

Dienst Landbouwkundig Onderzoek  
Instituut voor Milieu- en Agritechniek

## Vermindering ammoniak- emissie uit een ligboxenstal door spoelen van een hellende betonvloer

*Reduction of ammonia emission from a  
cubicle house by flushing an inclined concrete  
floor*

Ing. J.W.H. Huis in 't Veld  
Ing. W. Kroodsmā  
Ir. W.J. de Boer

imag-dlo



rapport 94-4  
februari 1994  
prijs f 30,-

598721

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

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

Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van een hellende betonvloer = Reduction of ammonia emission from a cubicle house by flushing an inclined concrete floor / J.W.H. Huis in 't Veld, W. Kroodsmā, W.J. de Boer. – Wageningen : IMAG-DLO. – III. (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek ; 94-4)

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

ISBN 90-5406-074-3

NUGI 849

Trefw.: ammoniakemissie ; ligboxenstallen.

© 1994

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

Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsma, W. and W.J. de Boer. Reduction of ammonia emission from a cubicle house by flushing an inclined concrete floor. DLO Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Wageningen, February 1994, 24 pp. NL

This report presents an investigation into the reduction of ammonia emission from a cubicle house by flushing with water over an inclined, concrete floor with a urine gutter in the middle. Ammonia emission was measured by constantly monitoring of the ventilation rate and the ammonia concentration in the exhaust air. Two different types of flushing variants were investigated. Flushing resulted in significant emission reduction. Compared to periods without flushing, the ammonia emission was reduced by approx. 34% using a daily amount of 50 l flushing water per cow and by approx. 14% by the use of 28 l flushing water per cow per day.

Key words: ammonia emission, cubicle house, dairy cows, flushing, inclined concrete floors

## Voorwoord

Om te kunnen voldoen aan de door de overheid gestelde eisen ten aanzien van de reductie van de ammoniakemissie wordt, naast emissie-arme mesttoediening en mestopslag, onderzoek gedaan naar de beperking van de ammoniakemissie uit stallen. Belangrijke bronnen voor de emissie uit stallen zijn de mestopslag en de meer of minder bevuilde vloeroppervlakten. In dit rapport is het onderzoek beschreven om de stalvloeren regelmatig te reinigen door te spoelen. Het onderzoek is uitgevoerd op het melkvee-proefbedrijf 'De Vijf Roeden' te Duiven. Het principe van het regelmatig reinigen van de stalvloeren heeft, gezien de onderzoekresultaten, perspectieven. Het onderzoek, waarin is samengewerkt met De Boer Stalinrichtingen, is financieel gestimuleerd door het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA).

Ir. A.A. Jongebreur  
directeur

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	6
<b>1 Inleiding</b>	7
<b>2 Materiaal en methode</b>	8
2.1 Proefaccomodatie	8
2.2 Spoelinstallatie	9
2.3 Metingen en waarnemingen	10
2.4 Model	11
2.5 Logaritmische modellen	13
<b>3 Resultaten en discussie</b>	14
3.1 Ammoniakemissie: schattingen en toetsresultaten	14
3.2 Spoelwaterverbruik	16
3.3 Technisch functioneren	16
<b>4 Conclusies</b>	18
<b>Summary</b>	19
<b>Literatuur</b>	20
<b>Bijlage</b>	21

## Samenvatting

In de stalperiode 1990-1991 is in een mechanisch geventileerde rundveestal, waarin 34 melkkoeien waren gehuisvest, onderzoek uitgevoerd naar de invloed op de ammoniakemissie van spoelen over een hellende betonvloer met giergoot.

De stal was ingericht als een 1+1-rijige ligboxenstal. De loopgangen voor de dieren waren uitgevoerd als een dichte, hellende (2%) betonvloer, waardoor de mestkelder grotendeels werd afgesloten. In het midden was een giergoot aangebracht waardoor de urine direct naar de ondergelegen mestkelder werd afgevoerd.

Met een spoelinstallatie, waarvan de spoelleidingen zich aan weerszijden van de loopgangen bevonden, werd de vloer eenmaal per twee uur gespoeld, nadat de mest met een schuif was verwijderd.

De ammoniakemissie, een aantal klimaatsvariabelen en het waterverbruik werden gemeten bij twee verschillende spoelvarianten. Deze werden gekenmerkt door vier variabelen, die op verschillende niveaus konden worden ingesteld, te weten: de waterdruk, de spoeltijd, de frequentie waarmee gespoeld werd en de nippeldiameter.

De hoogste emissiereductie bedroeg 34% t.o.v. een situatie zonder spoelen bij een spoeldruk van 60 kPa, een spoeltijd van 2 seconden en een nippeldiameter van 5 mm. Per dag werd 50 l water per koe verbruikt. Er werd geen indicatie gevonden dat de schuiffrequentie van invloed is op de emissie.

Bij de andere instelling werd gespoeld met een druk van 150 kPa, een spoeltijd van 4 seconden en een nippeldoorsnede van 3 mm. Het spoelwaterverbruik bij deze instelling was 28 l/koe.dag. De emissiereductie bedroeg 14% t.o.v. de situatie zonder spoelen.

# 1 Inleiding

De emissie van ammoniak, vooral afkomstig uit de landbouw, levert een grote bijdrage aan de verzuring van het milieu. De ammoniakemissie vanuit de rundveehouderij is naar schatting 55% van het nationale niveau (Hey en Schneider, 1991). De doelstelling van de overheid is om voor het jaar 2000, indien technisch en economisch haalbaar, een vermindering van de ammoniakemissie te realiseren van 50-70% ten opzichte van 1980. Het bereiken van deze doelstelling zal ondermeer afhankelijk zijn van het beschikbaar komen van emissie-arme stalsystemen.

Ammoniak wordt gevormd door omzetting van stikstofhoudende verbindingen (m.n. ureum) in de urine. Het omzettingsproces wordt bevorderd door enzymen. Het enzym dat de omzetting van ureum versnelt is het in faeces aanwezige urease. Het samenbrengen van faeces en urine werkt emissie-bevorderend (Groot Koerkamp *et al.*, 1990).

Op IMAG-DLO proefbedrijf 'De Vijf Roeden' is een ligboxenstal ingericht voor onderzoek naar de vermindering van de ammoniakemissie door mestbehandeling en bouwtechnische aanpassingen.

In het stalseizoen 1988/1989 was de stal voorzien van een roostervloer met mestkelder. In de stal bevonden zich 40 melkkoeien. Tijdens de stalperiode werd gemiddeld 1 kg ammoniak per dier per maand geëmitteerd (Kroodsma *et al.*, 1993).

