

# Perspectief van beperking van de ammoniakemissie uit melk- veestallen door aanpassing van het rantsoen

*Prospects for reducing ammonia emission  
from a cubicle house for dairy cattle by  
altering the feed*

Ir. M.C.J. Smits, Ir. H. Valk, Dr. A. Elzing,  
Ing. J.W.H. Huis in 't Veld en Ir. A. Keen

**imag-dlo**



CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

**Perspectief**

Perspectief van beperking van de ammoniakemissie uit melkveestallen door aanpassing van het rantsoen / M.C.J. Smits . . [et al.]. – Wageningen : IMAG-DLO. – III. – (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen ; 93-31).

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

ISBN 90-5406-056-5 geb.

NUGI 849

Trefw.: ammoniak-emissie ; melkveehouderijen.

© 1993

IMAG-DLO

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 08370-76300

Telefax 08370-25670

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, 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

Smits, M.C.J., H. Valk, A. Elzing, J.W.H. Huis in 't Veld, and A. Keen. Prospects for reducing the ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle by altering the feed, DLO Institute of Agricultural Engineering, report 93-31, in dutch, with summary in english, 36 pp.

In a mechanically ventilated cubicle house the effect of dairy cow feeding on ammonia emission was studied. Two silage-based diets, differing in the amount of rumen degradable protein (RDP), were fed alternately. Diet L with no RDP surplus resulted in a 39% lower emission rate, compared with diet H with a high RDP surplus. The concentration of urea in urine samples when feeding diet L was 42% lower compared with diet H. Nutrition management may contribute substantially to reducing the emission of ammonia from cattle housing systems.

**Key words:** Ammonia emission, Urine, Protein, Nutrition, Cattle

# Voorwoord

Beperking van de ammoniakemissie uit stallen is op verschillende manieren mogelijk. Aanpassingen in de stal en behandeling van de mest en urine is een mogelijkheid. De aanpak bij de bron, het beperken van de stikstofuitstoot in de mest en urine door aanpassing van het rantsoen, is een tweede mogelijkheid. Uit een onderzoek op laboratoriumschaal is een nauwe relatie tussen de ureumstikstofconcentratie in de urine en de ammoniakemissie gebleken. De concentratie aan ureumstikstof in de urine hangt nauw samen met het gevoerde rantsoen.

Het voorgaande heeft aanleiding gegeven tot een onderzoek waarbij de bestaande kennis van de stalemissie en van de stikstofstromen in de koe gebundeld is. Het is een eerste aanzet om de perspectieven van veevoedingsmaatregelen voor het beperken van de ammoniakemissie uit stallen te kwantificeren. Naast technische maatregelen in de stal kunnen veevoedingsmaatregelen in de melkveehouderij een bijdrage leveren aan de beperking van de ammoniakuitstoot.

De proeven voor dit onderzoek zijn uitgevoerd op het IMAG-DLO proefbedrijf 'De Vijf Roeden' en hadden een arbeidsintensief karakter. Een speciaal woord van dank voor de medewerkers van proefbedrijf 'De Vijf Roeden', die aan de uitvoering een enthousiaste bijdrage geleverd hebben, is hier dan ook op zijn plaats. De goede samenwerking met onderzoekers van IVVO-DLO en PR geeft vertrouwen voor het vervolgonderzoek, waartoe inmiddels initiatieven genomen zijn.

Ir. A.A. Jongebreur  
directeur

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>6</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>8</b>
2.1 Dieren	8
2.2 Stal	8
2.3 Proefopzet	9
2.4 Wateropname	11
2.5 Melkproductie en -bemonstering	11
2.6 Gewichtsverloop	11
2.7 Bepalingen in urine en mengmest	12
2.7.1 Urinemonsters	12
2.7.2 Bepalingen in mengmest	13
2.8 Emissiemetingen	13
2.9 Analyse emissiegegevens	14
<b>3 Resultaten</b>	<b>17</b>
3.1 Voer- en wateropname	17
3.2 Groei	19
3.3 Melk- en eiwitproductie	19
3.4 Urine en mengmest	21
3.4.1 Ureumconcentratie in urine	21
3.4.2 Mesthoeveelheid en -samenstelling	21
3.5 Ammonmiakemissie	23
<b>4 Discussie</b>	<b>26</b>
<b>5 Conclusies</b>	<b>29</b>
<b>Summary</b>	<b>30</b>
<b>Literatuur</b>	<b>31</b>
<b>Bijlagen</b>	<b>32</b>

# Samenvatting

In een mechanisch geventileerde stal met 34 melkkoeien werd het effect op de stalemisse onderzocht van een verlaging van de ureumconcentratie in de urine, door het surplus aan onbestendig eiwit in het winterrantsoen te verlagen. In zes aansluitende perioden van 3 weken werden afwisselend een rantsoen met een hoge OEB<sup>1</sup> (H) en een rantsoen met een lage OEB (L) gevoerd. In rantsoen L was de OEB ongeveer 0. In rantsoen H was de OEB ruim +1000 gram per dag. Rantsoen H bevatte 50% kuilgras, 30% krachtvoer met een hoge OEB, 10% snijmais en 10% maïsglutenvoermeel. Rantsoen L bevatte slechts 20% kuilgras, 30% krachtvoer met een lagere OEB, 20% maïs, 20% pulp en 10% maïskolvenschroot. Om bij beide rantsoenen een naar verwachting gelijke urinehoeveelheid te verkrijgen, werd 2% extra natriumzout in het krachtvoer van rantsoen L opgenomen.

