
Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVII

Natuurlijk geventileerde potstal voor melkgeiten

Naturally ventilated, deep litter housing for dairy goats

Ing. J.W.H. Huis in 't Veld
Ing. E. Evers
Dr. Ir. G. Mol

IMAG Rapport 2002-18

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVII

Natuurlijk geventileerde potstal voor melkgeiten

Naturally ventilated, deep litter housing for dairy goats

Ing. J.W.H. Huis in 't Veld
Ing. E. Evers
Dr. Ir. G. Mol

IMAG Rapport 2002-18
december 2002

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Huis in 't Veld, J.W.H., E. Evers en G. Mol

Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVII – Natuurlijk geventileerde potstal voor melkgeiten = Naturally ventilated, deep litter house for dairy goats / J.W.H. Huis in 't Veld, E. Evers en G. Mol. – Wageningen: IMAG. – (Rapport / Stichting Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek; 2002-18).

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

ISBN 90-5406-222-3

NUGI 849

Trefwoorden: ammoniakemissie, geuremissie, leghennen, mestverwijdering, strooiselverwijdering

C 2002-18 IMAG

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 0317-476300

Telefax 0317-425670

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

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

Abstract

J.W.H. Huis in 't Veld, E. Evers and G. Mol. Research into the ammonia emission from livestock production systems LVII: Naturally ventilated, deep litter housing for dairy goats. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 2002-18, in Dutch, with summary in English, 19 pp.

Ammonia emission from animal husbandry has to be reduced in the Netherlands by 86% in the year 2010, compared with the emission level in 2000. Moreover, new legislation on odour emission for animal husbandry is being prepared. Within this framework research was carried out into the emission of ammonia and odour for naturally ventilated deep litter housing for dairy goats. The research was carried out during two periods, one in the summer of 1999 and one in the winter of 1999/2000.

The building housed 100 dairy goats in the first measuring period (summer), and 159 goats in the second period (winter). The ammonia emission per animal was 5,4 kg/year and 2,1 kg/year per goat respectively. These emissions were considerably higher than the emission factor of 1,9 kg /year per animal place in the UAV (implementation of regulation on ammonia emissions from livestock husbandry). The odour emission was 18,2 OU_E/s per goat.

Voorwoord

Onderzoek naar de emissie uit veestallen onder praktische omstandigheden vergroot het inzicht in en de kennis over de milieubelasting. Met deze kennis nemen de mogelijkheden toe om deze belasting te verminderen c.q. te voorkomen. Op voordracht van de Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen is onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een potstal voor melkgeiten. Het onderzoek is uitgevoerd door IMAG in een stal van de familie van Haaren te Bennekom. Wij zijn alle partijen zeer erkentelijk voor de goede samenwerking. Wij vertrouwen erop dat van de resultaten een nuttig gebruik wordt gemaakt.

Dr. ir. J.P.M. Sanders

Algemeen Directeur
Kenniseenheid Agrotechnologie en Voeding (KE ATV)

Inhoud

Abstract	2
Voorwoord	6
1 Inleiding	8
2 Materiaal en methode	9
2.1 Stal- en bedrijfssituatie	9
2.1.1 Bedrijfssituatie	9
2.1.2 Huisvesting	9
2.1.3 Ventilatie	9
2.2 Bedrijfsvoering	9
2.2.1 Zoötechniek	9
2.2.2 Voeding	9
2.2.3 Gezondheid	10
2.2.4 Stromanagement	10
2.3 Metingen	10
2.3.1 Algemeen	10
2.3.2 Productiegegevens	11
2.3.3 Stroanalyses	11
2.3.4 Klimaat	11
2.3.5 Concentratietingen	11
2.3.6 Geurconcentratie	12
2.4 Dataverwerking	12
3 Resultaten en discussie	14
3.1 Klimaat	14
3.2 Stromonsters	14
3.3 Ammoniakconcentratie en –emissie	15
3.4 Geurconcentratie- en emissie	16
4 Conclusie	17
Literatuur	18
Samenvatting	20
Summary	21
Bijlagen	22

1 Inleiding

De belangrijkste verzurende componenten van ons milieu zijn SO_2 (zwaveldioxide), NO_x (stikstofoxiden; NO en NO_2 (stikstofmonoxide en stikstofdioxide)) en NH_3 (ammoniak), samen met hun reactieproducten, in het kort SO_x , NO_y en NH_x genoemd. In 1999 was 66% van de NH_x depositie uit eigen land afkomstig. De landbouw droeg in 2000 voor 94% bij aan de nationale emissie van NH_3 . De Nederlandse overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 2000 (157 kton) in 2010 tot 100 kton gedaald moet zijn. De bijdrage van de landbouw aan de NH_3 emissie moet dan gedaald zijn tot 86%, ofwel 86 kton (Sliggers, 2001). Om de tot doel gestelde emissiereductie te kunnen realiseren is onder andere invoering van emissiebeperkende staltechnieken en -systemen noodzakelijk.

Naast de problematiek van de emissies van ammoniak speelt ook de geurhinder die wordt veroorzaakt door landbouwactiviteiten een steeds belangrijkere rol in de wet- en regelgeving. De landbouwsector is, samen met de industrie en het wegverkeer, een belangrijke bron van geurhinder in Nederland. Zo ervoer in 1995 16% van de bevolking geurhinder van landbouwactiviteiten, 12% van industrie en 8% van verkeer (VROM, 1998). De belangrijkste overheidsdoelstelling voor beheersing van geurhinder in 2000 was stabilisatie op het niveau van 1985. In het Nationaal Milieubeleidsplan van 1989 is hierover opgenomen dat maximaal 750.000 woningen in 2000 geurbelast mogen zijn. Dit komt overeen met een landelijk gemiddeld percentage van 12% geurgehinderde in 2000. Voor 2001 zijn deze cijfers niet veranderd. Voor het jaar 2010 geldt als doelstelling geen ernstige hinder (VROM, 1989).

Geurhinder in de landbouw wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door twee bronnen, namelijk het toedienen van dierlijke mest en het vrijkomen van geur uit de veehouderijgebouwen. Vanaf de jaren zeventig is regelgeving ontwikkeld om de geurhinder door emissie van veehouderijgebouwen te beperken. Momenteel wordt voor veehouderijbedrijven de Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996 toegepast (VROM en LNV, 1996). Ter onderbouwing en verdere ontwikkeling van de Richtlijn wordt sinds 1996 in opdracht van de ministeries van LNV en VROM door IMAG een meetprogramma uitgevoerd waarin de geuremissie van thans gangbare en nieuwe veehouderijssystemen wordt vastgesteld volgens een standaard meetprotocol (Ogink en Klarenbeek, 1997; Ogink en Mol, 2002). Aanvullend hierop voert de IMAG-meetploeg sedert 1999 geurmetingen uit aan de stalsystemen die zijn opgenomen in het ammoniakmeetprogramma, met gebruikmaking van hetzelfde standaard meetprotocol voor geuremissiemeting.

Behalve via onderzoek komen er ook vanuit de praktijk ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op waarde te schatten dienen in potentie emissiearme maatregelen onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. De aanvragen voor emissiemetingen kunnen worden ingediend bij het secretariaat van de IMAG-meetploeg (Bijlage A). De Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen van de meetploeg beoordeelt alle aanvragen op de volgende criteria: perspectief voor wat betreft de vermindering van de ammoniakemissie, toepasbaarheid in de praktijk en mogelijke negatieve milieueffecten.

In bovenstaand kader werd door de IMAG-meetploeg onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkgeiten. Zowel in de zomer als in de winter werd een periode gemeten. Het loopgedeelte van de melkgeiten was voorzien van een strolaag (pot). De geiten kregen gedoseerd krachtvoer en konden onbeperkt gerstestro opnemen. Dagelijks werd een hoeveelheid niet opgegeten stro in de pot geveegd, zodat de strolaag geleidelijk dikker werd.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal- en bedrijfssituatie

2.1.1 Bedrijfssituatie

Het onderzoek werd uitgevoerd in een natuurlijk geventileerde potstal voor melkgeiten. De stal was ingericht als traditionele potstal met midden in een voergang en aan de zijkanten de loop- en ligruimte die volledig waren ingestrooid met gerstestro. In Bijlage B is de plattegrond en een doorsnede van de stal weergegeven.