In de stalperiode 1989/1990 werd het effect van het spoelen van water over roosters op de ammoniakemissie onderzocht. De reducties die met verschillende spoelvarianten in vergelijking tot het vorig stalseizoen werden bereikt, lagen tussen de 20% en 70% (Huis in 't Veld *et al.*, 1993). Jaarinvloeden kunnen hierbij overigens mede oorzaak zijn van de omvang van de gemeten effecten.

In dit rapport wordt de derde proefperiode beschreven, waarin de roostervloer vervangen is door een hellende betonvloer met een giergoot in het midden. Met deze vloeruitvoering wordt de mestkelder grotendeels afgesloten en wordt de urine direct naar de onderliggende kelder afgevoerd.

Emissiemetingen met een Lindvalldoos in praktijkstallen toonden aan dat het mogelijk is met dit vloersysteem de emissie te reduceren (Kant *et al.*, 1992). Simulatoronderzoek liet zien dat een hellende betonvloer, 15 uur na bevuilding, 35% minder ammoniak emitteerde dan een standaardroostervloer (Elzing *et al.*, 1992). De verwachting is dat door een combinatie van een hellende betonvloer en spoelen met water een aanzienlijke reductie van de ammoniakemissie kan worden verkregen.

Naast stalinrichting en mestbehandeling wordt het ammoniakemissieproces beïnvloed door omgevingsvariabelen, waarvan vooral de staltemperatuur belangrijk is (De Boer, 1993). Het emissieniveau in de stal varieert in de tijd als gevolg van de variabiliteit in deze omgevingsvariabelen. Het is van belang de invloed van deze variabelen op het emissieproces vast te stellen, zodat de emissie op een bepaald moment te voorspellen is. Van de toevalseffecten, die een gevolg zijn van onbekende variatiebronnen, is bekend dat de invloed niet tot het moment zelf beperkt blijft, maar enige tijd kan doorwerken. Tijdreeksanalyse is dan de geëigende techniek om dergelijke data te analyseren. Deze techniek is toegepast op de gegevens uit het in dit rapport beschreven onderzoek. Dit levert schattingen van de stalemissie op met bijbehorende nauwkeurigheid.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Proefaccomodatie

Het onderzoek vond plaats in een mechanisch geventileerde 1+1-rijige ligboxenstal. In tegenstelling tot voorgaande meetperioden waren geen 40, maar 34 melkkoeien van het zwart-bonte HF \* FH-ras in de ligboxenstal gehuisvest. Om de meetomstandigheden zoveel mogelijk aan voorgaande omstandigheden gelijk te houden werden de stalinhoud, het loopoppervlak en de ventilatie van de stal proportioneel aangepast aan het verminderde aantal dieren.

Aan weerszijden van de centrale voergang bevond zich een ligboxenrij voor 17 koeien en een krachtvoerbox.

De dieren werden gevoerd met een ruwvoermengsel dat bestond uit 65% gras- en 35% snijmaïskuil. Het mengsel was ad libitum beschikbaar. Middels twee drinkbakken werd in de waterbehoefte voorzien.

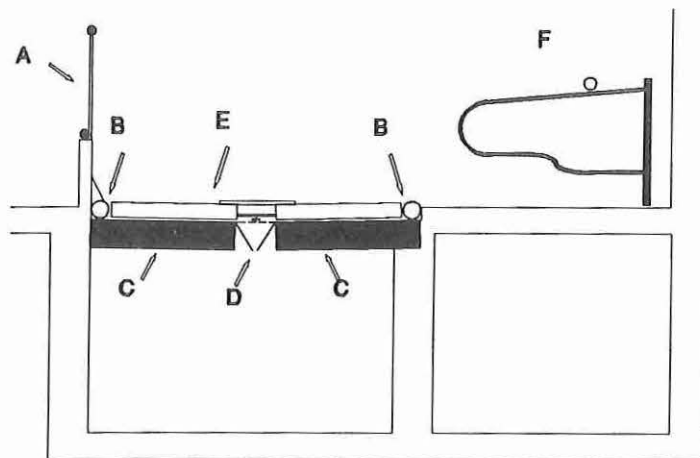
Het krachtvoer werd verstrekt in de krachtvoerboxen. De dagelijkse gift varieerde tussen 0 en 12 kg/dier en was afgestemd op de individuele melkproductie van de dieren.

Het melken vond plaats om ca. 6.00 en ca. 16.00 uur. Ieder dier kon na het melken direct terugkeren naar de ligboxenstal. De dieren van de ene stalhelft werden pas naar de wachtruimte geleid en gemolken wanneer alle dieren van de andere stalhelft weer terug in de stal waren. De toegang naar de stal was tijdens melkperioden voorzien van plastic slabben om het luchttransport tussen de melkruimten en de ligboxenstal zoveel mogelijk te voorkomen.

In de nok van de stal waren 3 Fancom-axiaalventilatoren van het type FM 1450 aangebracht. De ventilatoren hadden een diameter van 50 cm en waren traploos regelbaar. De maximale capaciteit van de ventilatoren bedroeg ca. 23.000 m<sup>3</sup>/uur. De regeling van het ventilatiedebiet vond plaats binnen een staltemperatuurtraject van 8 tot 18 °C. Bij een staltemperatuur van 8 °C of lager draaiden de stalventilatoren op 25% van hun capaciteit, hetgeen overeenkwam met een ventilatiedebiet van ca. 173 m<sup>3</sup>/koe per uur. Bij 18 °C en hoger werd er op 85% van de maximale capaciteit geventileerd, hetgeen overeenkwam met een ventilatiedebiet van ca. 575 m<sup>3</sup>/koe per uur. Ook de stand van de inlaatkleppen werd automatisch geregeld aan de hand van de staltemperatuur.

De 3 m brede loopgang tussen het voerhek en de ligboxenrij bestond uit naar het midden hellende, prefab-betonplaten (betonkwaliteit B45). De naden tussen de tegen elkaar gelegde platen waren opgevuld met krimprijke gietmortel. Het hellingspercentage van de vloer bedroeg 2%. In het midden was een giergoot van ca. 38 cm breedte aangebracht die was afgedekt met een metalen rooster. In het midden van het rooster was een verdiept U-profiel gemonteerd waarin de ketting van de mestschuif lag. Onder het rooster was over de gehele stallengte een metalen trechter aangebracht met aan de onderzijde een opening van ca. 5 cm. Eén en ander is schematisch in figuur 1 weergegeven.





