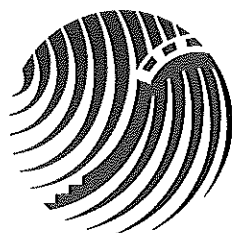


# Monitoring ammoniakemissie natuurlijk geventileerde melkveestal

G.J. Monteny  
R. Scholtens

## imag-dlo



# Monitoring ammoniakemissie natuurlijk geventileerde melkveestal

G.J. Monteny  
R. Scholtens

## Intern verslag

Nota V 99 - 44  
April 1999

© 1999  
DLO Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO)  
Mansholtlaan 10-12  
Postbus 43, 6700 AA Wageningen  
Telefoon 0317 - 476300  
Telefax 0317 - 425670

Interne mededeling IMAG-DLO. Niets uit deze nota mag elders worden vermeld, of worden vermenigvuldigd op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van IMAG-DLO of de opdrachtgever.

Bronvermelding zonder weergave van de feitelijke inhoud is evenwel toegestaan, op voorwaarde van de volledige vermelding van: auteursnaam, jaartal, titel, instituut en notanummer en de toevoeging: 'niet gepubliceerd'.

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

# Monitoring ammoniakemissie natuurlijk geventileerde melkveestal

G.J. Monteny en R. Scholtens

IMAG-DLO nota

# Inhoudsopgave

Samenvatting .....	3
1 Inleiding .....	4
2 Materiaal en methode.....	5
2.1 Stal en bedrijfssituatie .....	5
2.2 Bedrijfsvoering .....	5
2.3 Metingen.....	5
2.3.1 Besturingsprogramma en data-acquisitie .....	6
2.3.2 Injectie tracergas .....	6
2.3.3 Bemonstering van de stallucht .....	6
2.3.4 Gas-monitoren .....	6
2.3.5 Klimaatsmetingen.....	7
2.3.6 Ammoniakemissie .....	7
2.4 Mest- en urinemonsters .....	7
2.5 Ammoniakemissiemodel.....	8
3 Resultaten en discussie .....	10
3.1 Samenstelling mest en urine .....	10
3.2 Ammoniakemissie .....	10
3.2.1 Metingen .....	10
3.2.2 Berekeningen .....	13
4 Conclusies.....	15
Literatuur.....	16
Bijlage A      Relatie tussen ammoniakemissie en staltemperatuur	17
Bijlage B      Relatie tussen ammoniakemissie en windsnelheid	18

## Samenvatting

In het kader van het DLO Onderzoekprogramma 310 (Bedrijfsvoering, Economie en Milieukwaliteit) werd een monitoringsonderzoek uitgevoerd naar de emissie van ammoniak uit een melkveestal op het bedrijf van de familie Eggink te Laren (Gld.). Doel van het onderzoek was om door periodiek meten, gecombineerd met modelberekeningen, een schatting te verkrijgen van de ammoniakemissie, als onderdeel van het totale nutriëntenmanagement op het bedrijf. De metingen vonden plaats van 21 tot en met 24 september 1998 en van 23 januari tot en met 11 februari 1999. De 3+1-rijige ligboxenstal werd natuurlijk geventileerd. De looppaden waren uitgevoerd als roostervloer en de stal was volledig onderkelderd. De stal bood plaats aan 90 dieren. Tijdens de meetperioden waren resp. 80 en 78 stuks melkvee (melkkoeien, droogstaande koeien en jongvee) in de stal aanwezig.

De ammoniakemissie werd gemeten met de zgn. Tracergasmethode, waarbij het ventilatiedebiet werd vastgesteld door het injecteren van het tracergas SF<sub>6</sub>. De ammoniakconcentratie werd gemeten met behulp van onder andere een NO<sub>x</sub> monitor. Tevens werden de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de stallucht gemeten. De gegevens over het buitenklimaat werden betrokken van het KNMI (meteostation Hupsel). Tenslotte werd de stalemissie berekend met een ammoniakemissiemodel voor melkveestallen.

De ammoniakemissie was gemiddeld 22,7 g per uur, hetgeen overeen komt met 1,33 kg ammoniak per aanwezig dier per 190 staldagen. Dit was aanmerkelijk lager dan de norm voor ligboxenstallen (8,8 kg). De lage ammoniakemissie hing waarschijnlijk samen met een laag ventilatiedebiet (geringe luchtsnelheden en dus ammoniakvervluchtiging in de stal), de veevoeding (lage stikstofgehalten in urine en mest) en mogelijk met het gebruik van een toevoegmiddel over de roosters (Cobio-Lisier). De ammoniakemissie van de stal hing slechts in geringe mate af van het ventilatiedebiet en de staltemperatuur. De met het ammoniakemissiemodel berekende emissie kwamen bij lagere temperaturen goed overeen met de metingen; bij hogere temperaturen werd de gemeten emissie overschat.

Nader onderzoek is nodig om een sluitende verklaring te vinden voor de lage gemeten ammoniakemissie en in het bijzonder om een mogelijk effect van het gebruikte toevoegmiddel op de ammoniakemissie te kunnen vaststellen.

## 1 Inleiding

Het nauwkeurig meten van de ammoniakemissie uit natuurlijk geventileerde stallen is goed mogelijk met een door IMAG-DLO ontwikkelde, en in het kader van ammoniakregelgeving erkende, meetmethode. De ammoniakemissie van de stal wordt daarbij bepaald met behulp van tracergassen (Scholtens & Huis in 't Veld, 1997). In aangepaste vorm kan de methode worden gebruikt om het ventilatiedebiet te schatten.