2.1.2 Huisvesting

De potstal was 9,5 meter breed en 33 meter lang. In het midden van de stal was een voergang van 3 meter breed, met de strooiselruimte aan weerszijden. In de stal bevond zich ook de melkstal van 9 bij 3 meter. Het netto strooiseloppervlak in de stal bedroeg 159 m². De vloer van de stroruimten was 60 cm lager dan de vloer van de voerruimte. De dikte van de strolaag nam toe van 10 cm tot 60 cm. Er was een beperkte toetreding van daglicht in de stal door de ventilatieopeningen. De voergang was van de stroruimte gescheiden door een engels voerhek. De melkgeiten waren gedurende de hele lactatieperiode in de stal aanwezig (geen uitloop en zomers geen beweiding). Doordat de melkgeiten niet in productiegroepen waren gescheiden, konden ze zich door de gehele stal bewegen. In de stal was een 24-stands zij-aan-zij melkput (Bijman, 1983) met 12 melkstellen aanwezig.

2.1.3 Ventilatie

De stal werd natuurlijk geventileerd door middel van een open nok en inlaatopeningen in de lengtegevels. De open nok had een breedte van 35 cm. De inlaatopeningen, voorzien van windbreekgaas, hadden een hoogte van 60 cm en besloegen aan beide zijden de totale lengte van de stal.

2.2 Bedrijfsvoering

2.2.1 Zoötechniek

Omdat de geitenstapel (type Saanen-geit) nog in opbouw was, verschilde het aantal dieren gedurende de twee meetperiodes. Tijdens de eerste meetperiode was de bezettingsgraad constant met 100 melkgeiten. Het stro oppervlak per geit was hierdoor 1,6 m². Gedurende de tweede meetperiode werden regelmatig geiten bijgeplaatst. De gemiddelde bezetting bedroeg tijdens deze periode 159 geiten, hetgeen betekende dat iedere geit gemiddeld 1 m² stroruimte ter beschikking had. In een potstal is een ligruimte vereist van 1,1-1,5 m² per geit. Tijdens de eerste meetperiode was derhalve sprake van een geringe onderbezetting en tijdens de tweede meetperiode van een overbezetting. Biologische- en biologisch/dynamische landbouw vereisen meer ligruimte per geit namelijk 1,8 en minimaal 2 m² (Handboek Geitenhouderij, 2000). De melktijden waren 's ochtends tussen 5:45 en 7:15 uur en 's avonds tussen 17:00 en 18:30 uur.

2.2.2 Voeding

De dieren kregen beperkt krachtvoer en onbeperkt stro en water. Langs beide zijden van de voergang werd dagelijks tussen 11:00 en 12:00 uur gerstestro verdeeld. Aan het einde van de eerste meetperiode was de

voorraad gerstestro op en werd hooi gevoerd. Dit werd slecht opgenomen. Tijdens het melken en in de stal werden door middel van twee computergestuurde voerstations krachtvoer in brokvorm verstrekt. Er werden twee soorten krachtvoer verstrekt te weten: basisbrok en extrabrok (lupinen/maïs mengsel). De hoeveelheid van met name de hoogwaardige extrabrok was afhankelijk van de melkgift. In bijlage G is de krachtvoersamenstelling en het voerschema weergegeven. Voor de drinkwatervoorziening waren twee rechthoekige drinkbakken met vlotter in de strooiselruimte aanwezig. Tijdens de metingen is de kwaliteit van het drinkwater onderzocht door de Gezondheidsdienst voor Dieren. Het water bleek hard, maar geschikt voor geiten. De analyse-uitslagen staan vermeld in bijlage H.

2.2.3 Gezondheid

Tijdens het voeren en het melken werden de dieren visueel gecontroleerd. Tijdens de meetperioden was de gezondheidstoestand van de melkgeiten goed en werden geen medicijnen gebruikt.

2.2.4 Stromanagement

Indien het stroniveau in de pot op gelijke hoogte kwam met de voergang werd met een kleine shovel de stromest uit de stal verwijderd. De vloer werd vervolgens weer bedekt met een schone strolaag van 10 cm. Dit kwam tijdens de metingen niet voor. Het niet opgenomen stro werd dagelijks in de pot verdeeld. De hoeveelheid gerstestro die werd opgenomen en de hoeveelheid die in de pot werd gestrooid zijn niet bepaald. Naarmate het aantal dieren toenam, groeide het stroverbruik. Naar schatting werd 0,5 kg stro per geit per dag in de pot gestrooid.

2.3 Metingen

2.3.1 Algemeen

De metingen besloegen een zomerperiode en een winterperiode. De metingen voor de zomerperiode zijn gestart op 13 april 1999 en gestopt op 7 juli 1999 en voor de winterperiode op 6 oktober 1999 en 1 maart 2000. Tijdens de winterperiode is langer doorgemeten omdat bij aanvang veel storingen in de apparatuur optraden.

Gedurende de meetperioden zijn de volgende variabelen continu gemeten:

- relatieve luchtvochtigheid RV (%) van de stal- en buitenlucht (zie § 2.3.4);
- temperatuur T (°C) van de stal- en buitenlucht (zie § 2.3.4);
- NH₃-concentratie (ppm) van de gemiddelde stallucht die de stal via de nok verliet en de achtergrondconcentratie rondom de stal (zie § 2.3.5);
- SF₆-concentratie (ppb) van de gemiddelde stallucht en de achtergrondconcentratie rondom de stal (zie § 2.3.5).

Wekelijks werden van de strolaag in de pot monsters genomen en geanalyseerd. Van 3 tot 5 deelmonsters verdeeld over de stal werd één mengmonster samengesteld (zie § 2.3.3). De geurconcentratie werd tien keer bepaald (zie § 2.3.6).

De meetapparatuur was geïnstalleerd in een mobiele meetwagen. De meetopstelling was geautomatiseerd door middel van PC gestuurde data acquisitieapparatuur. De besturingsprogrammatuur voor de data acquisitie werd geschreven in Notebook Pro (versie 10.1) 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. Wekelijks werd de stal bezocht, werden filters vervangen en werd de meetapparatuur gekalibreerd. Alle veranderingen en werkzaamheden werden genoteerd in een logboek.

In de meetwagen werd met behulp van twee thermische Mass Flow controllers (MFC) zuiver SF₆-gas (zwavel hexafluoride) en perslucht met elkaar gemengd. Het tracergasmengsel werd op 28 plaatsen verdeeld in de potstal over de strolaag gedoseerd. De inlaatpunten waren gemonteerd aan de scheidingsmuur tussen de pot en de voergang. Het tracergas werd over de strooisellaag geblazen. De injectie vond plaats door 1/4" roestvrijstalen leidingen met speciaal ontworpen injectiepunten. In ieder injectiepunt was een orifice (plaatje met klein gaatje) geplaatst. Hierdoor werd het tracergas gelijkmatig over de injectiepunten in de stal verdeeld. Door de aangepaste vorm en het gebruik van een sinterfilter voor ieder orifice werd voorkomen dat de injectiepunten verstopt raakten.

2.3.2 Productiegegevens

Tijdens de eerste meetperiode werden de melkcontrolegegevens geregistreerd. Door veranderingen in stalbezetting konden melkcontrolegegevens van de tweede meetperiode niet worden gebruikt. De melkgeiten werden in drie groepen verdeeld, te weten: jaarlingen, drachtige 2-jarige geiten en ouder fokmateriaal. Met behulp van correctiefactoren voor lactatiestadium werd een 305 dagenvoorspelling van de melkproductie, het vetgehalte en het eiwitgehalte berekend. De 305 dagenproductie per geit was 936 kg melk, met 3,62 gram vet en 3,22 gram eiwit.

2.3.3 Stroanalyses

Wekelijks werden monsters genomen van de strolaag. Van 3 tot 5 deelmonsters verdeeld over de stal werd één mengmonster samengesteld. Van dit mengmonster werd het drogestofgehalte bepaald volgens de gravimetrische methode door droging bij 105 °C tot een constant gewicht. Verder werden de pH, en de gehalten aan totaal-N, ammonium-N (destillatie methode), totaal-P (fotometrische methode) en totaal-K (vlamfotometrische methode) bepaald. Als monstervoorbereiding voor de NPK-analyses vond destructie plaats van de mest.