De totale voeropname was bij beide rantsoenen steeds vrijwel gelijk. Daar rantsoen H een wat hogere ruwvoer/krachtvoer-verhouding had, was de drogestof-, VEM-, en DVE-opname bij dit rantsoen wat lager. De ruweiwitopname en de OEB bij rantsoen H waren daarentegen veel hoger. De melk(eiwit)productie tendeerde bij rantsoen L naar wat hogere waarden.

Met behulp van een tijdreeksanalyse werd het effect van het rantsoen op de emissie geschat. Daarbij werd rekening gehouden met een geleidelijke aanpassing van de emissie bij het afwisselen van de rantsoenen. De emissie bij rantsoen L bleek uiteindelijk 39% lager te zijn dan bij rantsoen H. De ureumconcentratie in steekproefsgewijs genomen urinemonsters was bij rantsoen L gemiddeld 42% lager dan bij rantsoen H. Dit kwam goed overeen met de verwachting dat het rantsoen met de hoge OEB tot een hogere ureumconcentratie in de urine en daardoor tot een hogere emissie zou leiden. Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat veevoedingsmaatregelen een aanzienlijke bijdrage kunnen leveren aan het beperken van de ammoniakemissie uit stallen. Nader onderzoek naar de fysiologische relatie tussen de samenstelling van het rantsoen en de urineproductie enerzijds en de effecten van gerichte veevoedingsmaatregelen op de emissie anderzijds is gewenst om praktische richtlijnen te kunnen formuleren.

<sup>1</sup> OEB = onbestendig eiwit balans; zie bijlage A

# 1 Inleiding

In de afgelopen jaren is er veel onderzoek verricht naar beperking van de ammoniakemissie uit de rundveehouderij. Daarbij zijn hoofdzakelijk technische maatregelen in de stal, bij de opslag en bij de toediening van mest bestudeerd (Monteny, 1991). Tot voor kort was de veevoeding in de praktijk vooral gericht op het maximaliseren -binnen economische randvoorwaarden- van de output van hoogwaardige produkten, zoals melk en vlees. Weinig of geen aandacht werd besteed aan de gelijktijdige output van minder gewenste produkten, waaronder de excretie van stikstof via mest en urine (Tamminga, 1992). Het veevoedingsonderzoek heeft zich, vooral vanwege de milieuproblemen, de laatste jaren met name gericht op een betere afstemming van het energie- en eiwit-aanbod op de behoefte hieraan van het dier. Hierdoor kan het verlies van stikstof via de mest en urine beperkt worden (Valk *et al.*, 1990; CVB, 1991; van Straalen, 1993; van Vuuren *et al.*, 1993). Hierdoor kan de N-emissie naar bodem en grondwater (uitspoeling) aanmerkelijk beperkt worden (van der Meer, 1991). Een verminderde uitscheiding van stikstof via de urine (en mest) kan daarnaast tot een lagere ammoniakemissie leiden. Dit is echter nog nooit gekwantificeerd.

Uit onderzoek in een modelsysteem van een rundveestal is een lineaire relatie gebleken tussen de ureum- en stikstofconcentratie in de urine, afkomstig van groepen dieren die verschillende rantsoenen kregen, en de ammoniakemissie (Elzing en Kroodsmas, 1993). Rantsoenen kunnen aanleiding geven tot grote verschillen in stikstofconcentratie in de urine. Bij weidende koeien treden de laagste stikstofconcentraties in de urine op bij combinaties van een laag stikstofgehalte en een hoog kaliumgehalte in het gras. De opname van kalium en natrium lijkt primair de urineproductie te sturen en daarmee de mate waarin urinestikstof verdund wordt (van der Meer en Spiertz, 1992).

Vermoed wordt dat er bij melkvee in de stal gemiddeld altijd dezelfde hoeveelheid urine op de stalvloer achterblijft, ongeacht het rantsoen. Bij een grotere urine-uitscheiding zal de overtollige urine naar de mestkelder wegstromen. De emissie vanaf de stalvloer wordt dan hoofdzakelijk bepaald door de ureumconcentratie in de urine.

In dit rapport wordt een experiment beschreven dat is uitgevoerd om aan te tonen dat door veevoedingsmaatregelen een verlaging van de ureumconcentratie in de urine en daardoor een verlaging van de ammoniakemissie uit de stal mogelijk is.

## 2.7 Bepalingen in urine en mengmest

### 2.7.1 Urinemonsters

Er werden urinemonsters genomen om te toetsen of rantsoen L tot de beoogde lagere gemiddelde ureumconcentratie in de urine zou leiden in vergelijking met rantsoen H. De urineproductie kon niet bepaald worden, omdat de dieren niet waren gefixeerd in de stal.