- A VOERHEK
- B SPOELLEIDINGEN
- C HELLENDE BETONVLOER
- D GIERGOOT EN TRECHTER
- E MESTSCHUIF
- F LIGBOX

**Figuur 1** Schematische voorstelling van het vloersysteem.  
**Figure 1** Schematic presentation of the floorsystem.

Op de uiteinden van de loopgangen waren, in de breedte, afvoeropeningen aangebracht, die met een metalen rooster waren afgedekt. De mestschuif was zodanig geconstrueerd dat tijdens het schuiven zoveel mogelijk mest via de giergoot in de kelder werd afgevoerd. De resterende mest werd via de afgedekte afvoeropeningen, aan de kopeinden van de looppaden, naar de kelder afgevoerd.

Het totale loopoppervlak in de stal bedroeg 3,5 m<sup>2</sup>/dier. Zowel onder de hellende betonvloer als onder de ligboxen was een 1,5 m diepe mestkelder aanwezig. Het mestoppervlak bedroeg 4,6 m<sup>2</sup>/dier. In twee afgesloten mixerputten waren elektrische dompelmixers geïnstalleerd. Om de vorming van stortkegels onder de afvoeropeningen te voorkomen, werd de kelderinhoud iedere week gemengd.

Voordat een meetperiode zonder spoelen werd aangevangen werden de kelders, met de door het spoelen verdunde mest, leeggehaald en opnieuw tot 50 cm gevuld met onverdunde rundveedrijfmest uit een andere ligboxenstal van het bedrijf.

## 2.2 Spoelinstallatie

De spoelinstallatie was uit de volgende onderdelen opgebouwd:

- een voorraadbak;
- een druktank voorzien van centrifugaalpomp, compressor, pneumatisch bediende kleppen en regelapparatuur;
- spoelleidingen.

De voorraadbak van 2.000 liter was via een vlotter en watermeter aangesloten op het waterleidingnet. Deze bak diende om na het spoelen snel het waterniveau in de druktank op peil te brengen.

De druktank van 4.000 liter was berekend op een druk van 1000 kPa (10 bar). In de tank was steeds een onder druk staande hoeveelheid water aanwezig. Onderin de tank bevond zich een uitstroomleiding, die via twee pneumatisch bediende kleppen in verbinding stond met twee aftakkingen naar de spoelleidingen. Met behulp van regelapparatuur konden de druk, de spoeltijd en het spoelinterval worden ingesteld.

Vanaf de druktank waren twee leidingen naar de loopgangen in de stal gelegd. Bij elke loopgang werd iedere leiding opnieuw gesplitst in twee spoelleidingen van 90 mm doorsnee die aan weerszijden van de mestgang waren bevestigd. De spoelleiding langs de achterrand van de boxen diende tevens als afscheiding van de ligbox. Op de spoelleidingen waren, op een onderlinge afstand van 0,25 m, vlakstraalnippels gemonteerd.

Nadat de loopgangen in de stal waren gespoeld werd door de centrifugaalpomp water uit de voorraadbak naar de druktank gepompt, totdat de niveauschakelaar de pomp uitschakelde. Vervolgens werd de compressor ingeschakeld die de tank op de ingestelde waarde onder druk zette. Bij de volgende spoelbeurt werden de beide kleppen geopend en de loopgangen gespoeld.

Er werden twee spoelvarianten onderzocht. Elke spoelvariant werd gekenmerkt door vier variabelen die op verschillende niveaus konden worden ingesteld. In tabel 1 is voor iedere variant de instelling van deze variabelen vermeld en de periode waarin dit plaats vond. Niet spoelen vond plaats in de overige perioden tussen 08/11 en 18/04.

Tabel 1 Overzicht van de instellingen.

Table 1 Scheme of the variants.

Variant	Periode	Spoeldruk (kPa)	Spoeltijd (seconde)	Spoel-interval (uren)	Doorsnede nippel (mm)	Schuif-interval (uren)
1a	15/11-20/12	60	2	2	5	2
1b	20/12-27/12	60	2	2	5	1
2	14/02-14/03	150	4	2	3	1

Er werd om de twee uur gespoeld. Het spoelen vond in elk geval plaats nadat een mest-schuif de vloer had schoongeveegd. Bij spoelvariant 1a werd elke 2 uur geschoven. Bij variant 1b en 2 was dit ieder uur.

### 2.3 Metingen en waarnemingen

De emissiemetingen zijn verricht in de periode van eind november 1990 tot half april 1991. Tijdens deze periode verbleven de dieren dag en nacht in de stal. De ammoniakemissie uit de stal werd berekend door de gemeten ammoniakconcentratie te vermenigvuldigen met het geregistreerde ventilatiedebiet.

De meting van de ammoniakconcentratie werd uitgevoerd door een monitor (MONITOR LABS NO<sub>x</sub>-monitor + NH<sub>3</sub>-converter Model 8840). Het meetprincipe berust op de chemoluminescentiereactie van NO en O<sub>3</sub> waarbij NO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> worden gevormd en fotonen worden uitgezonden. Het aantal fotonen is een maat voor zowel de NO-concentratie als de NH<sub>3</sub> concentratie.

De monsternamepunten bevonden zich in de drie ventilatiekokers van de stal. Voor het transport van de stallucht werden verwarmde (80 °C) en geïsoleerde monsternameleidingen (FEP-Teflon) gebruikt, waardoor de vorming van condens in de leidingen werd voorkomen. Vanaf iedere koker liep een monsternameleiding naar de centrale monsternameleiding midden in de stal. Hier werden de drie monsters samengevoegd en als één monster naar de monitor geleid. Vanuit iedere koker werd steeds evenveel lucht betrokken. Met een luchtpomp werd 15 liter lucht per minuut via de centrale monsternameleiding aangezogen. Een deelmonster hiervan werd door de monitor geanalyseerd. Voor de omzetting van NH<sub>3</sub> naar NO werd gebruik gemaakt van een converter met als katalysator roestvrijstaal. De omzetting vond plaats bij 775 °C. Voor een nadere beschrijving van de toegepaste apparatuur en meetprincipes wordt verwezen naar Scholtens (1993a, 1993b).

In iedere ventilatiekoker was een meetventilator onder de stalventilator aangebracht. De door de meetventilatoren afgegeven pulsen werden geregistreerd. De relatie tussen de pulssignalen van de meetventilatoren en het ventilatiedebiet was bepaald in een windtunnel van het IMAG-DLO. De luchtverplaatsing door de windtunnel werd gemeten door middel van een meetflens en gecorrigeerd voor temperatuur en druk. Voor een correcte ijking was het noodzakelijk dat de gebruikte ventilatie-unit overeenkwam met de unit die in de stal werd gebruikt.