In het kader van het onderzoekprogramma 310 (Economie, Bedrijfsvoering en Milieukwaliteit) van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is in september 1998 en in januari en februari 1999 een monitoringsonderzoek uitgevoerd naar de ammoniakemissie van een natuurlijk geventileerde ligboxenstal op het melkveebedrijf van de fam. Eggink te Laren (Gld.). Dit bedrijf was in de jaren daarvoor betrokken geweest bij het MDM-project (Monitoring Duurzame Melkveehouderij), waardoor de nutriëntenstromen op het bedrijf goed in kaart waren gebracht. Het ammoniak-monitoringsonderzoek had tot doel om de stikstofverliezen door de emissie van ammoniak uit de stal te kwantificeren.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de metingen. Tevens worden modelberekeningen gepresenteerd waarmee de ammoniakemissie voor de betreffende stal op jaarbasis is geschat.

In hoofdstuk 2 worden de gebruikte materialen en methoden beschreven. Hoofdstuk 3 bevat de resultaten en discussie. De conclusies staan in hoofdstuk 4 vermeld.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Stal en bedrijfssituatie

In september 1998 en in januari en februari 1999 werd de geuremissie gemeten van een natuurlijk geventileerde 3+1-rijige melkveestal (90 dierplaatsen) te Laren in Gelderland. De hoogte van de stal was ca. 8 m. Het voerhek aan de drie-rijige zijde van de stal was precies in het midden van de stal onder de nok gesitueerd. De oriëntatie van de stal was vrijwel Noord/Zuid. Tijdens de metingen stond de hoofddeur aan de zuidzijde steeds open en was de deur aan de noordzijde gedeeltelijk geopend. De breedte van de voergang was 6,6 m. De stal was voorzien van ventilatieopeningen met kleppen op ca. 2 m hoogte in de beide zijgevels en een opening met lichtdoorlatende kap in de nok van de stal. Alle mestgangen waren voorzien van betonroosters (balkbreedte 130 mm; spleetbreedte 35 mm). Het oppervlak van de roostervloer was 293,5 m<sup>2</sup>. De stal was alleen onder de betonroosters onderkelderd met een 1,80 m diepe mestkelder. De totale kelder capaciteit bedroeg daardoor circa 530 m<sup>3</sup>. De mest werd gewoonlijk éénmaal per 8 weken naar de mestsilo naast de stal gepompt.

### 2.2 Bedrijfsvoering

In september waren in het drie-rijige gedeelte 53 melkkoeien (50% Holstein en 50% MRY) aanwezig; in januari en februari waren 58 dieren aanwezig. De gemiddelde melkproductie per koe was 7.500 kg meetmelk per jaar. Het melken vond tweemaal daags plaats en wel tussen 6.30 en 8.00 uur en tussen 16.00 en 17.30 uur. In het 1 rijige gedeelte, aan de oostzijde van de voergang, waren in september 27 dieren (8 droogstaande melkkoeien en 19 stuks jongvee) en in januari en februari 20 dieren (5 droogstaande melkkoeien en 15 stuks jongvee) aanwezig.

Het basisrantsoen bestond voor 60-65% uit kuilgras en voor 35-40% uit maissilage. Daarnaast werd aan de melkkoeien gemiddeld 6 kg per koe per dag aan krachtvoer (rundvee-A-brok en melkveebrok-plusmix) verstrekt. Drinkwater was vrij beschikbaar.

De veehouder maakte gebruik van het toevoegmiddel Cobio-lisier, dat over de roosters werd toegediend (120 g per koe per week). Het middel had verlaging van de ammoniakemissie tot doel.

### 2.3 Metingen

Voor het vaststellen van de ammoniakemissie werden het ventilatiedebiet en de ammoniakconcentratie in de ventilatielucht gemeten. Voor de debietsmeting werd gebruik gemaakt van een methode waarbij het tracergas SF<sub>6</sub> (zwavelhexafluoride) met een bekende, constante volumestroom in de stal werd geïnjecteerd.

De meetopstelling was in een 'meetshelter' (2x2x3m) aan de noordoostelijke zijde naast de stal geplaatst.

### 2.3.1 Besturingsprogramma en data-acquisitie

De meetopstelling was geautomatiseerd, gebaseerd op door een PC aangestuurde data-aquisitieapparatuur. Scholtens en Huis in 't Veld (1997) geven een uitgebreide beschrijving van de toegepaste meetopstelling.

De besturingsprogrammatuur voor de data-acquisitie werd geschreven in Notebook Pro (versie 9.03) van de firma Labtech. De Notebook Pro applicatie verzamelde alle meetwaarden met uitzondering van de tracergasmetingen. De gaschromatograaf, gebruikt voor tracergasmetingen, werd aangestuurd door Chrom-Card software (versie 1.20). Om de meetwaarden van beide systemen, Notebook Pro en Chrom Card, te combineren in één bestand werd gebruik gemaakt van een in Delphi geschreven programma. De Notebook Pro applicatie verzorgde de timing van de tracergasanalyse.

Aanvullend werd de luchtvochtigheid en de temperatuur van de stallucht op een punt gemeten.