2.3.4 Klimaat

De temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). De nauwkeurigheid van deze sensoren was ± 1,0 °C en ± 2 %. De sensoren hingen in een diagonale lijn op éénderde en tweederde van de stal op ongeveer 2,5 meter hoogte. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden gemeten in de schaduw aan de noordzijde van de stal op 3 meter hoogte. De sensoren werden vóór en na elke meetperiode gecontroleerd.

2.3.5 Concentratieingen

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Advanced Pollution Instrumentation Inc., model 200A). Deze methode staat beschreven in Scholtens (1993); een korte omschrijving is in bijlage C opgenomen. Om NH₃ met de NO_x-monitor te kunnen meten moet het eerst door een convertor omgezet worden tot NO. Het gevormde stabiele NO werd door teflonslangen naar de monitor geleid en daar gemeten. De gemeten NH₃-concentratie in ppm werd met een factor 0,71 (bij 20 °C en 1 atm.) omgerekend naar mg NH₃ per m³ lucht (Weast *et al.*, 1986). Iedere week werd de monitor gekalibreerd met 7,8 ppm NO-gas en zonodig werden de filters van de convertors vervangen. De resultaten van de kalibraties van de monitor staan vermeld in Bijlage C. Volgens het gebruikte meetprincipe was het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie. De convertors werden voor en na de beide meetperioden gekalibreerd. Deze resultaten zijn vermeld in Bijlage D.

Voor de analyse van het SF₆ tracergas werd gebruik gemaakt van een gaschromatograaf (Fisons Instruments, model 8000), die was uitgerust met een ECD-80 detector. De GC werd wekelijks gekalibreerd

met een ijkgas van SF₆ in N₂ (50,5 ppb; ± 2%). De resultaten van de kalibraties van de GC zijn vermeld in Bijlage E.

De stallucht werd bemonsterd met een ¼" roestvrijstalen verwarmde verzamelleiding. Deze leiding hing in de lengte van de stal en in het midden boven de voergang op ca. 3 meter hoogte. Over deze lengte verdeeld werd op zeven plaatsen stallucht aangezogen met een debiet van 1 l/min per monsternamepunt. Vanaf de buitenzijde van de stal naar de meetwagen, ging de roestvrijstalen leiding over in een ¼" polyethyleenleiding.

Aan de buitenkant van de beide lange zijden van de stal werd de buitenlucht bemonsterd op 1,5 m hoogte. Aan iedere zijde werd op twee plaatsen buitenlucht aangezogen door verwarmde ¼" PE leidingen. De buitenluchtconcentratie van ieder monsternamepunt werd afzonderlijk geanalyseerd.

2.3.6 Geurconcentratie

De geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geuremissies uit de veehouderij (Werkgroep Emissiefactoren, 1996). Het monsternamepunt voor de geur bevond zich in het midden van de stal boven de voergang en onder de nok op circa 2,5 meter hoogte. In totaal werden 10 geurmetingen in de stal verricht. De metingen werden zo veel mogelijk gelijkmatig verspreid over de meetperiodes. De te analyseren lucht werd tussen 10:00 en 12:00 uur aangezogen door een pomp bij de meetapparatuur. De bemonstering werd uitgevoerd met behulp van de zogenaamde longmethode. Hierbij werd een lege monsterzak, die zich in een gesloten vat bevond, via een teflonslang gevuld met stallucht. Door de lucht uit het vat te zuigen (0,5 l/min) ontstond in het vat onderdruk en werd stallucht aangezogen. De stallucht werd vóór het monstervat gefilterd met een stoffilter (1-2 µm).

De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van het IMAG volgens de voornorm NVN 2820 met wijzigingsblad A1 (1995). Het gebruik van het wijzigingsblad wil zeggen dat gebruik werd gemaakt van het zogenaamde zekerheids criterium bij het vaststellen van de geurdrempel van het geurpaneel, hetgeen een verbetering is ten opzichte van de eerste versie van NVN 2820. Het geurlaboratorium van IMAG is onder nummer K072 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses. Aan de geuranalyses werd deelgenomen door een groep van 4 tot 6 panelleden in wisselende samenstelling. De gevoeligheid van de panelleden werd voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en -emissies werden vermeld in resp. OU_E/m³ en OU_E/s. De uitdrukking 'OU_E' staat hierbij voor 'European Odour Units'. Deze terminologie werd ontleend aan de Pre European Norm (PrEN) 'Odours' die binnen afzienbare tijd van kracht wordt. Verder gaf deze terminologie betere aansluiting bij de internationale literatuur op het betreffende vakgebied. Tot aan de invoering van de PrEN geldt voor binnenlands gebruik: 1 OU_E/m³ = 2 g.e./m³ (g.e. = geureenheid). De eenheid g.e. wordt gebruikt voor metingen volgens de eerste versie van de NVN 2820 waarin geen gebruik werd gemaakt van het zekerheids criterium.

2.4 Dataverwerking

Ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de convertors en de monitor-kalibraties. De tracergasconcentraties werden gecorrigeerd voor de gaschromatograaf kalibraties. Missende uurwaarnemingen (als gevolg van kalibraties en storings van de apparatuur) van ventilatiedebieten, gasconcentraties en klimaat werden niet geïnterpoleerd.

De ammoniakemissie uit de geitenstal werd berekend volgens de bronsterktetracer-methode. Bij deze methode wordt uitgegaan van de aanname dat het tracergas (SF₆) en het gas waarvan de bronsterkte bepaald moet worden (NH₃), zich op dezelfde wijze vanaf het bronniveau (pot) door de stal verdelen (Scholtens en Huis in 't Veld, 1997). In dat geval is de verhouding van de bronsterktes van beide gassen af te leiden uit de verhouding van de gemeten gasconcentraties. Voorwaarden voor deze metingen zijn dat:

- het tracergas bij de ammoniakbron wordt geïnjecteerd;
- een representatief luchtmonster wordt genomen daar waar de meeste lucht de stal verlaat.

De volgende vergelijking beschrijft de berekeningswijze van de ammoniakemissie volgens de bronsterkte-tracermethode in de praktijk:

$$Q_{\text{NH}_3}^{\text{NTP}}(i, j) = \frac{Q_{\text{SF}_6}^{\text{NTP}}(i, j)}{C_{\text{SF}_6}^{\text{V}}(i, j)} * C_{\text{NH}_3}^{\text{V}}(i, j) = K_{\text{M}} * C_{\text{NH}_3}^{\text{V}}(i, j) \quad (1)$$

met:

- $Q_{\text{NH}_3}(i, j)$: NH_3 -bronsterkte op uur i van dag j [ml/min];
 K_{M} : mengfactor [m^3/min];
 $Q_{\text{SF}_6}(i, j)$: uurgemiddeld SF_6 -injectieniveau tijdens uur i van dag j [ml/min];
 $C_{\text{NH}_3}(i, j)$: uurgemiddelde NH_3 -concentratie tijdens uur i van dag j [ml/m^3];
 $C_{\text{SF}_6}(i, j)$: uurgemiddelde SF_6 -concentratie tijdens uur i van dag j [ml/m^3];
 V : verschilmeting tussen binnen- en buitenlucht;
 $i = 1 \dots 24$: uur op een dag;
 $j = 1 \dots N$: nummer van een meetdag in de meetperiode;
 NTP : normaaltemperatuur (273,15 K) en -druk (1013,25 hPa);

De NH_3 -bronsterkte werd berekend door het SF_6 -injectieniveau (ml/min) te vermenigvuldigen met de verhouding tussen NH_3 - en SF_6 -verschilmetingen (ml/m^3) tussen binnen- en buitenlucht. De aldus berekende ammoniakemissie werd verondersteld gelijk te zijn aan de NH_3 -bronsterkte van de stal. De mengfactor K_{M} (m^3/min) werd berekend uit de verhouding tussen het SF_6 -injectieniveau en de gemeten verschilconcentratie van SF_6 binnen en buiten de stal. Aangenomen is dat de berekende mengfactor K_{M} (zie vergelijking 1), overeenkomt met de hoeveelheid lucht die de stal verliet.

De ammoniak-bronsterkte in ml/min werd als volgt omgerekend naar de ammoniakemissie in g/uur:

$$E(i, j) = Q_{\text{NH}_3}^{\text{NTP}}(i, j) * \rho^{\text{NTP}} * \frac{60}{1000} \quad (2)$$

met:

- $E(i, j)$: ammoniakemissie op uur i van dag j [g/uur];
 ρ : soortelijk gewicht van ammoniak [g/l];
 60 : aantal minuten in een uur;
 1000 : omrekeningsfactor van mg naar g.