#### *Bemonsteringsstrategie in periode 1 en 2*

Op de laatste dag van de perioden 1 en 2 werd met een bepaalde regelmaat bij een urinelozing een deel van de urine opgevangen door gedurende 24 uur permanent in de stal aanwezige personen. Na een bemonsterde urinelozing werden steeds de twee of drie volgende urinelozingen overgeslagen. Van de opgevangen urine werd een monster van circa 60 ml in een monsterflesje gedaan. Het monsterflesje werd direct goed afgesloten en in een koelbox geplaatst, om te voorkomen dat omzetting van ureum zou plaatsvinden. Het nummer van het monsterflesje, het nummer van de bemonsterde koe en het tijdstip van de urinelozing werden geregistreerd. De pas gevulde flesjes werden ieder uur vanuit de koelbox overgebracht in een vrieskist (-18 °C) op het proefbedrijf. De monsters werden twee uur na afloop van het bemonsteren uit de vrieskist genomen en in koelboxen naar het IMAG-DLO milieulaboratorium in Wageningen gebracht en daar in een diepvrieskist geplaatst tot de analyses uitgevoerd werden. In de afzonderlijke monsters werden de ureum-, de ammonium- en de stikstofconcentratie bepaald. De ammoniumconcentratie werd bepaald om te controleren of urease-activiteit in een monster was opgetreden. Een hoge ammoniumconcentratie, optredend bij verontreiniging met faeces en bij hogere temperaturen, zou een onderschatting van de oorspronkelijke ureumconcentratie tot gevolg hebben. Tussen de N-concentratie en de ureumconcentratie bestaat normaliter een sterk verband.

Met de verkregen gegevens werd een statistische analyse uitgevoerd, om de noodzakelijke bemonsteringsfrequentie in de volgende proefperioden te kunnen bepalen. In de analyse werd onderzocht of er een systematische invloed was van het uur of van dagdelen (dag versus nacht en de eerste zes uren na de ochtend- en avondmelking ten opzichte van de overige uren van de dag) waarin de urinelozing had plaatsgevonden en van de dierfactoren pariteit en lacatatiestadium.

#### *Bemonsteringsstrategie in perioden 3, 4, 5 en 6*

Op grond van de resultaten in de perioden 1 en 2 werd in latere perioden een minder arbeidsintensieve steekproefstrategie gevolgd. Gedurende vier bloktijden, verdeeld over het etmaal, werden monsters genomen bij zoveel mogelijk koeien die binnen een bloktijd urineerden. Het kwam sporadisch voor dat een koe binnen een bloktijd van 2 uur meer dan eenmaal urineerde. Per koe werd slechts bij één urinelozing per bloktijd een monster genomen. De bloktijden waren van 9.00 uur tot 11.00 uur, van 14.00 uur tot 16.00 uur, van 20.00 tot 22.00 uur en de volgende ochtend voor en tijdens het melken, van 5.15 tot 7.00 uur. Per bloktijd bleek zo van minstens 50% van de dieren een monster verzameld te kunnen worden. Nadat een monster was genomen, werd tot in het laboratorium dezelfde procedure gevolgd als in de perioden 1 en 2. In het laboratorium werd



per koe per periode een mengmonster gemaakt uit de monsters die tijdens de bloktijden verzameld waren. Hierin vond de ureumconcentratiebepaling plaats.

#### *Gemiddelden per periode*

Per proefperiode werden de gemeten ureumconcentraties per dier gemiddeld. Vervolgens werden het gemiddelde, het minimum, het maximum en de standaardafwijking van de diergemiddelden per periode berekend.

### 2.7.2 *Bepalingen in mengmest*

Aan het begin van elke driewekelijkse periode werden de mestkelders onder beide stalhelften praktisch leeggepompt. Eén week vóór het einde van een periode werd de mest alvast gedurende 1 uur gemixed om een goede mengbaarheid aan het einde van de periode te bevorderen. Aan het einde van elke driewekelijkse periode werd de mest in de kelders gedurende 1 uur gemixed om een zo homogeen mogelijke, goed te bemonsteren massa te verkrijgen. Vervolgens werd, terwijl de mixer nog in werking was, uit beide stalhelften op dezelfde locatie, een mestmonster (1 l) genomen. Ten slotte werd, nadat de mixer buiten bedrijf was gesteld, het mestpeil in beide stalhelften op één referentiepunt gemeten om een globale indruk van het volume te verkrijgen. Het waterverbruik van de spoelinstallatie werd dagelijks apart gemeten. De door de dieren geproduceerde hoeveelheid mest werd geschat door het gemeten mestniveau, na aftrek van het 'restniveau' (niveau na het praktisch leegpompen van de kelder bij afsluiting van een proefperiode; geschat op 10 cm), te vermenigvuldigen met de kelderoppervlakte (89 m<sup>2</sup> per stalhelft) en hier het spoelwaterverbruik van af te trekken. Het restniveau kon tussen perioden enkele centimeters verschillen, maar dit was niet te meten. De berekende mestproductie is dus slechts indicatief.