### 2.3.2 Injectie tracergas

Het tracergas werd op drie punten in de stal geïnjecteerd. De injectiepunten waren vlak boven de vloer van de voergang gelijkmatig verdeeld langs het voerhoek aangebracht. In de meetshelter werd met behulp van twee thermische Mass Flow Controllers (MFC) zuiver SF<sub>6</sub>-gas (ca. 4 ml/min) en perslucht (ca. 10 l/min) met elkaar gemengd. Dit luchtmengsel werd in de stal geïnjecteerd. De injectieleidingen bestonden uit ¼" polyetheenslang (PE). Op ieder injectiepunt werd een glazen 'kritisch capillair' (1000 ml/min) geplaatst. Hiermee werd voor een gelijkmatige verdeling van het tracergas over de injectiepunten in de stal gezorgd.

### 2.3.3 Bemonstering van de stallucht

Op 4 m hoogte werd op drie punten een verzamelmonster van de stallucht genomen. Het debiet per monsternamepunt was 1 l/min. Dit werd bereikt door gebruik te maken van een kritisch capillair per aanzuigpunt. Stallucht werd, op ieder aanzuigpunt, gefilterd met een 1,7µ glasvezel filter in een roestvast stalen (RVS) filterhuis. Voor het aanzuigen van de gemonsterde lucht werd een RVS pomp gebruikt. De leidingen van de monsternamepunten naar de pomp waren vervaardigd van PE. De koppelingen in de leidingen waren van RVS 316.

Vanaf de pomp ging één PE-leiding naar de gaschromatograaf voor de bepaling van de SF<sub>6</sub>-concentratie, en twee teflonleidingen naar twee parallel geschakelde NH<sub>3</sub>-convertors en de NO<sub>x</sub>-monitor voor bepaling van de NH<sub>3</sub>-concentratie van stal en achtergrond. Om condensvorming in de leidingen te voorkomen werd verwarmingslint (ca.13 W/m) aangebracht langs de monsternameleiding. De gehele monsternameleiding was opgesloten in een slang van versterkt PVC.

### 2.3.4 Gas-monitoren

Voor de analyse van het tracergas werd gebruik gemaakt van een gaschromatograaf (GC 8000 series van Fisons Instruments). Deze was uitgerust met een ECD-80 detector (Electron Capture Detection). Tevens was de GC voorzien van een automatisch injectiesysteem met een injectielus van ca. 50 µl. De stallucht werd continu langs het monsternamepunt van de GC geleid. Iedere 2 minuten werd een luchtmonster genomen en geanalyseerd. De scheiding van de gassen in de GC vond plaats over twee gepakte Molsieve 5A kolommen (diameter 1/8", lengte 1m). Nadat het SF<sub>6</sub> de eerste kolom was gepasseerd werd deze middels een backflush-systeem schoongespoeld. Op deze wijze raakten de 2<sup>e</sup> analysekolom en de ECD detector minder snel vervuild. Als dragergas werd N<sub>2</sub> gebruikt. Aan het begin en het eind van de meetperiode werd de apparatuur gecontroleerd, de



monitoren gejusteerd (controle en afstelling m.b.v. een referentiegas). De GC werd gejusteerd met referentiegas van SF<sub>6</sub> in N<sub>2</sub> (ca. 49,7 ppb; ± 2 %). Het gas was gecertificeerd door het Nederlands Meetinstituut (NMI) te Delft. De voor de NO<sub>x</sub>-monitor gebruikte NO-referentiegassen werden gecontroleerd met een primaire standaard (Certified Reference Material; CRM ± 0,5 %) van het NMI. De monsternamenpunten voor meting van de achtergrondconcentratie van SF<sub>6</sub> waren op een hoek van de meetshelter gesitueerd.

### 2.3.5 Klimaatmetingen

Midden in de stal op een hoogte van 4 m werd met een gecombineerde relatieve luchtvochtigheid- en temperatuurmeter uitgevoerd (Rotronic Hygromer<sup>®</sup> type I-200). Gegevens over het buitenklimaat (uurgemiddelde temperatuur, windsnelheid en windrichting) werden betrokken van het KNMI te De Bilt en waren afkomstig van het meteorostation Hupsel.

### 2.3.6 Ammoniakemissie

De emissie van ammoniak werd berekend door vermenigvuldiging van het berekende ventilatiedebiet met de gemeten ammoniakconcentratie.

Het ventilatiedebiet werd uit de gemeten concentratie van het tracergas afgeleid volgens de volgende formule:

$$\Phi_{\text{STAL}} = \frac{I_{\text{SF}_6} * 60}{\text{SF}_6} \quad [1]$$

met  $\Phi_{\text{STAL}}$  = ventilatiedebiet van de stal (m<sup>3</sup> uur<sup>-1</sup>)  
 $I_{\text{SF}_6}$  = uurgemiddeld tracergasinjectieniveau (ml min<sup>-1</sup>)  
 $\text{SF}_6$  = uurgemiddelde tracergasconcentratie (ppb)

De ammoniakemissie werd als volgt berekend, gebruik makend van het uit formule [1] berekende ventilatiedebiet:

$$E_{\text{NH}_3} = \frac{\text{NH}_3 * \rho_{\text{NH}_3} * \Phi_{\text{STAL}}}{1000} \quad [2]$$

met  $E_{\text{NH}_3}$ : ammoniakemissie (g uur<sup>-1</sup>)  
 $\text{NH}_3$ : uurgemiddelde ammoniakconcentratie (ppm)  
 $\rho_{\text{NH}_3}$ : soortelijk gewicht van ammoniak (kg m<sup>-3</sup>)  
 $\Phi_{\text{STAL}}$ : ventilatiedebiet van de stal (m<sup>3</sup> uur<sup>-1</sup>)