De ammoniakemissie werd gerelateerd aan het gemiddeld aantal aanwezige melkgeiten tijdens de beide meetperiodes en niet aan het aantal dierplaatsen. De berekende ammoniakemissies werden vergeleken met de emissiefactor voor geiten, code C 1 (Wijziging Uitvoeringsregeling, 2000).

De geuremissie (OU_e/s) werd berekend als het product van geurconcentratie (OU_e/m^3) en de berekende mengfactor tijdens de monsternamen-uren. Per meting werd een geuremissie uit de stal berekend. Voor beide meetperiodes werd een geometrisch gemiddelde berekend op basis van het aantal metingen per periode. Dit werd bereikt door de natuurlijke logaritme van de geuremissies te nemen, deze te middelen en vervolgens weer via de exponentiële functie op normale schaal uit te drukken. Voor beide meetperiodes werd, op basis van het gemiddelde aantal aanwezige melkgeiten, de geuremissie per geit berekend.

3 Resultaten en discussie

3.1 Klimaat

In Tabel 1 zijn de klimaatgegevens tijdens beide meetperioden weergegeven. Ook de mengfactor (K_M in m^3/uur) is in de tabel vermeld. In bijlage I en J zijn de resultaten van bovengenoemde parameters grafisch weergegeven.

Tabel 1. Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en de stallucht en de mengfactor gemiddeld over de meetperiode en gemiddeld per aanwezig dier.

Table 1. Mean temperature and relative humidity of the outdoor air, indoor air and the mixingfactor per animal per measuring period.

Meetperiode		Zomer	Winter
Temperatuur (°C)	stal	16,0	6,3
	buiten	14,4	4,0
Relatieve luchtvochtigheid (%)	stal	68	84
	buiten	69	87
Mengfactor (m^3/uur gemiddeld)		28.335	25.197
Mengfactor (m^3/uur per gemiddeld aanwezig dier)		283	158

Uit de tabel valt op dat de staltemperatuur in de zomerperiode bijna 10°C hoger was ten opzichte van de winterperiode. De relatieve luchtvochtigheid in de stal was in de winterperiode hoger. De mengfactor was gedurende beide meetperioden vergelijkbaar. Gedurende beide meetperioden was het weer volgens het KNMI (1999, 2000) niet extreem. Van de maanden die vielen in de zomermeetperiode viel april op door het koude instabiele weer en mei door zeer warm weer (gemiddelde temperatuur van 14,2 °C tegen 12,3 °C normaal). Juni was een zeer gemiddelde weer maand. Van de maanden die in de wintermeetperiode vielen was november koud en december januari en februari was de temperatuur mild. Oktober was een gemiddelde weer maand

3.2 Stromonsters

In Tabel 2 zijn de gemiddelde analyseresultaten van de stromonsters weergegeven. De analyseresultaten van de afzonderlijke monsters staan vermeld in bijlage F.

Tabel 2. Aantal stro monsters en de gemiddelde gehalten in droge stof, ammoniumstikstof, totaal stikstof, totaal fosfor, totaal kalium, anorganische stof en de pH van het stro.

Table 2. Number of samples and the composition of the litter in terms of dry matter, total ammoniacal nitrogen, total nitrogen, total phosphors, potassium, ash and pH.

	Zomer (n=11)		Winter (n=17)	
	gemiddelde	sd	gemiddelde	sd
Drogestofgehalte (g/kg)	300	39,4	314	58,9
Ammoniumstikstof (g/kg)	4,5	1,3	3,6	1,4
Totaal stikstof (g/kg)	12,2	1,6	10,7	2,3
Totaal fosfor (g/kg)	2,0	0,5	1,9	0,5
Totaal kalium (g/kg)	9,1	2,5	11,4	2,2
Anorganische stof (g/kg)	52	3,6	49	7,5
PH (-)	8,4	0,1	8,8	0,4

Uit de statische analyse blijkt dat de mestmonsters uit beide meetperioden niet verschillen. Dit ondanks het verschil in het aantal dieren.

3.3 Ammoniakconcentratie en –emissie

In Tabel 3 zijn de basisgegevens en de resultaten van de berekeningen van de ammoniakemissie per jaar per gemiddeld aanwezige melkgeit voor beide meetperioden weergegeven. De ammoniakemissie uit de potstal was tijdens de eerste meetperiode 5,4 kg/jaar per gemiddeld aanwezige melkgeit. Tijdens de tweede meetperiode was dit 2,1 kg/jaar per melkgeit.

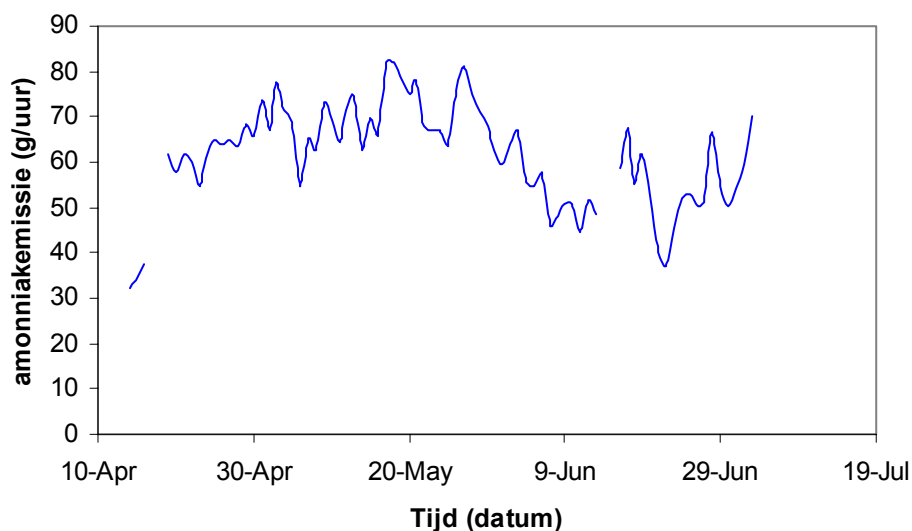
Tabel 3. Lengte van de meetperioden, aantal bruikbare dagen, het aantal melkgeiten en de ammoniakconcentratie en -emissie.

Table 3. Length of the measuring periods, number of dairy goats and the ammonia concentration and emission.

Meetperiode		Zomer	Winter
Lengte meetperiode, dagen		93	147
Aantal bruikbare dagen		70	69
Aantal geiten		100	159
Ammoniakconcentratie (mg/m ³)	Stal	3,95	2,99
	Achtergrond	0,28	0,12
Ammoniakemissie (g/uur)		61,5	38,6
Ammoniakemissie (kg/jaar per geit)		5,4	2,1

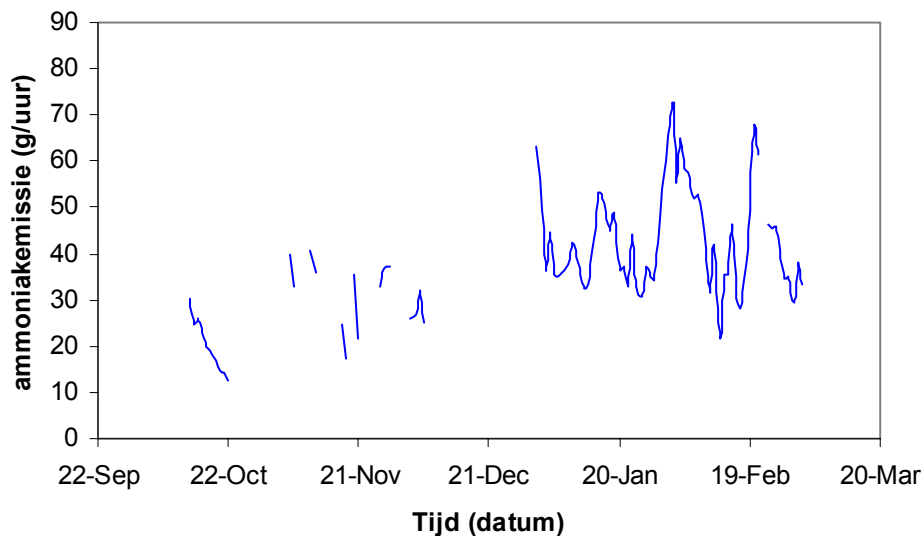
De gemeten ammoniakconcentraties zijn grafisch weergegeven in Bijlage J.