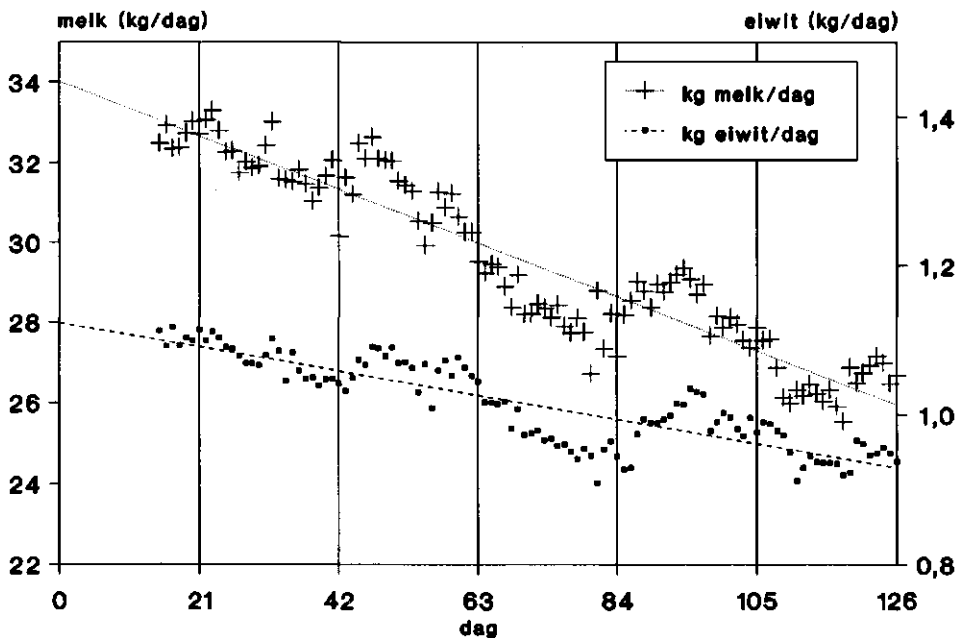
In de mengmestmonsters werden de volgende gehalten vastgesteld: droge stof, anorganische stof (as), ammoniumstikstof (NH<sub>4</sub>-N) en totaalstikstof (volgens Kjeldahl: N<sub>Kj</sub>), totaalfosfaat (P) en kalium (K). Tevens werd de pH bepaald.

## 2.8 Emissiemetingen

De ammoniakemissie (NH<sub>3</sub>↑, in g/h) is het produkt van het ventilatiedebiet (Q<sub>v</sub>, in m<sup>3</sup>/h) en de NH<sub>3</sub>-concentratie van de uitgaande lucht (x<sub>NH3</sub>, in g/m<sup>3</sup>):

$$\text{NH}_3\uparrow = Q_v * x_{\text{NH}_3}$$

Het ventilatiedebiet werd bepaald met behulp van meetventilatoren die in de ventilatiekokers onder de stalventilatoren waren geplaatst. De NH<sub>3</sub>-concentratie werd iedere 5 minuten indirect gemeten. Hiertoe werd continu ongeveer 15 liter stallucht per minuut (5 liter per ventilatiekoker) aangezogen. Deze lucht werd direct buiten de stal in een converter verhit tot 775 °C, zodat de NH<sub>3</sub> oxydeerde tot NO. Aansluitend werd de lucht door teflonslangen naar een NO<sub>x</sub>-monitor (Monitor Labs NO<sub>x</sub>-monitor en NH<sub>3</sub>-converter, model 8840) geleid. In de NO<sub>x</sub>-monitor werd vervolgens de NO met een overmaat ozon



**Figuur 2** Het verloop van gemiddelde melk- en eiwitproductie per koe per dag.  
**Figure 2** Average milk production and protein production per cow per day.

In tabel 9 zijn de gemiddelde melk-, vet- en eiwitproducties in de laatste week van elke periode weergegeven.

**Tabel 9** De gemiddelde melk-, vet- en eiwitproductie in de laatste week van elke periode.  
**Table 9** Average milk, fat and protein yield in the last week of each period.

periode	melk (kg/dag)	FCM (kg/dag)	vet (%)	eiwit (%)	vet (kg/dag)	eiwit (kg/dag)
1	32,8	34,1	4,26	3,38	1,40	1,11
2	30,9	33,5	4,58	3,34	1,42	1,03
3	29,8	32,2	4,41	3,46	1,31	1,03
4	27,5	30,3	4,69	3,40	1,29	0,94
5	27,8	29,4	4,37	3,55	1,21	0,99
6	26,8	29,2	4,59	3,55	1,23	0,95

Ook uit tabel 9 blijkt dat de melk-productie afnam in de tijd. Het vetpercentage was bij rantsoen H gemiddeld 0,26 eenheden hoger dan bij rantsoen L. Het eiwitpercentage vertoonde een stijgende tendens in de tijd en leek bij rantsoen H wat lager dan bij rantsoen L. De eiwitproductie nam licht af in de tijd. Bij rantsoen L was de eiwitproductie steeds iets hoger dan bij rantsoen H.

### 3.4 Urine en mengmest

#### 3.4.1 Ureumconcentratie in urine

In tabel 10 is de gemiddelde concentratie van ureumstikstof in de urine per periode weergegeven. Het gemiddelde verschil tussen de rantsoenen was 3,5 g/l. De ureumconcentratie bij rantsoen L was gemiddeld 42% lager dan die bij rantsoen H.

**Tabel 10** Per periode de gemiddelde ureumstikstofconcentratie, alsmede de bijbehorende standaardafwijkingen (sd), minima (min.) en maxima (max.).