## 2.4 Mest- en urinemonsters

Op 18 oktober 1998 en 12 februari 1999 werden mest- en urinemonsters genomen. Met een aan een steel bevestigde steelpan werden twee mestmonsters van de toplaag van de mest geschraapt en in een mestpot gedaan. Daarnaast werden 2 monsters genomen van de mest na langdurig mixen. De urinemonsters waren afkomstig van 10 dieren en werden 's morgens verzameld terwijl de dieren in de stal wachtten om gemolken te worden (oktober) of aan het voerhek stonden om te vreten (februari). De mest- en urinemonsters werden opgeslagen in een koelbox. Van de 10 urinemonsters werd in het milieulaboratorium van IMAG-DLO een mengmonster gemaakt. De mestmonsters werden geanalyseerd op totaalstikstof (TN), ammonium-stikstof (TAN), totaal-fosfaat (TP), droge stof (ds) en pH. De urinemonsters werden geanalyseerd op TN, ureum-stikstof (UN), TAN en pH.

De TAN-gehalten van de toplaag van de mest en en het UN-gehalte van de urine werden gebruikt als invoerparameters voor het ammoniakemissiemodel, waarbij werd aangenomen dat de gegevens van toepassing waren voor de gehele betreffende meetperiode.

## 2.5 Ammoniakemissiemodel

De gemeten ammoniakemissie werd vergeleken met modelberekeningen met een stalemissiemodel (Monteny et al., 1998). De meetperioden werden daartoe opgedeeld in de volgende sub-perioden (steeds vanaf en tot 10:00 uur 's morgens; periode D tot 9:00 uur):

- maandag 21 september 1998 t/m vrijdag 25 september 1998 (periode A)
- maandag 24 januari 1999 t/m vrijdag 28 januari 1999 (periode B1)
- vrijdag 28 januari 1999 t/m maandag 31 januari 1999 (periode B2)
- maandag 31 januari 1999 t/m vrijdag 4 februari 1999 (periode C1)
- vrijdag 4 februari 1999 t/m maandag 7 februari 1999 (periode C2)
- maandag 7 februari 1999 t/m vrijdag 11 februari 1999 (periode D)

De gebruikte invoerparameters en de herkomst van de waarden staan in tabel 1. Daarbij is tevens de herkomst van de waarden van de invoerparameters aangegeven.

Tabel 1. Basisgegevens modelsimulaties beide perioden.

Parameter	Periode A	Periode B t/m D	Herkomst gegevens/opmerkingen
Aantal dieren (stuks)	80	78	Bedrijfsgegevens
Urineerfrequentie (aantal lozingen per koe per dag)	10	10	Schatting op basis van ervaringen
UN-gehalte urine (g N/l)	2,30	2,82	Urinemonsters (Zie Tabel 3)
Staltemperatuur (°C)	16,6	A: 7,2 B1: 9,4 B2: 4,7 C1: 9,1 C2: 7,5 D: 4,6	Metingen
Oppervlakte roostervloer (m <sup>2</sup> per dier)	3,68	3,77	Bedrijfsgegevens
Luchtsnelheid over roostervloer (m/s)	0,05	0,05	Schatting op basis van ervaring
pH urine op roostervloer (-)	8,6	8,6	Monteny et al., 1998
Oppervlakte mestkelder (m <sup>2</sup> per dier)	3,68	3,77	Bedrijfsgegevens
TAN-gehalte toplaag mest (g N/kg)	1,08	1,12	Mestmonsters (Zie Tabel 3)
pH toplaag mest (-)	8,6	8,6	Monteny et al., 1998
Temperatuur mest (°C)	16,6	A: 7,2 B1: 9,4 B2: 4,7 C1: 9,1 C2: 7,5 D: 4,6	Zelfde als staltemperatuur
Luchtsnelheid in mestkelder (m/s)	0,01	0,01	Schatting op basis van ervaring

Vervolgens werd de ammoniakemissie per maand voor de betreffende stal berekend, uitgaande van de parameterwaarden voor de perioden B t/m D en gebruik makend van 30-jarige gemiddelde buitenluchttemperaturen en een vast, aangenomen verschil tussen de binnentemperatuur en buitentemperatuur van +4 °C (IKC, persoonlijke mededeling). De berekeningen zijn uitgevoerd voor een situatie met 8 uur beweiding gedurende de maanden mei t/m oktober en voor de situatie waarbij de dieren permanent in de stal aanwezig zouden zijn.

### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Samenstelling mest en urine

De analyseresultaten van de bemonsterde mest en de opgevangen urine (mengmonster) staan in tabel 2.

Tabel 2. Samenstelling van de mest en de urine (in g/kg) en pH (-) tijdens de meetperioden.

Parameter	Periode A				Urine Mengmonster	Perioden B t/m D				
	Mest		Urine			Mest		Urine		
	Toplaag	Mix	Toplaag	Mix		Toplaag	Mix	Toplaag	Mix	
TN	4,78	4,46	3,79	3,74	4,59	4,37	4,68	3,98	3,96	4,18
TAN	1,18	0,97	1,70	1,70	0,038	1,16	1,08	1,87	1,88	0,094
UN					2,30					2,82
TP	0,94	0,87	0,58	0,61						
Ds	121	125	90	90		130	132	86	87	
pH	7,0	6,9	7,1	7,1	8,9	6,9	6,8	7,1	7,1	8,2