De klimaatmetingen in en buiten de stal werden verricht met Rotronic Hygromer (type L-100) temperatuur- en vochtvoelers. Het meetpunt voor de stallucht bevond zich op ca. 2,5 m hoogte in het midden van de stal. De voeler voor de registratie van de buitenluchtgegevens bevond zich in de schaduw aan de buitenmuur van de stal.

Met behulp van een computerprogramma werden de continu gemeten gegevens tijdelijk opgeslagen. Na 1 uur werd van alle gemeten variabelen de gemiddelde waarden berekend. Deze werden vervolgens weggeschreven op een geheugenkaart. Eénmaal per week werd het meetprogramma voor een korte tijd onderbroken om de geheugenkaart te vervangen en de monitor met een ijkgas te kalibreren. De data op de geheugenkaart werden vervolgens uitgelezen en verder verwerkt.

Het technisch functioneren en de betrouwbaarheid van de spoelinstallatie werden beoordeeld. Daarnaast werd de invloed van de hellende vloer op het diergedrag visueel vastgesteld.

## 2.4 Model

De meetreeksen in dit onderzoek zijn opgebouwd uit een serie opeenvolgende waarnemingen in de tijd en worden aangeduid worden als een 'tijdreeks'. Statistische modellen voor tijdreeksen worden aangeduid als 'tijdreeksmodellen'; de statistische techniek om

een tijdreeks te analyseren wordt 'tijdreeksanalyse' genoemd.

Voor een uitgebreide uitleg over de betekenis van tijdreeksmodellen en hoe met respectievelijk de transfer- en noisefunctie invloedsvariabelen en/of behandelingen en noisebijdragen worden gemodelleerd, wordt verwezen naar de bijlage en naar de Boer (1993). Hier wordt volstaan met een beschrijving van de meest belangrijke aspecten van de gekozen aanpak.

Tijdreeksanalyse is in dit onderzoek toegepast om het effect van spoelbehandelingen vast te stellen, waarbij de emissie gecorrigeerd is voor temperatuureffecten. Onderzocht is welke variabiliteit aanwezig was binnen de reeks toevalsbijdragen en op welke wijze de samenhang beschreven kan worden. Met dit model worden bij de schattingen voor modelparameters de nauwkeurigheden berekend.

Van de gemeten variabelen werd elk uur een gemiddelde waarde opgeslagen.

Datareductie werd toegepast door per dag een gemiddelde waarde te berekenen, een zgn. daggemiddelde, waarop tijdreeksanalyse is toegepast.

De data zijn om de volgende redenen gereduceerd. Veel onverklaarbare variatie of ruis als gevolg van kleine storingen zal verdwijnen omdat het wordt uitgemiddeld.

Gelijkertijd verdwijnt hiermee de afhankelijkheid tussen uren, zodat alleen de afhankelijkheid tussen dagen overblijft. Het model bevat daardoor minder parameters en wint aan overzichtelijkheid en zeggingskracht. Wel gaat informatie over het verloop van de emissie over een dag verloren. Voor dit onderzoek geldt echter, dat deze gedetailleerde kennis niet echt informatief is, omdat de emissiebeperkende maatregel niet specifiek gericht is op bepaalde uren.

De gevolgen voor parameterschattingen zijn gering zolang verbanden lineair zijn.

Opgemerkt moet worden dat voor de relevante variabelen voldoende variaties tussen dagen moet overblijven om ze schatbaar te laten zijn. Dit zal veelal het geval zijn.

De emissie is met het volgende eenvoudige model gemodelleerd:

$$\log(y_t) = \eta_t + v_t \quad (2.1^a)$$

met  $\eta_t$  de verwachtingswaarde van de (natuurlijke) logaritme van de emissie op tijdstip  $t$  en  $v_t$  de toevalsbijdrage met  $\text{var}(v_t) = \sigma_v^2$ .

Het gebruikte transfermodel was:

$$\eta_t = \eta_0 + \beta(T_t - 15) + \gamma_i \quad (2.1^b)$$

met niveau  $\eta_0$ , de (natuurlijke) logaritme van de verwachte emissie bij een referentietemperatuur van 15 °C en niet spoelen,

$T_t$ , de staltemperatuur op tijdstip  $t$  met effect  $\beta$ ,

$\gamma_i$  is het effect van spoelbehandeling  $i$ , met  $i = 1 \dots 3$  (respectievelijk spoelvariant 1a, 1b en 2).

De samenhang in de noisebijdragen wordt beschreven met een AR(1)-proces:

$$v_t = \phi v_{t-1} + a_t \quad (2.1^c)$$

met parameter  $\phi$  en innovatie  $a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$ .

Het model op de oorspronkelijke schaal is:

$$\mu_t = \mu_0 * \alpha^{(\tau-15)} * \delta_i$$

met  $\mu_0 = e^{\eta_0}$ ,  $\alpha = e^\beta$  en  $\delta_i = e^{\gamma_i}$ .

Verschillen tussen spoelvarianten zijn getoetst op basis van de normale verdeling, gebruik makend van de standaardfouten die berekend worden bij de schattingen. Als een verschil tussen twee te vergelijken grootheden groter is dan 1,96 maal de wortel uit de som van de gekwadrateerde standaardfouten, is het verschil significant bij een 5%-onbetrouwbaarheidsdrempel.

Bij beschouwing van de verschillende spoelvarianten is verondersteld dat er geen overgangperiode was wanneer werd overgeschakeld op een nieuwe variant, dus het nieuwe niveau (bij de nieuwe spoelbehandeling) stelt zich abrupt in.

## 2.5 Logaritmische modellen

Eén van de modelveronderstellingen is, dat de variantie van de responsvariabele (NH<sub>3</sub>-emissie) constant is. Bij niet-negatieve variabelen echter is het aannemelijk, dat de variantie groter is naarmate het gemiddelde toeneemt. Wanneer de variatie-coëfficiënt constant is, levert logaritmische transformatie die wordt toegepast op de responsvariabele een constante variantie op.

De interpretatie van het teruggetransformeerde model is dat effecten niet meer absoluut, maar proportioneel zijn: constante verschillen op logschaal zijn constante verhoudingen op de oorspronkelijke schaal.