**Table 10** Mean concentration of urea-nitrogen per period, its standard deviation (sd) and the minimum and maximum value within the same period

periode	gemiddelde (g/l)	sd	min.	max.
1	5,3	1,4	0,3	9,9
2	8,2	1,1	5,6	10,2
3	5,0	1,2	3,2	8,6
4	8,9	1,1	7,2	12,8
5	4,2	1,0	2,3	6,6
6	8,0	1,8	2,9	10,7

#### 3.4.2 Mesthoeveelheid en -samenstelling

In tabel 11 zijn het spoelwaterverbruik van de stal als geheel, het mestpeil in de kelder per stalhelft en de berekende gemiddelde mestproductie per periode per dier per dag weergegeven.

**Tabel 11** Het spoelwaterverbruik in de stal, het mestpeil in de kelder per stalhelft en de berekende mestproductie per periode.

**Table 11** Amount of flushing water used (l/day), level of slurry (cm) in the pit at the end of each period and calculated slurry production (l.day<sup>-1</sup>.cow<sup>-1</sup>) per period.

periode	spoelwater (l/dag)	mestpeil stalhelft 1 (cm)	mestpeil stalhelft 2 (cm)	berekende mestproductie (l.dag <sup>-1</sup> .dier <sup>-1</sup> )
1	196	41	69	106
2	202	45	69	111
3	200	41	60	95
4	209	46	69	112
5	191	41	65	101
6	197	46	64	106

Uit tabel 11 blijkt dat de verschillen in spoelwaterverbruik, mestpeil en de berekende mestproductie tussen de perioden klein waren. In de perioden 1, 3 en 5 was het spoel-

### 3.4 Urine en mengmest

#### 3.4.1 Ureumconcentratie in urine

In tabel 10 is de gemiddelde concentratie van ureumstikstof in de urine per periode weergegeven. Het gemiddelde verschil tussen de rantsoenen was 3,5 g/l. De ureumconcentratie bij rantsoen L was gemiddeld 42% lager dan die bij rantsoen H.

**Tabel 10** Per periode de gemiddelde ureumstikstofconcentratie, alsmede de bijbehorende standaardafwijkingen (sd), minima (min.) en maxima (max.).

**Table 10** Mean concentration of urea-nitrogen per period, its standard deviation (sd) and the minimum and maximum value within the same period

periode	gemiddelde (g/l)	sd	min.	max.
1	5,3	1,4	0,3	9,9
2	8,2	1,1	5,6	10,2
3	5,0	1,2	3,2	8,6
4	8,9	1,1	7,2	12,8
5	4,2	1,0	2,3	6,6
6	8,0	1,8	2,9	10,7

#### 3.4.2 Mesthoeveelheid en -samenstelling

In tabel 11 zijn het spoelwaterverbruik van de stal als geheel, het mestpeil in de kelder per stalhelft en de berekende gemiddelde mestproduktie per periode per dier per dag weergegeven.

**Tabel 11** Het spoelwaterverbruik in de stal, het mestpeil in de kelder per stalhelft en de berekende mestproduktie per periode.

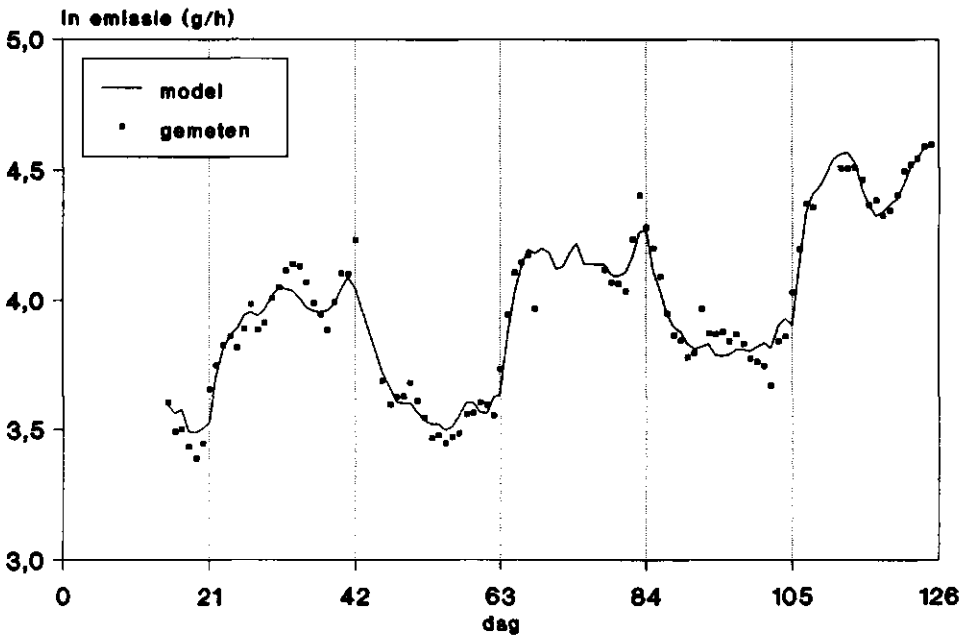
**Table 11** Amount of flushing water used (l/day), level of slurry (cm) in the pit at the end of each period and calculated slurry production (l.day<sup>-1</sup>.cow<sup>-1</sup>) per period.