In Figuur 1 en 2 is het verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie in g/uur tijdens beide meetperioden weergegeven.



Figuur 1. Verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur) van de potstal met melkgeiten tijdens de zomerperiode.

Figure 1. Daily mean of the ammonia emission (g/h) of the deep litter goat house during the summer period.



Figuur 2. Verloop van de daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur) van de potstal met melkgeiten tijdens de winterperiode.

Figure 2. Daily mean of the ammonia emission (g/h) of the deep litter goat house during the winter period.

Met name tijdens het begin van de meetperiode in de winter deden zich vele storingen voor. De storingen waren het gevolg van verbouwwerkzaamheden op het bedrijventerrein en door het feit dat nieuwe meetapparatuur in gebruik werd genomen. Ondanks het feit dat de bezetting tijdens de eerste meetperiode in de zomer veel lager was dan tijdens de winterperiode, was de emissie per dier aanmerkelijk hoger. Verklaring hiervoor is de hogere staltemperatuur tijdens de zomerperiode. Uit tabel 1 en 2 blijkt dat bij een gemiddelde temperatuur van 16°C in de zomerperiode 37 % meer NH₃ emitteert dan bij een gemiddelde temperatuur van 6°C in de winterperiode. Dat is 3,7% per °C. Uit Elzing en Monteny (1997), Groenestein en Montsma (1991) en Hol en Groot Koerkamp (1999) blijkt dat de invloed van de staltemperatuur op de ammoniakemissie groot is.

3.4 Geurconcentratie- en emissie

In Tabel 4 is de gemiddelde geurconcentratie en –emissie voor de gehele stal per dierplaats voor beide meetperiodes gegeven. De geuremissie per melkgeit in de zomer was gemiddeld 18,2 OU_e/s en in de winter gemiddeld 18,3 OU_e/s. De gemiddelde geuremissie over 10 metingen was 18,2 OU_e/s per melkgeit. Uit de resultaten blijkt dat, ondanks dat de verschillen in klimaat, bezetting tijdens beide meetperiodes, de geuremissie per dier nagenoeg gelijk was.

Tabel 4. Gemiddelde geurconcentratie van de uitgaande lucht, ventilatiedebiet en de geuremissie uit de stal per melkgeit voor beide meetperiodes.

Table 4. Mean odour concentration of outlet air, ventilation rate and odour emission per dairy goat for both measuring periods.

Meetperiode	Zomer	Winter
Aantal metingen	6	4
Aantal melkgeiten	100	159
Geurconcentratie (OU _e)	205	215
Gemiddeld debiet (m ³ /uur)	34818	49214
Geuremissie (OU _e /s)	1819	2903
Geuremissie totaal per melkgeit (OU _e /s)	18,2	18,3

4 Conclusie

De ammoniakemissie uit de potstal met melkgeiten was tijdens de eerste meetperiode in de zomer 5,4 kg/jaar per gemiddeld aanwezige geit. Tijdens de tweede meetperiode die in de winter plaatsvond was dit 2,1 kg/jaar per gemiddeld aanwezige geit.

De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg per gemiddeld aanwezige geit tijdens de zomer- en winterperiode respectievelijk 18,2 en 18,3 OU_E/s .

Literatuur

Bijman P.A., 1983. Praktische Geitenhouderij. Groene reeks. Uitgeverij Terra Zutphen.

Elzing, A and G.J. Monteny, 1997. Modeling and experimental determination of ammonia emission rates from a scal model dairy cow house. Transactions of the ASAE 40 (3): 721-726.

Groenestein, C.M. en H. Monstma, 1991. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen; Grupstal voor melkvee. Rapport 91-1002. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, 14pp.

Handboek Geitenhouderij, 2000. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Handboek Februari 2000, Lelystad, Drukkerij Cabri b.v., 241 pp.

Hol, J.M.G. en P.W.G. Groot Koerkamp, 1999. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLIV; Rondlooptal voor dragende zeugen met voerstation en strobed. IMAG-rapport 99-08. Wageningen, 22 pp.

KNMI, 1999. Jaaroverzicht van het weer in Nederland. Jaargang 96 nr. 13, De Bilt.

KNMI, 2000. Maandoverzicht van het weer in Nederland. Jaargang 97 nr. 1 en 2, De Bilt.

NNI, 1995. NVN 2820/A1 Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, Maart 1995 (met wijzigingsblad A1, in brief aan geaccrediteerde instellingen 1996)

Ogink, N.W.M en J.V. Klarenbeek, 1997. Evaluation of a standard sampling method for determination of odour emission from animal housing systems and calibration of the Dutch pig odour unit into standardised odour units. Gepubliceerd in: Proceedings of the International symposium. Ammonia and odour control from production facilities. Vinkeloord The Netherlands, 1997. P231-238.

Ogink, N.W.M. en G. Mol, 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.

Scholtens, R. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVI: Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee. Wageningen, DLO, Rapport 97-1006, 35 pp. excl. bijlage.

Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyser. In: E.N.J. van Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-22.

Sliggers, J. (Ed.), 2001. Op weg naar duurzame niveaus voor gezondheid en natuur. Overzichtspublicatie thema verzuring en grootschalige luchtverontreiniging. Rapport VROM 010344/h/10-01 17529/187, Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, oktober 2001, 229 pp.

VROM, 1989. Nationaal Milieubeleidsplan: kiezen of verliezen. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.

VROM, 1998. Nationaal Milieubeleidsplan 3. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.

VROM en LNV, 1996. Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996. Publicatie van de Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Weast, R.C., M.J. Astle and W.H. Beyer, 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.

Werkgroep Emissiefactoren, 1996. Meetprotocol voor geuremissies uit stallen. Verkrijgbaar via het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 2000, (Wijziging UAV), Interimwet Ammoniak en Veehouderij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant 139, Den Haag, p. 16-18.

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De Nederlandse overheid heeft zich ten doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 2000 (157 kton) in 2010 tot 100 kton gedaald moet zijn. De bijdrage van de landbouw aan de NH_3 emissie moet dan gedaald zijn tot 86%. Om deze emissiereductie te kunnen realiseren is onder andere invoering van emissiebeperkende staltechnieken en -systemen noodzakelijk. De landbouwsector is tevens een belangrijke bron van geurhinder in Nederland. Ter ondersteuning van de regelgeving voor geurhinder door de veehouderij voert IMAG geuremissiemetingen uit aan stalsystemen waar ook NH_3 gemeten wordt. In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniak- en geuremissie van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkgeiten. Zowel tijdens een winter- als zomerperiode is de ammoniak- en geuremissie vastgelegd.

De potstal had een totale oppervlakte van 33 bij 9,5 meter. In het midden van de stal was een voergang van 3 meter breed, met de strooiselruimte aan weerszijden. In de stal bevond zich ook de melkstal van 9 bij 3 meter. Het netto strooiseloppervlak in de stal bedroeg 159 m^2 . De stal werd natuurlijk geventileerd middels een open nok van 35 cm breed en inlaatopeningen in de lengtegevels. De 60 cm hoge inlaatopeningen besloegen de gehele lengte van de stal en waren voorzien van windbreekgaas. Tijdens de eerste meetperiode van 13 april tot en met 7 juli 1999 bevonden zich gemiddeld 100 melkgeiten (Saanen) in de stal. Tijdens de tweede meetperiode van 6 oktober 1999 tot en met 1 maart 2000 was de stalbezetting veel hoger met gemiddelde 159 geiten in de stal. De ammoniakemissie en het klimaat werden continu gemeten; in de zomerperiode werd de geuremissie 6 maal en in de winterperiode 4 maal tussen 10 en 12 uur gemeten.

De emissiemetingen werden uitgevoerd volgens de bronsterkte-tracermethode. Als tracergas voor de debietmetingen werd zwavel hexafluoride (SF_6) gebruikt. Het tracergas werd zodanig in de stal geïnjecteerd dat het zich vergelijkbaar met ammoniak vanaf de strooisellaag (pot) kon verspreiden. Met een verzamelleiding boven de voergang werd een mengmonster van de stallucht genomen. In dit mengmonster werden de tracergas- en de ammoniakconcentratie gemeten. Uit deze concentraties en het injectieniveau van het tracergas werd de ammoniakemissie berekend.