## 3 Resultaten en discussie

### 3.1 Ammoniakemissie: schattingen en toetsresultaten

#### *Algemeen*

De parameterschattingen op logschaal met bijbehorende standaardfout tussen haakjes voor het emissieniveau (bij  $T = 15\text{ °C}$  en niet spoelen), de temperatuur en de spoelvarianten 1a, 1b en 2 voor model (2.1<sup>b</sup>) zijn:

- emissieniveau ( $\eta_0$ ): 3,89 (0,05) ln(g/h)
- invloed temperatuur ( $\beta$ ): 0,070 (0,007) ln(g/h)
- invloed spoelen ( $\gamma_{1a}$ ,  $\gamma_{1b}$  en  $\gamma_2$ ): -0,41 (0,05), -0,33 (0,06) en -0,15 (0,06) ln(g/h).

Tussen variant 1a en 1b werd geen significant verschil gevonden, tussen variant 2 enerzijds en elk van de varianten 1a en 1b anderzijds was het verschil significant (bij een 5%-onbetrouwbaarheidsdrempel).

De samenhang tussen noisebijdragen (model 2.1<sup>c</sup>) werd beschreven met een AR(1)-proces met  $\phi = 0,82$ . Met  $\Psi^2 = 3,1$  wordt de mate van afhankelijkheid gekwantificeerd. De hoge  $\Psi^2$  resulteert in een nauwkeurigheid van het model van 13,5%.

Omrekening van de schattingen naar de oorspronkelijke schaal, waarmee de praktische situatie in het onderzoek wordt weergegeven, levert de volgende resultaten op:

- emissieniveau ( $\mu_0$ ): 48,9 g/h
- invloed temperatuur ( $\alpha$ ): 7,2%
- invloed spoelen ( $\delta_{1a}$ ,  $\delta_{1b}$  en  $\delta_2$ ): 34, 28 en 14%

#### *Het emissieniveau*

Het emissieniveau bij  $15\text{ °C}$  en niet spoelen was 48,9 g/h met een 95%-betrouwbaarheidsinterval (45,2 , 53,0). Dit betekent dat op grond van het model per koe per maand ongeveer 1050 g ammoniak werd geëmitteerd.

#### *De temperatuur*

Tijdens het onderzoek varieerde de gemiddelde dagelijkse staltemperatuur tussen de 5 en  $19\text{ °C}$ . De gemiddelde staltemperatuur over de totale onderzoeksperiode bedroeg  $13,5\text{ °C}$ .

Het effect van temperatuur is met één parameter gemodelleerd en wordt dus gedurende de gehele stalperiode constant verondersteld. De logaritmische transformatie toegepast op de responsvariabele (ammoniakemissie), impliceert dat het effect van de temperatuur proportioneel was, d.w.z. dat de relatieve bijdrage van de temperatuur aan de emissie constant was. Het temperatuurseffect  $\alpha$  is geschat op 7,2%: bij een stijging van  $1\text{ °C}$  neemt de verwachte emissie met 7,2% toe. De absolute emissie toename bij een temperatuurverhoging van  $15\text{ °C}$  naar  $16\text{ °C}$  bij niet spoelen is dan 3,5 g/h.

Merk op dat een verhoging van de temperatuur van  $15\text{ °C}$  naar  $16\text{ °C}$  tot een andere

(absolute) bijdrage aan de emissie leidt dan een verhoging bijvoorbeeld van 20 °C naar 21 °C (absolute toename is hier 5,0 g/h). Gevolg is ook dat een temperatuurverhoging tijdens een emissierijke periode, zoals bij niet spoelen, een grotere ammoniakemissie tot gevolg zal hebben dan tijdens een emissie-arme periode. Dat het effect van de temperatuur proportioneel is lijkt meer overeenkomstig de werkelijkheid dan het veronderstellen van een temperatureffect met een vaste bijdrage, dus ongeacht de omstandigheden.

#### *De spoelvarianten*

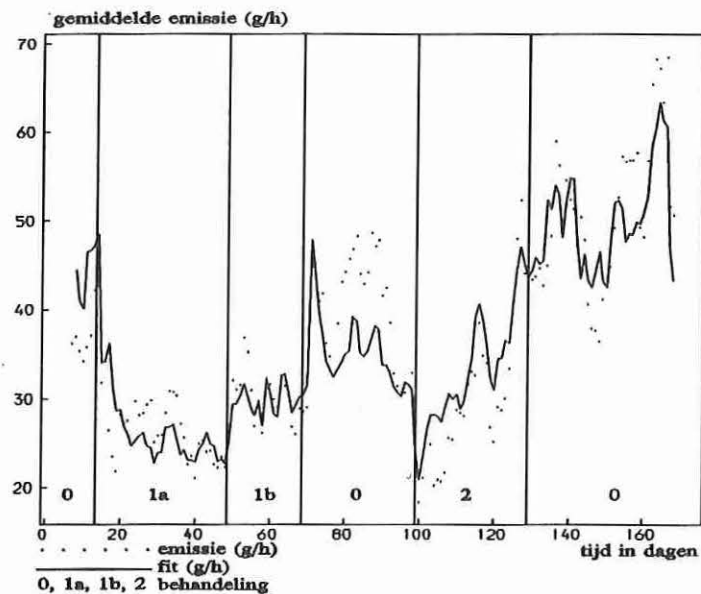
In deze proef werd geëxperimenteerd met twee spoelvarianten, waarbij variant 1 bij twee schuif frequenties werd onderzocht. Zowel variant 1a en b als 2 gaven significante emissiereducties, waarbij tussen de reductie voor de beide frequenties van schuiven voor variant 1 geen onderscheid gemaakt kon worden. Voor variant 1a was de reductie 34% met een 95%-betrouwbaarheidsinterval (26%, 40%), voor variant 1b bedroeg de reductie 28% met het interval (19%, 36%). Bij variant 2 werd de emissie 14% gereduceerd met het interval (4%, 23%). Het effect van variant 2 was significant verschillend van dat van varianten 1a en 1b.

De reducties die in dit rapport zijn berekend verschillen aanzienlijk van bereikte reducties bij spoelen over roosters. Huis in 't Veld *et al.* (1993) rapporteerde reducties tot 70%. Deze grote verschillen worden als volgt verklaard. De in dit rapport berekende reducties zijn het gevolg van het toepassen van een spoelbehandeling over een dichte, hellende betonvloer t.o.v. de situatie zonder spoelen.