periode	spoelwater (l/dag)	mestpeil stalhelft 1 (cm)	mestpeil stalhelft 2 (cm)	berekende mestproduktie (l.dag <sup>-1</sup> .dier <sup>-1</sup> )
1	196	41	69	106
2	202	45	69	111
3	200	41	60	95
4	209	46	69	112
5	191	41	65	101
6	197	46	64	106

Uit tabel 11 blijkt dat de verschillen in spoelwaterverbruik, mestpeil en de berekende mestproduktie tussen de perioden klein waren. In de perioden 1, 3 en 5 was het spoel-

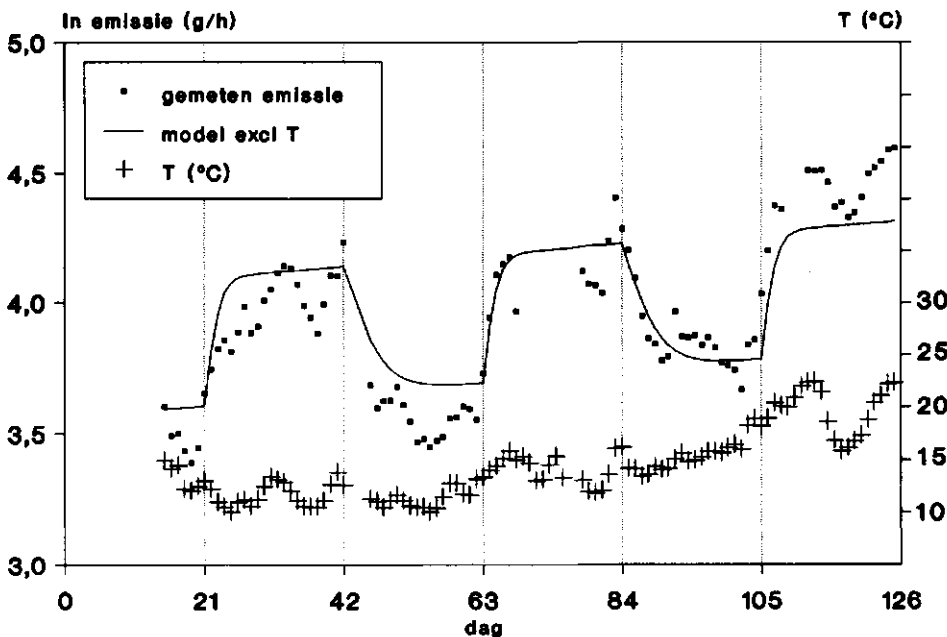
(lage emissies) naar rantsoen H (hogere emissies) sneller ging dan bij de 'tegenovergestelde' overschakeling van H naar L. De parameter voor de snelheid van de toename ( $\lambda_H$  zie bijlage E) verhoudt zich tot die van de afname ( $\lambda_L$ ) als 0,89 : -0,34. Bij de overschakeling van L naar H was binnen een week het hogere emissieniveau nagenoeg bereikt. Bij de overschakeling van H naar L duurde het benaderen van het lagere emissieniveau ongeveer twee weken. De snelheid waarmee de emissie zich aanpaste aan het rantsoen kan hebben afgehangen van zowel het aanpassingsvermogen van de dieren, als van de aanpassing van het stalmilieu (ondermeer urease-activiteit van de vloer). De aanpassing van het dier zal waarschijnlijk vooral betrekking hebben op het maagdarmkanaal, de waterhuishouding en de urinevorming.

Naast de urine kan ook de consistentie van de faeces een rol gespeeld hebben. Eerder is al opgemerkt dat bij rantsoen H de faeces duidelijk dunner waren, waardoor deze vermoedelijk over een grotere staloppervlakte zijn verspreid.



**Figuur 3** Het gemeten en het met het tijdreeksanalysemodel geschatte verloop van de ammoniakemissie. Met verticale stippellijnen zijn de dagen waarop een rantsoenomschakeling heeft plaatsgevonden (periodegrenzen) aangeduid.

**Figure 3** Real ammonia emission rates and model estimates. The dotted vertical lines indicate the days at which change-overs took place (borderlines of the periods).



**Figuur 4** Het verloop van de temperatuur, de gemeten emissie en de modelschattingen van de emissie na aftrek van het lineaire temperatureffect. Met verticale lijnen zijn de dagen waarop een rantsoenschakeling heeft plaatsgevonden (periodegrenzen) aangeduid.

**Figure 4** Temperature, real ammonia emission rates and model estimates of emission rates after subtracting the linear effect of temperature. The dotted vertical lines indicate the days at which change-overs took place (borderlines of the periods).

In tabel 14 zijn per periode de N-input en de N-output via de melk en een modelschatting van de emissie van ammoniak in de laatste week weergegeven.

**Tabel 14** De N-input (voereiwit) en de N-output via de melk (melkeiwit) en de emissie van ammoniak per dier (g/dag).

**Table 14** Nitrogen-input (crude protein) and nitrogen-output in milk (milk protein) and emission of ammonia per animal (g/day).

periode	voereiwit-N	melkeiwit-N	NH <sub>3</sub> -N
1	550	178	21
2	680	165	36
3	560	165	23
4	680	150	39
5	550	158	25
6	670	152	42

De excretie van N in de melk was in de perioden dat L gevoerd werd gemiddeld 30% van de stikstofopname en in de perioden dat H gevoerd werd 23%.

