 1994 – Effect van grondbuiskoeling en indirecte verdampingskoeling op de ventilatie in kassen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 29 pp. f 30,00
- 94-11 Lokhorst, C., Smits, A.C., Niekerk, Th. van en A.M. van de Weerdhof, 1994 – Programma van eisen voor de inrichting van volièrestallen voor leghennen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 51 pp. f 30,00
- 94-12 Straelen, B.C.P.M. van, 1994 – Remsystemen voor landbouwwagens.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 65 pp. f 30,00
- 94-13 Swierstra, D., Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsma, W. en M.C.J. Smits, 1994 – Ammoniakemissie en stroefheid van roostervloeren en dichte vloeren in ligboxenstallen voor rundvee.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 30,00
- 94-15 Boer, W.J. de en N.W.M. Ogink, 1994. – Het effect van ventilatie en temperatuur op de ammoniakemissie uit een rundveestal : het schatten van behandelings-

- effecten en nauwkeurigheden door tijdreeksanalyse.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 31 pp. f 30,00
- 94-16 Ketelaar-de Lauwere, C.C. en E. Benders, 1994. – De invloed van het additioneel verstrekken van krachtvoer in de selectiebox en het melken op de bezoeken van koeien aan het automatisch melksysteem.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 30,00
- 94-17 Top, M. van den, Akkermans, R. en H.H.E. Oude Vrielink, 1994. – Ergonomische knelpunten van voliëre- en legbatterijhuisvestingssystemen voor leghennen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 42 pp. f 40,00
- 94-18 Burgers, B.C.H., Dieën, J.H. van en H.M. Toussaint, 1994 – Arbeidsongeschiktheid in de agrarische sector in Nederland.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 72 pp. f 45,00
- 94-19 Porskamp, H.A.J., Michielsen, J.M.G.P. en J.F.M. Huijsmans, 1994 – Emissie- beperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1992) : onderzoek depositie en emissie van gewasbeschermingsmiddelen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f 40,00
- 94-20 Braak, N.J. van de en P. Knies, 1994 – Onderzoek naar de invloed van schermtoepassing op energieverbruik en relatieve vochtigheid in kassen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 42 pp. f 35,00
- 94-21 Uenk, G.H., Monteny, G.J., Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink, 1994. – Praktijk- onderzoek naar het drogen van leghennenmest in een droogtunnel en het effect op de ammoniak-, geur- en stofemissie.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 31 pp. f 30,00
- 94-22 Bruins, M.A., Kroodsmma, W. en R. Scholtens, 1994 – Ammoniak- en geuremissie uit een gesloten opslag voor voorgedroogde leghennenmest: een oriënterend onderzoek.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 31 pp. f 30,00
- 94-23 Porskamp, H.A.J., Michielsen, J.M.G.P. en J.F.M. Huijsmans, 1994 – Emissie- beperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1993) : onderzoek emissie van gewasbeschermingsmiddelen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 31 pp. f 40,00
- 94-24 Zwart, H.F. de en J.P.G. Huijs, 1994 – Optimale bufferafmeting bij assimilatie- belichting met WKK in eilandbedrijf.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 46 pp. f 40,00
- 94-25 Frénay, J.W., Straman, J.P. and C.R. Braam, 1994 – Circular prefabricated concrete tanks.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 60 pp. f 45,00
- 94-26 Smits, A.C., Plomp, M. en S.A. Goedegebuure, 1995 – Vergelijking van gedrag, produktie en gezondheid van vleesstieren gehouden op betonnen en op met rubber beklede roostervloeren
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 45 pp. f 35,00
- 94-27 Maeyer, E.A.A. de en W. Huisman, 1995 – Oogst- en conserveringstechniek van vezelhennep.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 134 pp. f 45,00
- 94-28 Groot Koerkamp, P.W.G. en H. Montsma, 1995 – De ammoniakemissie uit een voliërestal met het multifloorsysteem en een mestdroogtunnel.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f 40,00

- 94-29 Porskamp, H.A.J., Michielsen, J.M.P.G en J.F.M. Huijsmans, 1994 – De invloed van een windhaag op emissies bij fruitteeltspuiten.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 27 pp. f 30,00
- 94-30 Ouwerkerk, E.N.J. van en P. Knies, 1995 – Energieverbruik en mogelijkheden van energiebesparing op verwarming en ventilatie in de intensieve veehouderij.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 77 pp. f 40,00
- 94-31 Groot Koerkamp, P.W.G. en R. Bleijenberg, 1995 – De ammoniakemissie uit drie typen volièrestallen voor leghennen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 33 pp. f 35,00
- 94-32 Ouwerkerk, E.N.J. van en A.J.A. Aarnink, 1995 – Gasproductie in vleesvarkensstallen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f 30,00
- 94-34 Elzing, A., Commissaris, A.C.H.M., Oosthoek, J. en C.M. Groenestein, 1995 – De urease-activiteit en de ammoniakemissie in varkensstallen met een mestschuifstelsel onder de roostervloer.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 46 pp. f 30,00
- 94-36 J.P.G. Huijs, J.P.G. en P. Knies, 1995 – Warmtekrachtkoppeling geëxploiteerd door glastuinders; energetische en economische effecten.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 46 pp. f 40,00

De rapporten kunt u schriftelijk bestellen door overmaking van het genoemde bedrag op Postbanknummer 3514771 ten name van IMAG-DLO te Wageningen, onder vermelding van het rapportnummer.

Reports must be ordered by transferring the appropriate amount (in Dutch Guilders) to the IMAG-DLO account, no. 3514771, at the Postbank, Wageningen, quoting the relevant report number(s)