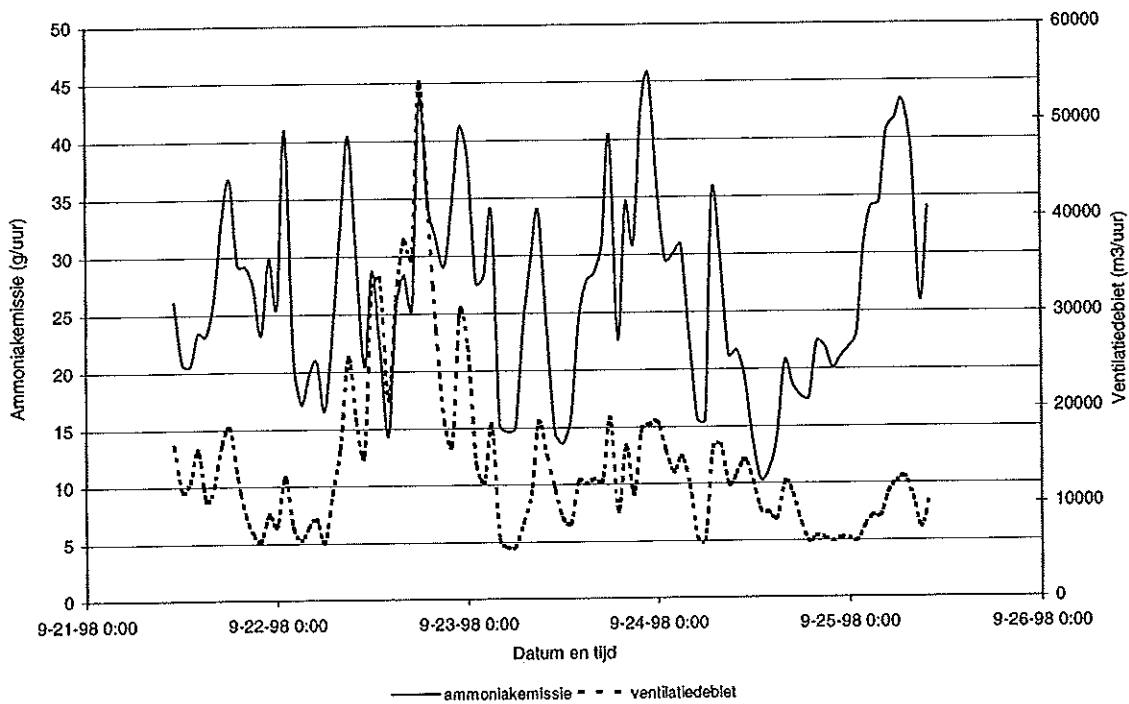
Opvallend is dat de samenstelling van de toplaag aanzienlijk afweek van de gemixte mest (Periode A; september 1998) en van de mest op ca. 0,5 m diepte (Perioden B t/m D; januari en februari 1999). Naast een hoger drogestofgehalte, dat op de aanwezigheid van een drijf laag duidt, was van de toplaag het TN-gehalte aanzienlijk hoger en het TAN-gehalte lager dan de gemixte mest. Het TAN-gehalte was voor de toplaag ca. 23% van het TN-gehalte en voor de gemixte mest ca. 46% van het TN-gehalte.

Het lage TAN-gehalte van de urine duidt erop dat deze vrij was van faeces- of mestdeeltjes, waardoor de omzetting van ureum onder invloed van urease vrijwel niet op gang was gekomen tussen het moment van opvangen in de stal en van de analyse in het laboratorium. Het TN-gehalte bestond voor 50% uit UN in periode A en voor 67% in de andere perioden. Zowel de UN-concentraties als het UN-percentage van TN waren laag in vergelijking tot ander onderzoek met melkkoeien die met een gras/mais-rantsoen werden gevoerd (Smits et al., 1993; Elzing & Kroodsma, 1993). Opvallend is voorts de hoge pH van de urine in periode A (pH 8,9) in vergelijking met de andere perioden.