Huis in 't Veld paste spoelbehandelingen toe op een standaard roostervloer. Reducties werden vervolgens berekend door de emissie tijdens spoelperioden te vergelijken met de emissie die plaatsvond onder overeenkomstige meetomstandigheden tijdens perioden dat niet gespoeld werd in hetzelfde jaar, maar ook met perioden een jaar eerder. De veronderstelling dat er geen interactie is met jaren moet dan wel aangenomen worden. In dit rapport is de voor dergelijke data geëigende techniek tijdreeksanalyse toegepast. Met deze techniek wordt rekening gehouden met de samenhang tussen de waarnemingen. Tevens worden effecten van verklarende variabelen op de verwachte emissie opgenomen als in een 'gewone' regressie. Dus, zoals de tijdreeksanalyse hier is toegepast, is het regressie-analyse met stochastische afwijkingen die in de tijd samenhangen. Door de samenhang tussen noisebijdragen spelen toevallige variaties, die plaatsgevonden hebben in het verleden, ook in het heden nog een rol. Een toevallige verlaging of verhoging van de emissie in het verleden kan op deze wijze als een schijnbaar effect van een invloedsvariabele worden aangemerkt. Dit ten onrechte toewijzen van een effect aan een behandeling kan worden voorkomen door effectief gebruik te maken van herhalingen. Feitelijk is het onmogelijk om zonder herhalingen het onderscheid te maken tussen behandelingseffect en toevallige lange termijn variaties (De Boer & Keen, 1993).

Daarnaast heeft de stal t.o.v. het stalseizoen 1989/1990 een aantal veranderingen ondergaan. Omdat het aantal dieren teruggebracht moest worden tot 34 zijn het stalvolume en het oppervlak naar verhouding aangepast en is er voor gezorgd dat de omstandigheden waaronder het experiment plaatsvond zoveel mogelijk vergelijkbaar bleven met de omstandigheden van voor de verbouwing. Toch zijn eventuele effecten als gevolg van deze veranderingen op de ammoniakemissie niet uit te sluiten.

In figuur 2 is de gemiddelde gemeten dagemissie en de verwachtingswaarde van model (2.1<sup>b</sup>) tegen de tijd uitgezet. In de figuur is d.m.v. 0, 1a, 1b en 2 aangegeven in welke perioden de behandelingen hebben plaatsgevonden, waarbij 0 niet spoelen en 1a, 1b en 2 de toegepaste spoelvariant aanduiden.



**Figuur 2** Gemiddelde dagemissie en verwachtingswaarde (g/h) van het gebruikte model.  
**Figure 2** Average daily emission and fitted values (g/h) of the model.

### 3.2 Spoelwaterverbruik

Bij spoelvariant 1 werd gemiddeld 50 liter spoelwater/dier.dag gebruikt. Bij spoelvariant 2 werd de spoeltijd van 2 naar 4 seconden gebracht en door het verkleinen van de nippeldiameter van 5 naar 3 mm werd het spoelwaterverbruik teruggebracht van 50 naar 28 liter water/koe.dag. Wel werd de spoeldruk verhoogd van 60 naar 150 kPa om toch een goede verdeling van het spoelwater over het vloeroppervlak te realiseren. Bij variant 2 was het spoelwaterverbruik praktisch gehalveerd. Het verlagen van het spoelwaterverbruik leek ten koste te gaan van het reducerend effect. Na spoelen met variant 2 leek niet het gehele loopoppervlak gespoeld te worden.

### 3.3 Technisch functioneren

De spoelinstallatie heeft tijdens het onderzoek goed gefunctioneerd. Er hebben zich geen noemenswaardige storingen voorgedaan. Wel bleek dat door het verkleinen van de nippeldiameters de kans op verstoppingen toenam. Dit zal met name tot problemen kunnen leiden indien niet water, maar een andere spoelvloeistof wordt gebruikt.

Door de hellende vloer vond een scheiding plaats van mest en urine. De urine stroomde direct via de giergoot naar de mestkelder. De op de vloer achtergebleven mest werd



ieder uur door een mestschuif verwijderd. Aan de uiteinden van beide stalhelften waren smalle roosters aangebracht waar de meegeschoven mest doorheen kon vallen naar de mestkelder. Door de scheiding op de vloer was de mest behoorlijk droog, waardoor het dikwijls op het rooster bleef liggen. Dagelijks moest met een handschuif de mest door de roosters worden gewerkt. Het aanbrengen van een soort brievenbus-systeem zou uitkomst kunnen bieden.

Doordat het grootste deel van de vaste mest op vier plaatsen in de kelder terecht kwam, was de mestsamenstelling niet homogeen. De mest moet bij dit systeem regelmatig worden gemixt om problemen bij het leeg halen van de kelder te voorkomen. De kans bestaat nl. dat aan de uiteinden van de stalhelften mestkegels worden gevormd die het mixen van de mest onmogelijk maken. Tijdens het onderzoek werd de mest wekelijks gemixt waardoor de genoemde problemen werden voorkomen.

Tijdens perioden waarin niet werd gespoeld ontstond een dun mestlaagje op de hellende vloer. Het oppervlak werd hierdoor glad en moeilijk begaanbaar voor de dieren. De indruk bestond dat het aantal glij- en valpartijen toenam wanneer de vloer niet regelmatig werd gespoeld. Als gevolg hiervan hebben zich echter geen situaties voorgedaan waarin de dieren letsel opliepen, maar de dieren werden wel voorzichtiger en verplaatsten zich behoedzamer over de vloer.

De uiers van de dieren werden door het spoelen niet vochtig. Ditzelfde gold voor de ligplaatsen.

## 4 Conclusies

Door het spoelen van een hellende vloer met water wordt de stalemissie gereduceerd t.o.v. een situatie zonder spoelen. De hoogst gemeten reductie was 34% met een 95%-betrouwbaarheidsinterval (26%, 40%). Deze reductie werd bereikt door gebruik te maken van nippels met een diameter van 5 mm, een druk van 60 kPa, een spoeltijd van 2 seconden en een spoelinterval van 2 uur. Om de twee uur werd geschoven. Het spoelwaterverbruik bedroeg 50 l/koe.dag.

Door de schuiffrequentie te verhogen naar éénmaal per uur werd met deze variant een reductie bereikt van 28% met een 95%-betrouwbaarheidsinterval (19%, 36%). Er werden geen aanwijzingen gevonden dat de frequentie van schuiven de emissie beïnvloedde.

Bij een tweede spoelvariant werden nippels gebruikt met een doorsnede van 3 mm, de spoeldruk bedroeg 150 kPa, de spoeltijd was 4 seconden en een spoelinterval van 2 uur. Het spoelwaterverbruik lag op 28 l/koe.dag. Deze instelling leverde een reductie op van 14% met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van (4%, 23%).

Het emissieniveau in de stal tijdens niet spoelen bij een referentietemperatuur van 15 °C is geschat op 48,9 g/h. Dit komt overeen met een emissie van 1050 g NH<sub>3</sub> per koe per maand. De staltemperatuur had een positief effect op de ammoniakemissie. Dit effect is geschat op 7,2% per °C temperatuurverhoging.