De hoeveelheid stikstof die per dier per dag uit de stal emitteerde als ammoniak was klein in verhouding tot de stikstofinput en de niet-gasvormige stikstofoutput.

## 4 Discussie

### *Ureumconcentratie in urine en emissie*

De ureumconcentratie in de urine was bij rantsoen L gemiddeld 42% lager dan bij rantsoen H, terwijl de emissie 39% lager was. Dit stemt overeen met de eerder in de simulator gevonden lineaire relatie tussen de ureumconcentratie en de emissie (Elzing en Kroodsmá, 1993). Voor een nadere onderbouwing van deze relatie is het noodzakelijk dat de ammoniakemissie bij verschillende ureum-concentraties in de urine en bij verschillende urineproducties wordt onderzocht.

De hogere ureumconcentratie bij rantsoen H sluit aan bij de hogere OEB, de hogere ruweiwitopname en de wat lagere melkeiwitproductie bij een -volgens globale metingen- niet meer dan 10% hogere mengmestproductie.

Volgens Wever (1993) zou de hoeveelheid OEB in het rantsoen op veel praktijkbedrijven lager kunnen. De OEB wordt minstens op +350 g per dag gehouden omdat gedacht wordt dat een lagere OEB ten koste van de productie gaat. Daarnaast zijn de OEB-arme voedermiddelen vaak duurder dan de OEB-rijkere (Wever, 1993).

Naast de gesuggereerde invloed van de OEB op de emissie via de stikstof- en ureum-balans, is de waterbalans waarschijnlijk evenzeer bepalend voor de hoogte van de ureumconcentratie in de urine en de resulterende emissie. Wanneer een rantsoen met een lage OEB gepaard gaat met een lage wateropname hoeft door de lagere urineproductie de stikstofconcentratie in de urine niet lager te zijn.

Om de mogelijke beperking van de ammoniakuitstoot in de praktijk te kwantificeren is inzicht nodig in de samenstelling van de gevoerde rantsoenen en de urinesamenstelling en de daaruit voortkomende ammoniakemissie. De eventuele extra kosten die gepaard gaan met een aangepast rantsoen zullen afgewogen moeten worden tegen die van andere emissie-beperkende maatregelen.

### *Zouttoevoeging*

Om de urineproductie in beide rantsoenen op een gelijk niveau te krijgen, werd er in rantsoen L ruim 2% zout extra toegevoegd aan het krachtvoer. Voor het rantsoen als geheel komt dit overeen met een zouttoevoeging van minder dan 1%. Daarmee zou de kationen-anionen-balans in beide rantsoenen hetzelfde geweest moeten zijn.

In hoeverre de zouttoevoeging van invloed is geweest op de urineproductie is niet onderzocht. Daarvoor zou het effect van rantsoen L zonder extra zout in het krachtvoer onderzocht moeten worden. Het lijkt aannemelijk dat zonder de zouttoevoeging in rantsoen L de urineproductie bij dit rantsoen duidelijk lager geweest zou zijn dan bij rantsoen H. De kleinere hoeveelheid urine zou gepaard zijn gegaan met een hogere ureumconcentratie in de urine. Het verschil in emissie tussen de rantsoenen was in dat geval waarschijnlijk kleiner geweest.

Het is in dit verband interessant om na te gaan of met andere voedermiddelen een vergelijkbaar effect te bereiken is als met zouttoevoeging.

Van Leeuwen (1970) heeft de fysiologische gevolgen van verstrekking van keukenzout in verschillende rantsoenen onderzocht. Hij vond bij koeien die gevoerd werden met kuilgras waarin 4,7% zout in de drogestof was opgenomen, ondermeer diarree en een verhoging van de bloeddruk. Dit geeft aan dat de mogelijkheden om via zouttoevoeging de urinehoeveelheid te beïnvloeden fysiologisch begrensd zijn. In het onderhavige

onderzoek hadden de faeces bij rantsoen L echter een normale consistentie, bleven de dieren in een goede conditie en handhaafde de melkproductie zich goed. Er zijn derhalve geen aanwijzingen dat bij de beperkte zouttoevoeging de fysiologische grenzen overschreden zijn.

#### *Lineaire trend*

In de statistische analyse is rekening gehouden met een lichte stijging van de ammoniakemissie in de tijd. De oorzaak van deze trend ligt niet eenduidig vast. Ook in eerdere onderzoeken (De Boer *et al.*, in voorbereiding) is wel een stijgende trend waargenomen vanaf januari, terwijl er in het najaar eerder een dalende trend is gevonden. Een mogelijke oorzaak voor de gevonden trend is een zeer geleidelijke stijging van de temperatuur van de mest in de kelder, doordat de gemiddelde buitentemperatuur, de grondwater-temperatuur en de daglengte geleidelijk toenemen. Door de proefopzet heeft de trend geen of weinig invloed op het geschatte rantsoeneffect. Correctie voor de trend door opname ervan in het model, leidt tot een nauwkeurigere schatting van het rantsoen-effect.