De gemiddelde buitentemperatuur was in de eerste meetperiode $14,4 \text{ }^\circ\text{C}$, in de tweede periode $4,0 \text{ }^\circ\text{C}$. De gemiddelde staltemperatuur in deze periodes was achtereenvolgens $16,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en $6,3 \text{ }^\circ\text{C}$. De ammoniakemissie uit de stal was tijdens de zomerperiode $5,4 \text{ kg/geit per jaar}$ en tijdens de winterperiode $2,1 \text{ kg/geit per jaar}$. De gemeten ammoniakemissie was met name tijdens de zomerperiode aanzienlijk hoger dan de berekende emissiefactor van $1,9 \text{ kg/jaar per dierplaats}$ zoals vermeld in de Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij. De geometrisch gemiddelde geuremissie bedroeg in de zomerperiode $18,2 \text{ OU}_E/\text{s}$ per aanwezige geit en in de winterperiode $18,3 \text{ OU}_E/\text{s}$.

Summary

Ammonia, NO_x and SO_x are the most important components causing acidification of our environment. The Dutch government aims at a reduction resulting in a total emission of 100 kton in the year 2010, compared with the emission level of 157 kton in 2000. By then the contribution of agriculture to the emission of NH₃ must be reduced to 86%. One of the solutions can be found in introducing animal housing systems equipped with technology aimed at reducing ammonia emission. Agricultural activities are also an important source of odour emission. To support the legislation on odour emission from animal husbandry, IMAG carries out odour emission measurements in animal houses where ammonia is being measured. Within this framework research was carried out by IMAG into the emission of ammonia and odour from a traditional housing systems for milking goats.

The research was carried out during two measuring periods in a naturally ventilated deep litter housing for dairy goats. The goats were milked twice a day and kept the whole day inside. They got straw and water ad lib. and the concentrate gift was depending of the lactation stadium of the goats and supplied by two boxes. The straw what was left over, was thrown once a day into the pit. Ventilation air could enter the building through openings at both long sides of the building. The air could leave the building through the open ridge.

The goat house contained during the first measuringperiod in the summer 100 goats and the average occupation during the second period in the winter was 159 milking goats. The surface area per animal was 1,6 m² during the summer and 1,0 m² during the winter period. The measurements (ammonia and odour emissions and climate) were carried out from 13 april till 7 july 1999 (summer period) and from 6 october 1999 till 1 march 2000 (winter period). The measurements of ammonia and climate were continuously. Odour was measured 6 times during the summer period and 4 times during the winter period between 10:00 and 12:00 hours.

The average outside temperature was 14,4 °C during the summer and 4,0 °C during the winter. The average room temperatures were 16,0 °C and 6,3 °C, respectively. The ammonia emission was 5,4 kg per milking goat per year for the summer period and 2,1 kg per milking goat per year for the winter period. The geometrical mean odour emission amounted in the summer period 18,2 and in the winter period 18,3 OU_E/s per milking goat.

Bijlagen

BIJLAGE A	Kader en contactpersonen DLO-meetploeg
BIJLAGE B	Doorsnede en plattegrond van de potstal
BIJLAGE C	Principe en kalibratieresultaten NO _x monitor
BIJLAGE D	Omzettingspercentage convertors
BIJLAGE E	Kalibratieresultaten gaschromatograaf
BIJLAGE F	Stro analyses
BIJLAGE G	Voersamenstelling en voerschema
BIJLAGE H	Drinkwater analyse
BIJLAGE I	Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid
BIJLAGE J	Mengfactor en ammoniakconcentratie

BIJLAGE A Kader en contactpersonen IMAG-meetploeg

Kader

De IMAG-meetploeg verricht ammoniak- en geurmetingen ten behoeve van het ondersteunen van beleidsdoelstellingen van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Deze metingen vinden plaats aan bestaande en nieuw ontwikkelde systemen, voorzieningen en methoden tot het verminderen van de ammoniak- en geuruitstoot uit stallen. Het gaat hierbij met name om systemen waarvan de emissie nog niet eerder is gemeten (categorie I), systemen waarvan die uitstoot verandert als gevolg van beleidswijzigingen door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (categorie II) en systemen voor diersoorten waarvoor nog nauwelijks emissiearme systemen beschikbaar zijn (categorie III). Door het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij zijn financiële middelen beschikbaar gesteld voor het meten van ammoniak- en geuremissies aan voornoemde systemen. Deze systemen worden uit de aanvragen geselecteerd door de Begeleidingscommissie van onderzoeksprogramma 309 of haar gedelegeerde. Voor het uitvoeren van metingen beschikt de Begeleidingscommissie over een meetploeg. De uitvoerende instelling waaronder de meetploeg ressorteert is het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG). De metingen worden uitgevoerd volgens de beoordelingsrichtlijn "Emissiearme stallen" die is opgesteld door de Stichting Groen Label. De daarin genoemde landbouwkundige voorwaarden vallen onder de verantwoordelijkheid van de aanvrager.

Contactpersonen

Voorzitter Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen

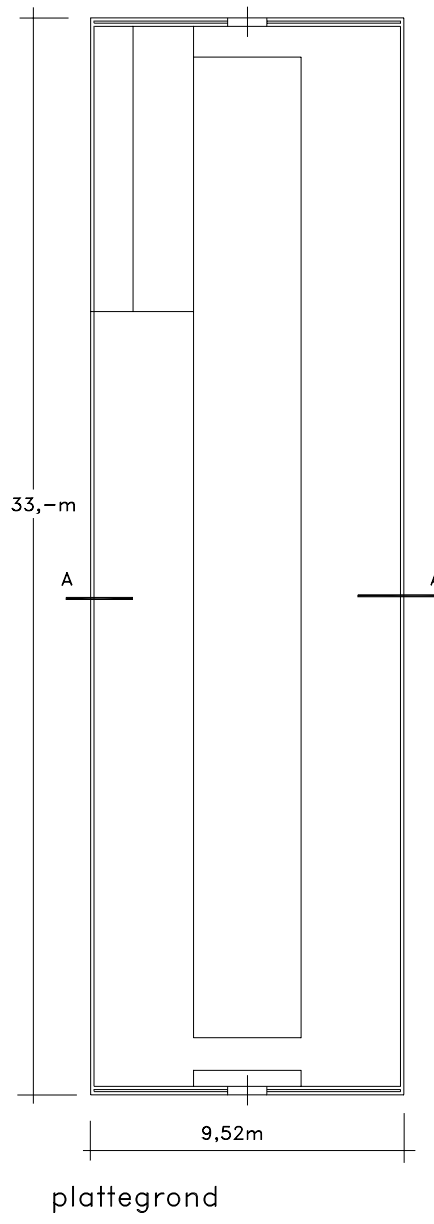
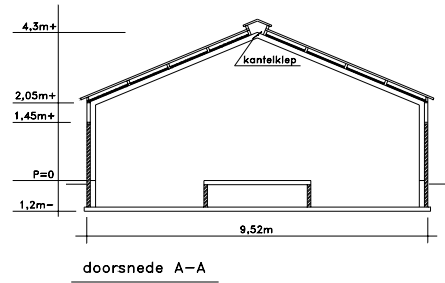
Ir. J.H.G. Tuinte
Informatie- en Kennis Centrum Landbouw
Bezoekadres: Pascalstraat 10
6716 AZ Ede
Postadres: Postbus 482
6710 BL Ede
Telefoon: 0318 67 14 33

Coördinator IMAG-meetploeg

Dr. Ir. G.J. Monteny
Instituut voor Milieu- en Agritechniek IMAG
Bezoekadres: Mansholtlaan 10-12
6708 PA Wageningen
Postadres: Postbus 43
6700 AA Wageningen
Telefoon: 0317 47 65 80

BIJLAGE B Doorsnede en plattegrond van de potstal

In onderstaande figuren zijn de doorsnede en de plattegrond van de potstal weergegeven.



BIJLAGE C Principe en kalibratieresultaten NO_x monitor

Meetprincipe

De ammoniakconcentratie wordt continu gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Advanced Pollution instimulation Inc., model 200A). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentiereactie tussen ozon (O₃) en NO. Bij deze reactie komt NO₂, zuurstof (O₂) en licht vrij. De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de NO-concentratie van de aangezogen lucht.