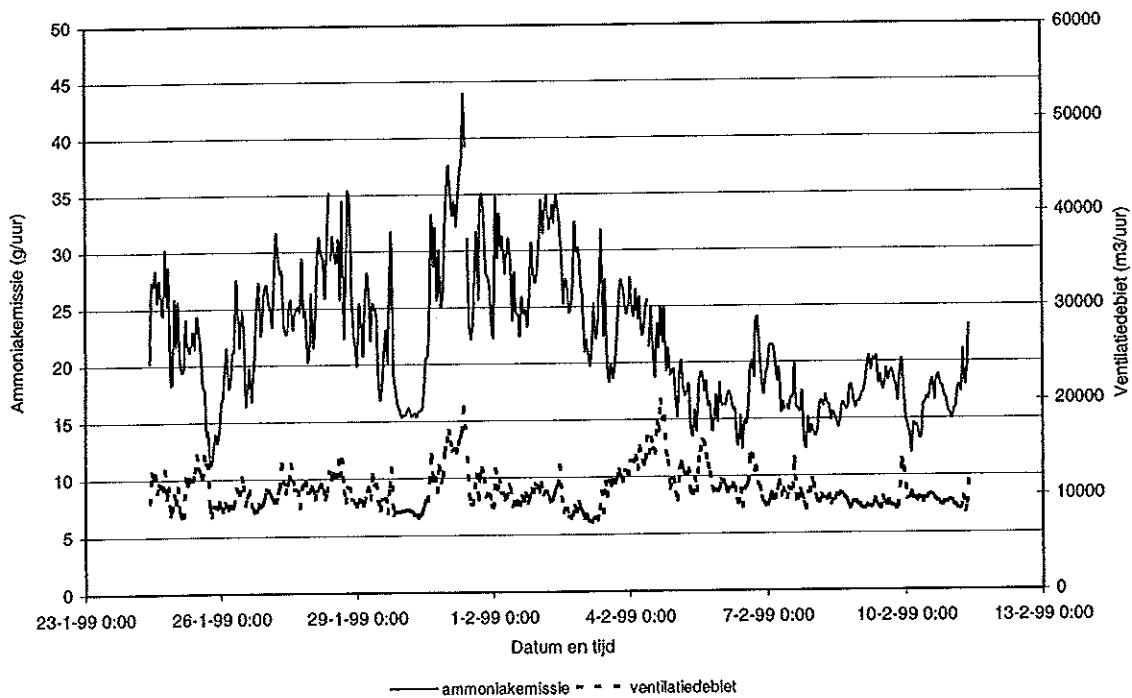
#### 3.2 Ammoniakemissie

##### 3.2.1 Metingen

In Figuren 1 en 2 is het verloop van de ammoniakemissie en het ventilatiedebiet tijdens respectievelijk periode A en perioden B t/m D weergegeven.



Figuur 1. Ammoniakemissie en ventilatiedebit periode A.



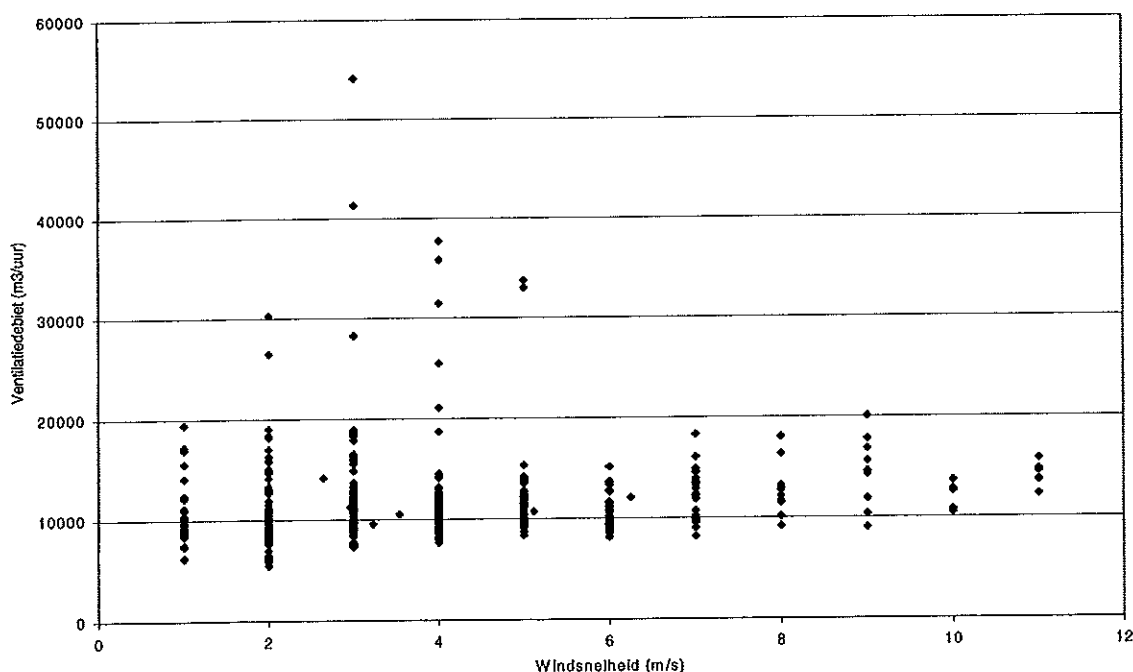
Figuur 2. Ammoniakemissie en ventilatiedebit perioden B t/m D.

Uit deze gegevens blijkt dat de ammoniakemissie tijdens beide meetperioden varieerde tussen 10 en 45 g/uur.

Met uitzondering van de periode tussen 22 september ca 08:00 uur en 23 september ca. 02:00 uur (Figuur 1) varieerde het ventilatiedebiet tussen 6.000 en 18.000 m<sup>3</sup> per uur. Het verloop van de ammoniakemissie en het ventilatiedebiet leken samen te hangen, hetgeen vooral goed zichtbaar is in Figuur 1.

Het ventilatiedebiet bedroeg gemiddeld over periode A 14.130 m<sup>3</sup> per uur en over periode B t/m D 10.830 m<sup>3</sup> per uur. Per aanwezig dier was dit respectievelijk 177 en 139 m<sup>3</sup> per uur. Scholtens & Huis in 't Veld (1997) vonden in een natuurlijk geventileerde ligboxenstal waarden tussen ca. 400 en 900 m<sup>3</sup> per uur. De betrekkelijk lage debieten in de onderhavige stal kunnen als onderbouwing worden gezien voor de lage luchtsnelheden die bij de berekening van de ammoniakemissie (paragraaf 3.2.2) zijn gebruikt.