De spoelinstallatie functioneerde technisch naar tevredenheid. Met een mestschuif werd een deel van de mest naar een klein rooster aan de uiteinden van de loopgangen geschoven, waar het bleef liggen in plaats van er door heen te vallen. Oorzaak hiervan was de droge mest.

Een ander probleem vormde het glad worden van de hellende betonvloer in perioden dat niet werd gespoeld. Door het ontstaan van een dunne, gladde laag mest op de vloer, werd deze voor de dieren moeilijker begaanbaar.

## Summary

In 1990 and 1991 research was done on the ammonia emission from a cubicle house for dairy cows. The combined effect of flushing with water over an inclined concrete floor (2%) with a urine gutter and manure removal by scraping was investigated. Urine and faeces were removed separately from the floor and collected in the underlying slurry cellar. The cowhouse with forced ventilation had two rows of cubicles housing 34 Friesian Holsteiners. Cows were housed indoors day and night.

For flushing, a system of pipes with nipples was installed at both sides of the alleys. The system was connected to an installation in order to regulate water pressure, flushing time and flushing interval. Flushing took place after removing faeces with a scraper. Two different flushing variants were investigated. Reduction of ammonia emission was estimated by using time series analysis.

A 34% emission reduction was achieved with a water pressure of 60 kPa, a flushing time of 2 seconds and a nipple diameter of 5 mm. Flush water consumption was 50 liters per cow per day. There was no indication that frequency of scraping had effect on the emission.

A second variant, with a water pressure of 150 kPa, a flushing time of 4 seconds and a nipple diameter of 3 mm. resulted in a 14% emission reduction and a water consumption of 28 litres per cow per day.

## Literatuur

- Boer, W.J. de, 1993. Box-Jenkins tijdreeksanalyse, toegepast op de resultaten van ammoniakemissiemetingen in een rundveestal. Wageningen, IMAG-DLO rapport 93-6, 32 pp
- Hey, G.J. en T. Schneider, 1991. Dutch Priority Programme on Acidification, Eindrapport tweede fase Additioneel Programma Verzuuringsonderzoek, RIVM no 200-09, p. 39-53
- Elzing, A., Swierstra, D., Uenk, G.H. en W. Kroodsma, 1992. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: de invloed van vloervarianten. Wageningen, IMAG-DLO rapport 92-10, 18 pp
- Groot Koerkamp, P.W.G., Verdoes, N., Monteny, G.J. en T. de Haan, 1990. Naar stallen met beperkte ammoniak-uitstoot; Bronnen, processen en factoren, deel 1. Stuurgroep emissie-arme huisvestingssystemen, DLO Wageningen, 83 pp
- Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsma, W. en S. van Westreenen, 1993. Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van de roosters. Wageningen, IMAG-DLO rapport 93-1, 20 pp
- Kant, P.P.H., Verboon, M.C., en J.W.H. Huis in 't Veld, 1992. Ammoniak-emissiemetingen met de Lindvalldoos. Inventarisatie van de metingen op de Waiboerhoeve in 1989-1991. Lelystad, PR-rapport 139, 48 pp
- Kolenbrander, H.G.J. en L.C.N. de la Lande Cremer, 1967. Stalmest en gier; waarde en mogelijkheden. Instituut Bodemvruchtbaarheid. Haren, 188 pp
- Kroodsma, W., Huis in 't Veld, J.W.H. en R. Scholtens, 1993. Ammonia emission and its reduction from cubicle houses by flushing. Livestock Production Science, volume 34, p. 293-303
- Oldenburg, J. 1989. Geruchs- und Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Schrift 333, 147 pp
- Oosthoek, J. and W. Kroodsma, 1990. Ammonia emission reduction from cowsheds. Proceedings of the 6th International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes. ASAE Publication 05-90, Chicago, p. 442-448
- Scholtens, R. 1993a. Meetventilator. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, Werkgroep meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen, p. 59-62
- Scholtens, R. 1993b. NH<sub>3</sub>-converter + NO<sub>x</sub>-analyser. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, Werkgroep meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen, p. 19-22

## Bijlage

De algemene notatie voor een tijdreeksmodel luidt:

$$y_t = \mu_t + \epsilon_t \quad (1)$$

met  $\mu_t = f(x_1 \dots x_p)$

Hierin is  $y_t$  de responsvariabele op tijdstip  $t$ ,  $f(\cdot)$  de aanduiding van een te specificeren functie, de zgn. transferfunctie,  $x_1 \dots x_p$ , de verklarende variabelen en  $\epsilon_t$ , de toevalsbijdrage op tijdstip  $t$ , ook wel 'noise' genoemd.

Met de transferfunctie wordt niet alleen een relatie gelegd met waarden van de verklarende variabele op tijdstip  $t$ , maar ook met die op eerdere tijdstippen.

De noise kan geschreven worden als een lineaire combinatie van onafhankelijk toevalsfoutjes, innovaties genoemd, die plaats hebben gevonden in het heden en verleden:

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= a_t + \Psi_1 a_{t-1} + \Psi_2 a_{t-2} + \dots + \Psi_{n-1} a_{t-n+1} \\ &= \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j a_{t-j} \end{aligned} \quad (2)$$

met  $a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$ , d.w.z. de  $a_t$ 's zijn onderling onafhankelijk, normaal verdeeld met verwachtingswaarde 0 en constante variantie  $\sigma_a^2$ . De gewichten  $\psi_j$ ,  $j = 1, 2 \dots n-1$ , geven het relatieve belang aan van innovaties uit het verleden.

Uit vergelijking (2) is de variantie van een waarneming op eenvoudige wijze te berekenen, omdat de  $a_t$ 's stochastisch onafhankelijk zijn:

$$\begin{aligned} \text{var}(\epsilon_t) &= \text{var}(a_t + \Psi_1 a_{t-1} + \Psi_2 a_{t-2} + \dots + \Psi_{n-1} a_{t-n+1}) \\ &= (1 + \sum_{j=1}^{n-1} \Psi_j^2) \sigma_a^2 = \Psi^2 \sigma_a^2 \end{aligned} \quad (2)$$

waarbij  $t$  het beschouwde tijdstip is en  $n-1 \leq t$ .

De som van de gekwadrateerde psi-gewichten,  $\Psi^2$ , is de verhouding tussen de varianties van  $\epsilon_t$  en  $a_t$ :

$$\Psi^2 = \frac{\text{Var}(\epsilon_t)}{\text{Var}(a_t)} = \frac{\sigma_{\epsilon}^2}{\sigma_a^2} \quad (4)$$

Bij onafhankelijke waarnemingen is deze verhouding 1.