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

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

Kalibratieresultaten

De maximaal meetbare NH₃-concentratie was 50 ppm. De wekelijkse kalibratie van de monitor werd uitgevoerd met 7,8 ppm NO-gas tijdens de eerste meetperiode en met 9,3 ppm NO-gas tijdens de tweede meetperiode. Tijdens de eerste meetperiode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld – 4,3% en tijdens de tweede meetperiode gemiddeld 0,5%.

BIJLAGE D Omzettingspercentage convertors

In onderstaande tabel staat per meetpunt het gemiddelde omzettingspercentage van de convertors weergegeven bij aanbieding van 10 ppm NH₃. De omzettingspercentages van convertors werd bepaald voor het begin en na het einde van de meetperiode. Zowel voor de hoge concentraties (verzamelleiding uit stal) als voor de lage concentraties (achtergrond) werden 2 convertors gebruikt. Na iedere meting werd het aangevoerde gas middels een driewegklep door een andere convertor geleid. De gemiddelde waarden (afgerond op hele getallen) werden gebruikt voor de correctie van de ammoniakconcentraties.

	begin gemiddeld	eind gemiddeld	gemiddeld
Zomerperiode			
Stal	97%	95%	96%
Achtergrond	93%	93%	93%
Winterperiode			
Stal	96%	96%	96%
Achtergrond	93%	94%	94%

BIJLAGE E Kalibratieresultaten gaschromatograaf

Tracergasconcentratie

Voor de analyse van het SF₆ 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 500 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 (kolom 1: diameter 1/8", lengte 1 m; kolom 2: diameter 1/8", lengte 2 m). Nadat het SF₆ de eerste kolom was gepasseerd werd deze middels een backflush-systeem schoongespoeld. Op deze wijze raakten analysekolom 2 en de ECD detector minder snel vervuild. Als dragergas werd N₂ gebruikt.

Kalibratieresultaten

De wekelijkse kalibratie van de gaschromatograaf werd uitgevoerd met 49,7 ppb SF₆-gas tijdens de eerste meetperiode en met 45,7 ppb SF₆-gas tijdens de tweede meetperiode. Tijdens de eerste meetperiode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibratie gemiddeld 2,4%, en tijdens de tweede meetperiode gemiddeld 2,7%.

BIJLAGE F Strooiselanalyses

monstername	Totaal-N g/kg	ammonium-N g/kg	pH	Totaal-P g/kg	Totaal-K g/kg	drogestof g/kg	as g/kg
1	11.1	4.42		1.46	1.46	271	50.6
2	14.1	7.43		3.00	11.40	287	60.0
3	11.0	4.92		1.27	9.28	249	52.8
4	11.5	3.82		2.00	8.72	269	49.4
5	13.5	4.98		2.19	9.29	291	51.4
6	15.3	5.66	8.4	2.67	7.48	330	50.3
7	12.8	4.11	8.4	2.45	9.05	315	52.6
8	11.7	4.37	8.5	1.73	7.56	297	47.4
9	12.6	3.81	8.7	2.14	8.90	370	55.3
10	10.3	2.54	8.4	1.85	9.33	358	52.8
11	10.4	3.98	8.2	1.49	9.96	262	47.3
gemiddeld	12.2	4.5	8.4	2.0	8.4	299.9	51.8
sd	1.6	1.3	0.12	0.5	2.5	39.4	3.6

monstername	Totaal-N g/kg	ammonium-N g/kg	pH	Totaal-P g/kg	Totaal-K g/kg	drogestof g/kg	as g/kg
1	8.4	2.14		1.41	8.58	294	41.9
2	9.7	2.45		1.77	10.8	318	46.0
3	9.7	3.69	8.8	1.52	11.5	271	44.8
4	9.6	3.18	8.6	1.56	9.5	284	39.5
5	9.8	3.86	8.9	1.72	11.5	300	45.0
6	9.2	2.99	8.9	1.85	12.2	270	46.6
7	9.6	3.66	8.5	1.68	11.2	279	43.5
8	12.4	5.66	9.0	1.87	11.7	266	47.2
9	15.0	5.75	7.8	2.74	9.6	344	51.4
10	17.0	5.33	8.8	3.18	16.2	457	67.6
11	10.2	3.65	8.6	2.00	10.6	289	49.4
12	11.2	2.89	8.8	2.51	13.5	379	64.3
13	10.1	2.77	9.2	1.97	13.9	306	56.1
14	9.3	3.59	8.8	1.51	12.1	271	49.6
15	12.2	5.98	9.1	1.56	14.2	272	45.3
16	9.6	1.24	9.0	2.38	7.52	442	53.0
17	8.7	2.83	9.2	1.34	9.61	291	45.7
gemiddeld	10.7	3.6	8.8	1.9	11.4	313.7	49.2
sd	2.3	1.4	0.4	0.5	2.2	58.9	7.5

BIJLAGE G Voersamenstelling en voerschema

		basisbrok	extrabrok	gerstestro*
Samenstelling:				
Drogestof	g/kg	894	896	840
VEM		875	1100	434
DVE		85	120	11
OEB		5	100	-44
RE	g	147,6	264,4	34
K	g	13	7,4	12,4
Na	g	0,7	0,4	-
Voerschema:				
1 kg melk/dag	kg	1,7	0,0	ad lib
2 kg melk/dag	kg	1,7	0,2	ad lib
3 kg melk/dag	kg	1,7	0,5	ad lib
4 kg melk/dag	kg	1,7	1,0	ad lib

*gegevens afkomstig uit Tabellenboek Veevoeding (CVB, 2000. Tabellenboek Veevoeding 2000. Lelystad)

BIJLAGE H Drinkwater analyse

Monster gegevens:

Reden inzending: controle bestaande bron
Diepte 40 meter
Grondsoort: zand

Bacteriologisch onderzoek:

Onderzoek	Methode	Resultaat
Kiemgetal bij 37°C.	Kweek	<10 KVE/ml
Colibacteriën	Kweek	<1 KVE/ml
Th.tol.colibacteriën	Kweek	<1 KVE/ml

Chemisch onderzoek (organoleptisch):

Onderzoek	Resultaat
Geur	goed
Kleur	goed
Helderheid	goed
Bezinksel	goed
Ijzerbezinksel	goed
Waterstofsulfide conc.	niet aanwezig

Chemisch onderzoek:

Onderzoek	Eenheid	Resultaat	Norm herkauwers	
			A	B
Ammonium	mg/l	0,00	2,0	10,0
Nitriet	mg/l	0,00	0,10	1,00
Nitraat	mg/l	13	100	200
Ijzer	mg/l	0,03	0,5	10,0
Mangaan	mg/l	0,01	1,0	2,0
Natrium	mg/l	35	800	1500
Chloride	mg/l	48	250	2000
Sulfaat	mg/l	93	150	250
Hardheid	°D	16,7	20	25

Beneden norm A lopen de dieren geen gevaar. Indien de gehalten in het drinkwater hoger zijn dan de waarden opgegeven in kolom B, kunnen de geiten (ernstig) gevaar lopen.

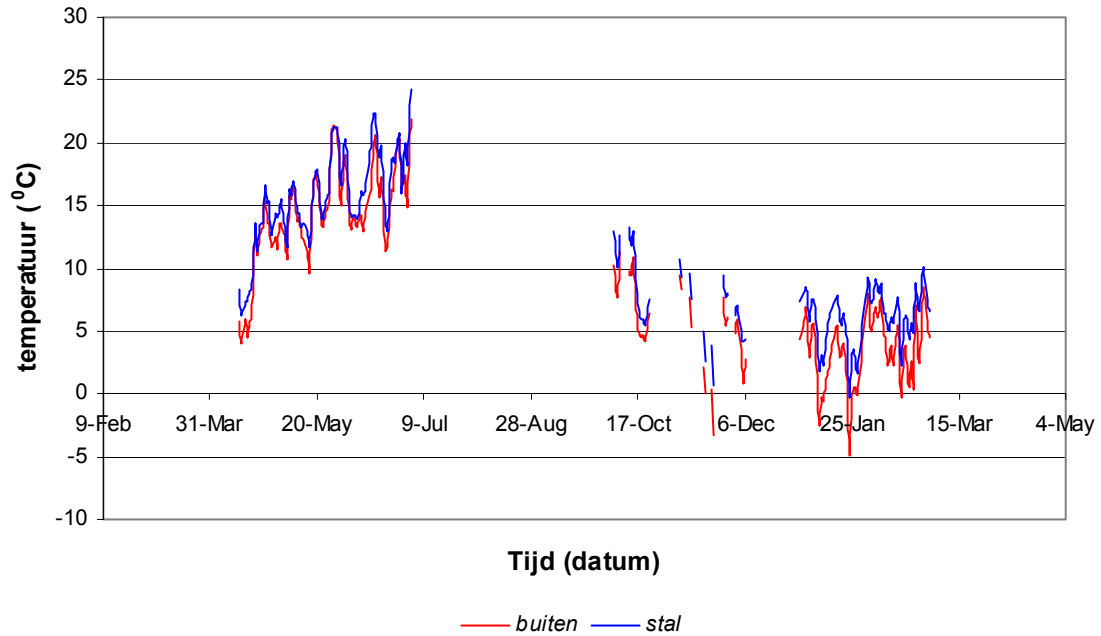
Uitslag:

Hard water.