In bijlagen A en B is de ammoniakemissie uitgezet tegen respectievelijk de staltemperatuur en de windsnelheid. Daaruit blijkt dat de ammoniakemissie lijkt toe te nemen met de staltemperatuur, terwijl een afname van de emissie zichtbaar was bij toenemende windsnelheid. De positieve relatie tussen ammoniakemissie en staltemperatuur is verklaarbaar uit het gegeven dat de vervluchtiging van ammoniak vanaf de vloer en het mestoppervlak toeneemt met de temperatuur (Monteny et al., 1998). De afnemende ammoniakemissie bij hogere windsnelheden leek vooral verband te houden met een toename van het ventilatiedebiet bij hogere windsnelheden (Figuur 3) en een meer dan evenredige verlaging van de ammoniakconcentratie in de stal. Kennelijk leidde een toename van het ventilatiedebiet bij hogere windsnelheden niet tot een verhoogde vervluchtiging, als gevolg van een hogere luchtbeweging (luchtsnelheid in de stal en de kelder) over de emitterende oppervlakken (Monteny et al., 1998).



Figuur 3. Ventilatie-debiet versus windsnelheid gedurende beide meetperioden.

In tabel 3 is de gemeten ammoniakemissie per periode opgenomen. Tevens zijn de gemiddelden van de stal- en buitentemperatuur, het ventilatiedebiet, de ammoniakconcentratie in de stal en de windsnelheid opgenomen.

Tabel 3. Gemeten ammoniakemissie (tussen haakjes in kg ammoniak per aanwezig dier per 190 staldagen) en gemiddelde stal- en buitentemperatuur, ventilatiedebiet, ammoniakconcentratie en windsnelheid per periode.

Parameter Periode	Gemeten emissie (g/uur)	Staltemperatuur (°C)	Buitemperatuur (°C)	Ventilatiedebiet (m <sup>3</sup> /uur)	Ammoniakconcentratie (ppm)	Windsnelheid (m/s)
A	26,8 (1,53)	16,6	13,4	14.132	2,97	2,6
B1	23,0 (1,34)	9,4	6,3	10.695	2,85	5,1
B2	25,3 (1,48)	4,7	- 0,7	11.229	2,94	3,0
C1	27,0 (1,58)	9,1	5,0	10.517	3,46	3,5
C2	18,1 (1,06)	7,5	4,5	12.033	2,02	6,3
D	16,8 (0,98)	4,6	- 0,4	9.560	2,33	3,3

Hieruit blijkt dat de ammoniakemissie per aanwezig dier (gemiddeld over alle perioden 22,7 g/uur ofwel 1,33 kg ammoniak per aanwezig dier per 190 staldagen) laag was, zeker in vergelijking met de landelijke emissiefactor voor ligboxenstallen (8,8 kg ammoniak per dier per 190 staldagen). Daarbij dient te worden opgemerkt dat in de stal niet uitsluitend melkkoeien aanwezig waren, maar ook een aantal stuks droogstaande koeien en jongvee. Uitgedrukt per N-equivalente melkkoe was de ammoniakemissie hoger (rond 1,5 kg ammoniak per N-equivalente melkkoe per 190 staldagen).

Mogelijke verklaringen voor deze lage ammoniakemissie zijn:

- de rantsoensamenstelling (voermanagement) die leidde tot lage gehalten aan ureumstikstof in de urine en een laag TAN-gehalte in de toplaag van de mest in de kelder (Tabel 3)
- het lage ventilatiedebiet, met waarschijnlijk een geringe luchtsnelheid over de emitterende oppervlakken (vloer, kelder) als gevolg (lage vervluchtigingsnelheid van ammoniak)
- het gebruikte middel Cobio-Lisier, dat – toegediend op de roostervloer – daar een effect kan hebben op de ammoniakvorming (afbraak ureum) en – vervluchtiging (pH verlaging) en uiteindelijk terecht komt in de mestkelder en aldaar van invloed kan zijn op de ammoniakvervluchtiging (pH verlaging, omzetting ammoniak in eiwitstikstof; persoonlijke mededeling Eggink).

Waarschijnlijk is de lage ammoniakemissie veroorzaakt door een combinatie van de bovenstaande factoren, waarbij dient te worden opgemerkt dat met name het effect van het gebruik van het middel tijdens het onderzoek niet als zodanig kon worden getoetst.

### 3.2.2 Berekeningen

In tabel 4 zijn de gemeten en berekende ammoniakemissies, alsmede het verschil 'gemeten minus berekend' weergegeven.

De overschatting van de ammoniakemissie met het model voor periode A hangt vooral samen met de staltemperatuur. Kennelijk reageerde de gemeten stalemissie anders op temperatuursveranderingen dan het model, hoewel de dalende tendensen in de gemeten en de berekende emissies bij lagere staltemperaturen enigszins overeen komen.

Tabel 4. Gemeten en berekende ammoniakemissie van de stal (tussen haakjes: kg per koe per 190 staldagen) per periode met bijbehorend verschil en staltemperatuur.

Parameter	Gemeten emissie (g/uur)	Berekende emissie (g/uur)	Gemeten minus berekend (g/uur)	Staltemperatuur (°C)
Periode				
A	26,8 (1,53)	37,4	- 10,6	16,6
B1	23,0 (1,34)	26,5	- 3,5	9,4
B2	25,3 (1,48)	18,3	7,0	4,7
C1	27,0 (1,58)	26,0	1,0	9,1
C2	18,1 (1,06)	23,2	- 5,1	7,5
D	16,8 (0,98)	18,0	- 1,2	4,6

In tabel 5 is de berekende maandgemiddelde ammoniakemissie, met en zonder beweiding, van de onderhavige stal weergegeven, uitgaande van 30-jarig gemiddelde buitenluchttemperaturen (overige modelparameters zoals gebruikt bij simulatie perioden B t/m D).

Tabel 5. Dertig-jarig gemiddelde maandtemperatuur van de buitenlucht, geschatte maand-gemiddelde staltemperatuur en maand-gemiddelde berekende ammoniakemissie van de stal in de situatie met beweiding (8 uur per dag) en zonder beweiding (permanent op stal).