## Verschenen rapporten

- 93-1 Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsmā, W. en S. van Westreenen – Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van de roosters. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 16 pp., f 25,00
- 93-2 Elzing, A. en D. Swierstra. – Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een varkensstal; de invloed van vloerbevuilding en het vloertype. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp., f 25,00
- 93-3 Elzing, A. en W. Kroodsmā – De relatie tussen ammoniakemissie en stikstofconcentratie in de urine van melkvee. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 22 pp., f 25,00
- 93-5 Dieën, J.H. van – Functional load of the low back. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 150 pp., f 40,00
- 93-6 Boer, W.J. de – Box Jenkins tijdreeksanalyse, toegepast op de resultaten van ammoniakemissiemetingen in een rundveestal. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 32 pp., f 30,00
- 93-7 Hoeksma, P., Scholtens, R. en A.J. van den Berg – Een milieuvriendelijk bedrijfs-systeem voor de varkenshouderij. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 26 pp., f 30,00
- 93-8 Smits, M.C.J., Kroodsmā, W., Swierstra, D. en W.J. de Boer – Opzet van het onderzoek inzake beperking van de ammoniakemissie in de Milieu-onderzoekstal. Wageningen, IMAG-DLO-rapport, 32 pp., f 35,00
- 93-9 Drost, H. en D. van der Drift – Vergelijkend arbeidshygiënisch onderzoek in twee huisvestingssystemen voor leghennen. Onderzoek naar omgevingscomponenten en ODTS-symptomen. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 54 pp., f 40,00
- 93-10 Uenk, G.H., Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink – Luchtsamenstelling onder de overkapping van mestilo's vóór en na het mixen van de mest. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 22 pp., f 25,00
- 93-11 Aarnink, A.J.A., Houwers, H.W.J., Ouwerkerk, E.N.J. van en P.B. Hangelbroek – Vooronderzoek naar een milieu- en welzijnsvriendelijk huisvestingssysteem voor vleesvarkens. Mestscheiding, vloerkoeling en grote groepen dieren. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 41 pp., f 40,00
- 93-12 Kasper, G.J. – Literatuuronderzoek naar het droogproces van gemaaid gras en de invloed van technische factoren hierop. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 30,00
- 93-13 Vollebregt, H.J.M. en T. de Jong – Experimenteel onderzoek aan indirecte verdampingskoeling. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 56 pp. f 35,00
- 93-14 Hendrix, A.T.M. – Taaktijden voor de groenteteelt onder glas. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 95 pp. f 40,00
- 93-15 Loeffen, H. – CO<sub>2</sub>-productiesnelheid als maat voor groei van de champignon *Agaricus bisporus*. Wageningen, IMAG-DLO rapport, 75 pp. f 35,00

- 93-16 Swierstra, D. en M.J.M. van den Elzen. – Verhardingen voor containerteelt buiten: technische eisen en ontwerpvarianten.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 61 pp. f 35,00
- 93-17 Frénay, J.W., Waltje, H. en H. Zilverberg. – Duurzaamheid van beton in agrarische milieu.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 108 pp. f 50,00
- 93-18 Ketelaar-de Lauwere, C.C., Benders, E. en P.J.M. Huijsmans. – De reactie van koeien als de krachtvoerverstrekking in de stal afhankelijk wordt gesteld van die in de AMS-ruimte. De invloed van verschillende stalindelingen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 19 pp. f 35,00
- 93-20 Jong, T., et al. – Ontwerp van klimaatbeheersingsapparatuur voor gesloten kassystemen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 35,00
- 93-21 Dingemans, E.C.F.M., Buré, R.G. en G. van Putten. – De invloed van opfokomstandigheden op het sociale gedrag van zeugen in groepen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 81 pp. f 35,00
- 93-22 Smits, M.C.J., Ooster, A. van 't en E.N.J. van Ouwerkerk. – Beperking van de warmtebelasting in een ligboxenstal voor melkvee. Een oriënterend onderzoek.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 36 pp. f 30,00
- 93-23 Hoeksma, P., Oosthoek, J., Verdoes, N. en J.A.M. Voermans. – Reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelvloeistof.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 56 pp. f 40,00
- 93-24 Waaijenberg, D. en J.W. Frénay. – Kunststofkas met tuiconstructie: ontwerp, uitvoering en toetsing van een prototype.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f 40,00
- 93-25 Drost, H. en D.W. van der Drift. – Aerial contaminants in aviary and battery housing systems for laying hens.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 28 pp. f 30,00.
- 93-26 Os, E.A. van, Klomp, G. en N.J. van de Braak. – Onderzoek geïntegreerde wateropslag met biologische reiniging van recirculatie water en energie-opslag.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 35,00
- 93-27 Uenk, G.H., Monteny, G.J., Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink. – Vermindering ammoniakemissie door gebruik van biowassers.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 41 pp. f 40,00
- 93-28 Uenk, G.H., Monteny, G.J. Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink. – Vermindering van ammoniakemissie door gebruik van biofilters.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 37 pp. f 40,00
- 93-29 Zuydam, R.P. van and C. Sonneveld. – Test of an automatic precision guidance system for implements for row crumbling, row fertilizing, row spraying, drilling and hoeing and its effect on weed development and fertilizer use in sugar beet.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 27 pp. f 35,00
- 93-31 Smits, M.C.J., Valk, H., Elzing, A., Huis in 't Veld, J.W.H. en A. Keen. – Perspectief van beperking van de ammoniakemissie uit melkveestallen door aanpassing van het rantsoen.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 36 pp. f 35,00

- 93-32 Os, E.A. van, Kramer, C.F.G., Kruistum, G. van, Looijesteijn, F.X.C. en H.H.E. Oude Vrieling. – Mens- en milieuvriendelijke treksystemen voor witlof: een verkenning van mogelijkheden.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 72 pp. f 40,00
- 93-33 Swierstra, D. – Verhardingen van gestabiliseerde kleigrond met asfaltdeklagen: ontwerp, uitvoering en beproeving.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 37 pp. f 30,00
- 93-34 Derikx, P.J.L., Vijn, T.K. en H.C. Willers. – Oriënterend onderzoek naar de integrale inpassing van aanzuren van varkensmest.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 41 pp. f 40,00.
- 93-35 Hoeksma, P. en A.J. van den Berg. – Geur- en ammoniakemissie tijdens het indampen van mest bij de HEPAQ-milieustal.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 27 pp. f 30,00
- 93-36 Hendrix, A.T.M. – Taaktijden voor de snijbloemeteelt onder glas.  
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 59 pp. f 35,00

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)