#### *Veevoedingsmaatregel en stalvloeraanpassing*

In dit onderzoek werd het effect van twee rantsoenen op de ammoniakemissie vastgesteld in een stal met een hellende dichte vloer. In eerder onderzoek is gebleken dat zo'n vloer in vergelijking met een standaard-roostervloer de stalemissie met 50 à 57% kan beperken (Swierstra *et al.*, 1993). In combinatie met het 2 maal daags spoelen van de vloer, wordt hier een effect van 60% verondersteld. In tabel 15 zijn de in dit onderzoek vastgestelde effecten op de stalemissie en een schatting van de te verwachten effecten bij een roostervloer in plaats van een dichte vloer weergegeven op procentuele basis. Hierbij is de geschatte emissie bij een roostervloer en het voeren van rantsoen H op 100% gesteld.

**Tabel 15** De vastgestelde effecten bij een dichte vloer en een schatting van de te verwachten effecten op de stalemissie bij een roostervloer (R= roostervloer; D= dichte vloer, die 2x daags wordt gespoeld).

**Table 15** *Effects as found on the solid floor in this experiment and estimates of the effects expected on a slatted floor (R= normal slatted floor; D= solid floor with epoxy mortar covering, sloped to the middle with a urine drain in the middle and a flushing system operating twice a day to prevent slipping).*

rantsoen	stalvloer	NH <sub>3</sub> -emissie (%)
H	R	100
L	R	61
H	D	40
L	D	24

Uiteraard levert overschakeling van de combinatie H en R, naar de combinatie L en D geen reductie van 40% + 60% = 100% op. Waarschijnlijker is de hier geschatte reductie van 40 + 60 \* (100-40) = 76%. De feitelijke omvang van het gezamenlijke effect van L en D ten opzichte van H en R kan alleen op basis van een extra onderzoekinspanning



gekwantificeerd worden, aangezien de vorm en grootte van de interactie niet bekend zijn. De in de tabel gekwantificeerde effecten bij roostervloeren zijn bedoeld als globale indicatie.

### *Emissie-eenheden*

De hoeveelheid stikstof die als ammoniak uit de stal emitteerde, was klein in verhouding tot de stikstofinput en de niet-gasvormige stikstofoutput. De stalemissie werd in dit onderzoek vastgesteld in g/h en was afkomstig van 34 hoogproductieve, lacterende dieren. De orde van grootte van de ammoniakemissieproblematiek in Nederland wordt beter zichtbaar als het aantal dieren en cumulatieve cijfers over langere perioden worden beschouwd.

De emissie wordt in de praktijk vaak uitgedrukt per dierplaats en per maand. Een stalemissie van 35 g/h (het geschatte niveau bij rantsoen L) komt overeen met een emissie van  $(35/34 * 24 * 30 =) 740$  g per koe per maand. Bij vergelijking van emissiecijfers is het wenselijk dat ook de melkproducties, de lactatiestadia en de drachtigheidsstadia van de dieren in de stal betrokken worden. De invloed van deze factoren op de emissie is nog niet bekend. Indien de emissie hoofdzakelijk door de ureumconcentratie in de urine bepaald wordt, zou de absolute hoeveelheid uitgescheiden stikstof in dit verband van ondergeschikt belang zijn. De efficiëntie waarmee de stikstof wordt vastgelegd in melk- en lichaamseiwit kan variëren onder invloed van de hiervoor aangegeven factoren. De mogelijke consequenties hiervan voor de urineproductie en -samenstelling zijn echter niet bekend.

### *Vervolgonderzoek*

Uit het voorgaande is duidelijk gebleken dat veevoedingsmaatregelen kunnen bijdragen aan de beperking van de stalemissie. De mate waarin hiermee landelijk of op een individueel bedrijf een emissieverlaging bewerkstelligd kan worden, kan vooralsnog niet aangegeven worden. Daartoe is meer inzicht nodig in de invloed van rantsoencomponenten op de urinesamenstelling en -hoeveelheid. De waterbalans van het dier en het mineralen- en het eiwitaanbod in het rantsoen zijn in dit verband van groot belang. Ook zouden interactie-effecten die mogelijk optreden bij het toepassen van zowel een veevoedingsmaatregel als een andere maatregel in de stal, onderzocht moeten worden.

## 5 Conclusies

Uit dit onderzoek blijkt dat de ammoniakemissie uit een melkveestal beperkt kan worden door het winterrantsoen aan te passen.

Door het rantsoen aan te passen kon de ureumconcentratie in de urine verlaagd worden. Het rantsoen dat leidde tot een lagere ureumconcentratie in de urine, leidde -bij een vermoedelijk gelijke urineproductie- eveneens tot een lagere ammoniakemissie. De resultaten stemmen overeen met een eerder in een modelsysteem van een stal vastgestelde lineaire relatie tussen de ureumconcentratie in de urine en de ammoniakemissie.

Voedingsfysiologische factoren die de ureumconcentratie in de urine en het urinevolume bepalen zijn ondermeer de OEB (onbestendig eiwit balans) van het rantsoen, het mineralenaanbod in het rantsoen en de waterbalans van het dier.

Naast technische maatregelen in de stal, zoals mestbehandeling en een beter vloertype, kunnen gerichte veevoedingsmaatregelen in de melkveehouderij een beduidende bijdrage leveren aan de beperking van de ammoniakuitstoot.