Maand	Buiten-temperatuur (°C)	Binnen-temperatuur (°C)	Ammoniakemissie van de stal (kg per dier per maand)	
			Zonder beweiding	Met beweiding
Januari	2,0	6,0	0,20	0,20
Februari *1)	2,3	6,3	0,18	0,18
Maart	4,7	8,7	0,24	0,24
April	7,8	11,8	0,29	0,29
Mei	11,9	15,9	0,39	0,32
Juni	15,0	19,0	0,44	0,36
Juli	16,5	20,5	0,51	0,40
Augustus	16,5	20,5	0,51	0,40
September	14,2	18,2	0,44	0,34
Oktober	10,5	14,5	0,35	0,30
November	6,1	10,1	0,26	0,26
December	3,4	7,4	0,22	0,22

\*1): 28 dagen

Op jaarbasis bedraagt de berekende ammoniakemissie 4,03 kg per koe (314 kg voor de totale stal) in de situatie zonder beweiding en 3,51 kg (274 kg voor de stal) in de situatie met 8 uur beweiding per dag in de maanden mei t/m oktober.



## 4 Conclusies

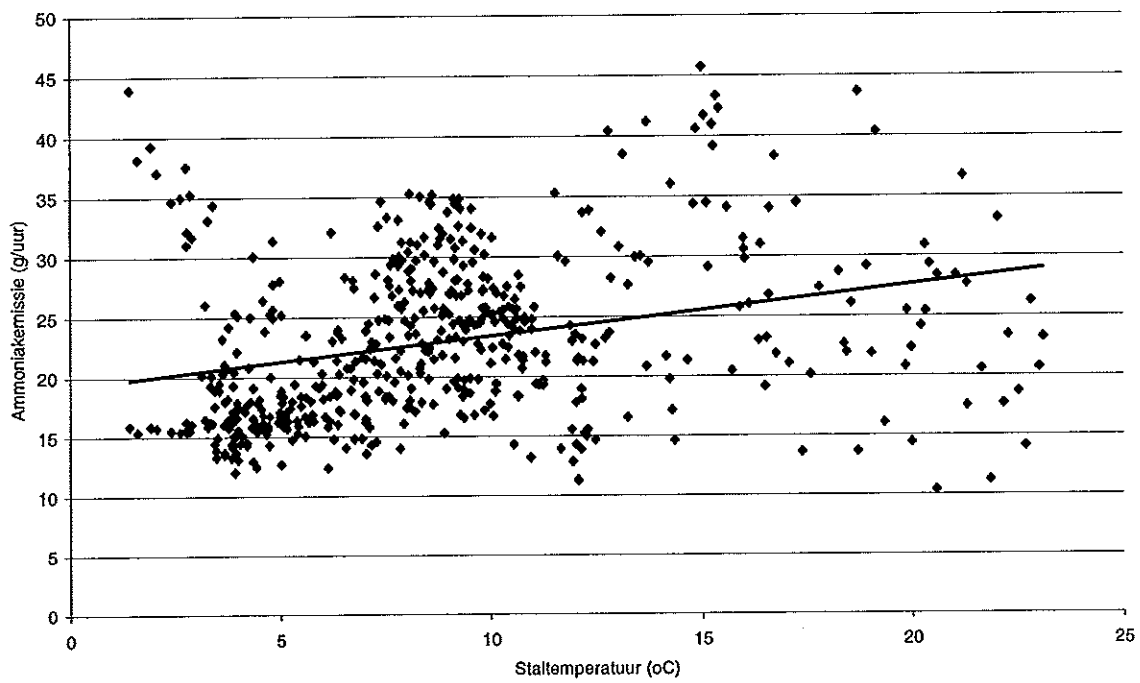
De ammoniakemissie van een natuurlijk geventileerde ligboxenstal met ca. 80 stuks rundvee (53 melkkoeien; 27 stuks droogstaand vee en jongvee) was tijdens de het monitoringsonderzoek in september 1998 en in januari en februari 1999 gemiddeld 22,7 g/uur. Dit komt overeen met 1,33 kg per aanwezig dier per 190 staldagen.

Het ventilatiedebiet van de stal was laag, evenals de gehalten aan ureumstikstof in de urine en ammoniumstikstof in de toplaag van de mengmest. Deze factoren, gecombineerd met het gebruik van een middel over de roosters, kunnen als verklaring gelden voor de lage ammoniakemissie.

## Literatuur

- Elzing, A. en W. Kroodsma, 1993. Relatie tussen ammoniakemissie en stikstofconcentratie in de urine van melkvee. Rapport 93-3, IMAG-DLO, Wageningen, 22 pp.
- Monteny, G.J., D.D. Schulte, A. Elzing en E.J.J. Lamaker, 1998. A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall cubicle dairy cow houses. Transactions of the ASAE 41(1): 193-201.
- Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee. Rapport 97-1006, DLO, Wageningen, 35 pp.
- Smits, M.C.J., H. Valk, A. Elzing, J.W.H. Huis in 't Veld en A. Keen, 1993. Perspectief van beperking van de ammoniakemissie uit melkveestallen door aanpassing van het rantsoen. Rapport 93-31, IMAG-DLO, Wageningen, 36 pp.

## Bijlage A Relatie tussen ammoniakemissie en staltemperatuur



## Bijlage B Relatie tussen ammoniakemissie en windsnelheid