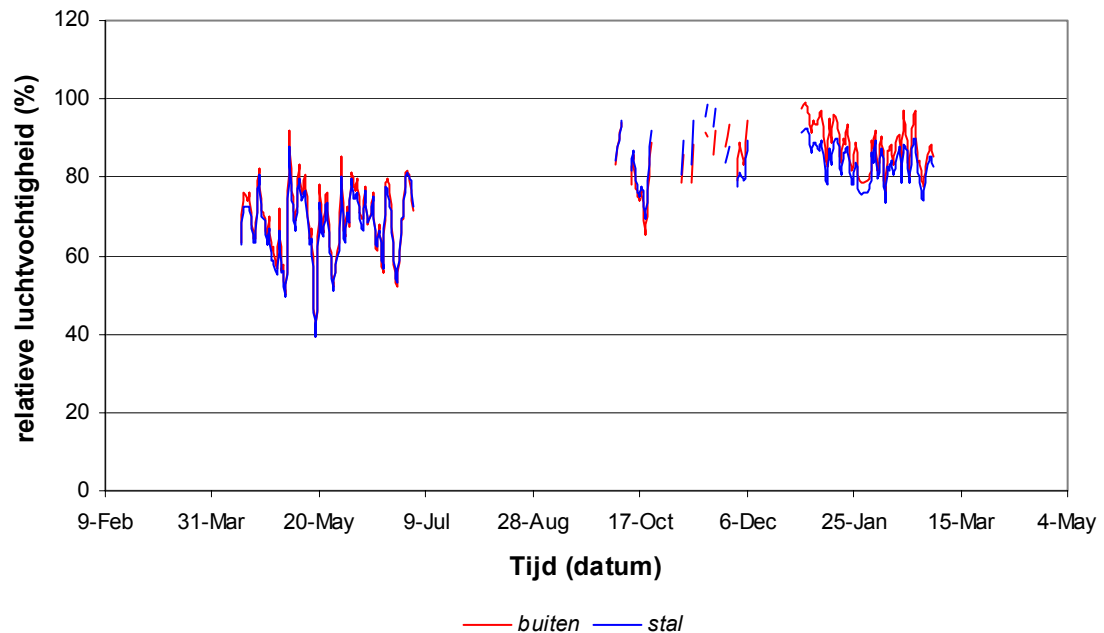
Conclusie:

Geschikt als drinkwater voor schapen en geiten.

BIJLAGE I Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

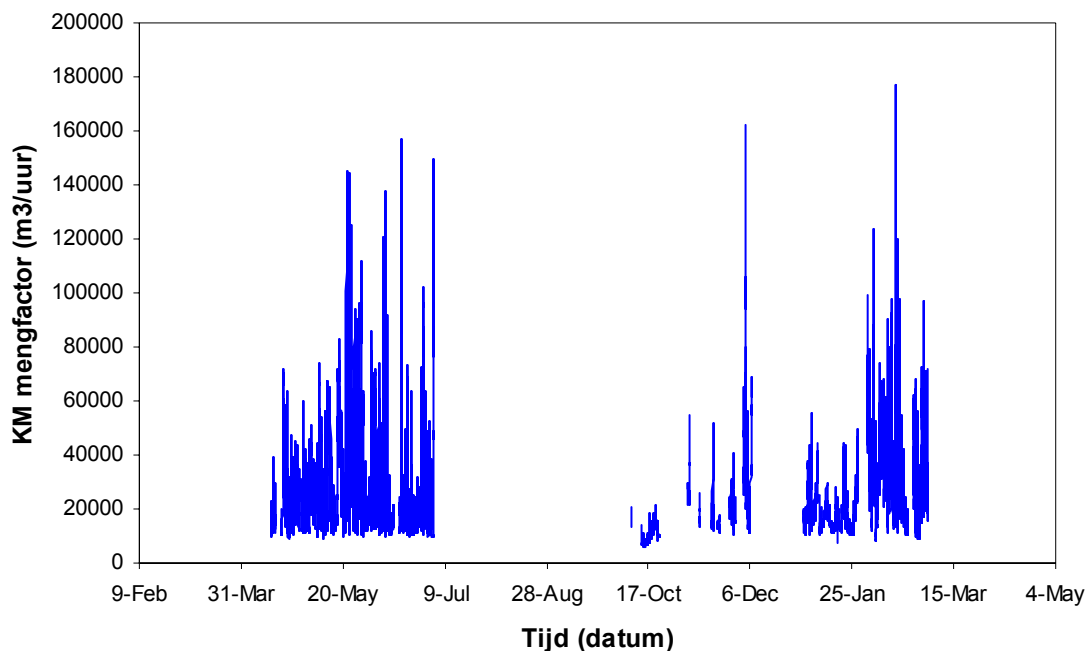


Daggemiddelden van de buitentemperatuur en van de staltemperatuur gedurende de twee meetperioden.

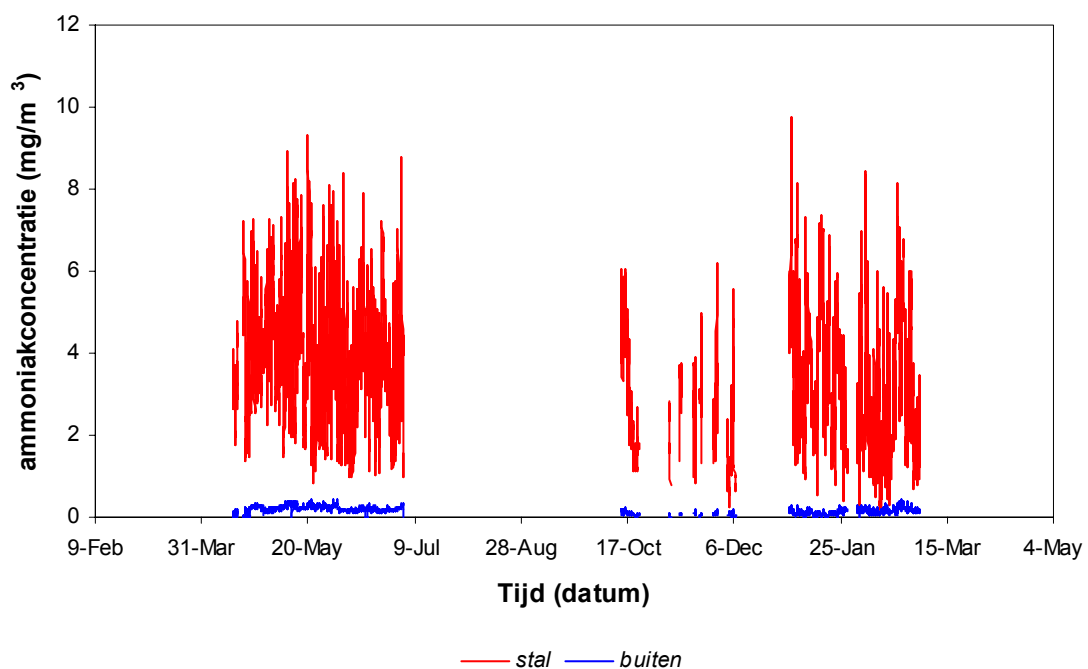


Daggemiddelden van de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht en van de stallucht gedurende de twee meetperioden.

BIJLAGE J Mengfactor en ammoniakconcentratie



Uurgemiddelde mengfactor van de potstal zoals berekend met de tracergas-methode.



Uurgemiddelden van de NH₃-concentratie (mg/m³) van de stal- en achtergrondlucht.