
Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen
XXXIX

Scharrelstal voor leghennen met droging van de mest op
banden onder de beun

Ir. I.H.G. Satter
Ing. H. Gunnink

Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXIX

Scharrelstal voor leghennen met droging van de mest op banden onder de beun

Ir. I.H.G. Satter
Ing. H. Gunnink

1998

Rapport 98-1003

© 1998
Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG)
Mansholtlaan 10-12, Postbus 43, 6700 AA Wageningen
Telefoon 0317 – 476300
Telefax 0317 – 425670
www.imag.wageningen-ur.nl

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

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

| publisher. |

Inhoud

Samenvatting	2
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methode	4
2.1 Stal en bedrijfsvoering	4
2.2 Metingen	7
2.2 Dataverwerking	9
3 Resultaten en discussie	10
3.1 Metingen	10
3.2 Droging van bandmest	11
3.3 Ammoniakemissie uit het strooisel	12
4 Conclusie	14
Literatuur	15
Bijlagen	

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn. In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit een scharrelstal voor leghennen met wekelijkse mestverwijdering en het drogen van de mest op banden.

De metingen van de ammoniakemissie vonden plaats van 1 november 1996 tot en met 16 januari 1997 (meetperiode 1), van 4 februari tot en met 23 maart 1997 (meetperiode 2a), van 2 juli tot en met 23 september 1997 (meetperiode 2b) en van 8 oktober tot en met 16 november 1997 (meetperiode 2c). Tijdens meetperiode 1 werd de mest alleen wekelijks verwijderd en in meetperiode 2a, 2b en 2c vond wekelijkse mestverwijdering in combinatie met mestdroging plaats. Aan het begin van de metingen was de leeftijd van de dieren 21 weken en aan het einde waren ze 76 weken oud. Op basis van 7 hennen per m^2 waren in de stal (inclusief oppervlak legnesten) 5919 dierplaatsen aanwezig.

Het huisvestingssysteem was hetzelfde als een traditionele scharrelstal, te weten: grondhuisvesting met 1/3 strooiselvloer en 2/3 kunststof roostervloer. Eén helft van de roostervloer met daaronder twee mestbanden werd aangeduid met de term "beun". In de stal waren onder de beun voorzieningen getroffen ten behoeve van de droging en de verwijdering van de mest die op de banden terecht kwam (= bandmest). De droging werd gerealiseerd met een mengsel van gefilterde stallucht en (verwarmde) buitenlucht. Deze lucht werd door een slang in de nok van de stal over de lengte van de stal geleid. Hierna werd de lucht via een centraal luchtkanaal onder de legnesten en geperforeerde buizen over de mest geleid. De geperforeerde buizen waren vertakkingen van het centrale luchtkanaal. Het debiet van de drooglucht was $9.000 \text{ m}^3/\text{uur}$.

De NH_3 -concentraties van de in- en uitgaande lucht werden gemeten met behulp van een NO_x -monitor. Het ventilatiedebiet werd gemeten met behulp van meetventilatoren in de ventilatiekokers. De ammoniakemissie is het produkt van de NH_3 -concentratie en het ventilatiedebiet. De emissie uit de stal was de sommatie van de ammoniakemissies uit alle kokers.

De ammoniakemissie uit deze scharrelstal voor leghennen was op jaarbasis per dierplaats in meetperiode 1 met alleen wekelijkse mestverwijdering 157 g NH_3 . Voor meetperiodes 2a, 2b en 2c met wekelijkse mestverwijdering en mestdroging was dit respectievelijk 170 g NH_3 , 210 g NH_3 en 177 g NH_3 . Bij de berekening van de ammoniakemissie is uitgegaan van 5% leegstand. Wanneer het onderhavige onderzoek wordt vergeleken met de ammoniakemissie uit een traditionele scharrelstal blijkt dat de mestbehandeling zorgde voor een emissiereductie van 55% in meetperiode 1, 51% in meetperiode 2a, 40% in meetperiode 2b en 49% in meetperiode 2c.

Tijdens de metingen was het strooisel steeds de voornaamste emissiebron in de stal. Ten opzichte van de emissie uit een traditionele scharrelstal voor leghennen werd de ammoniakemissie vooral gereduceerd door het wekelijks verwijderen van de bandmest uit de stal. Het additionele effect van mestdroging op de ammoniakemissie bleek bij wekelijkse mestverwijdering gering te zijn. De mestdroging zorgde wel voor een verhoging van het drogestofgehalte van de bandmest met circa 20%. Verder nam het drogestofgehalte van de gedroogde bandmest toe als de drijvende kracht voor waterverdamping groter werd. De drijvende kracht voor waterverdamping wordt gedefinieerd als het verschil tussen de actuele waterdampdruk van de drooglucht en de waterdampdruk van de drooglucht bij verzadiging ($\text{RV} = 100\%$).

1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn SO_2 , NO_x (NO en NO_2) en NH_3 , samen met hun reactieproducten, in het kort SO_x , NO_y en NH_x genoemd. In 1993 was 86% van de verzuring door NH_x uit eigen land afkomstig en kwam 92% daarvan uit de landbouw. De bijdrage van NH_x aan de totale verzuring in Nederland was in 1993 gelijk aan 47% (Heij en Schneider, 1995). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1993). Om dit te kunnen realiseren wordt momenteel veel onderzoek verricht naar emissie-reducerende technieken en systemen in huisvestingsystemen voor landbouwhuisdieren.

Behalve via onderzoek komen ook vanuit de praktijk vele ideeën en initiatieven om de ammoniakemissie terug te dringen. Om deze op waarde te schatten dient aan, in potentie emissie-reducerende technieken en systemen, onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. De aanvragen hiervoor komen binnen bij de Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen. Hieruit selecteert zij de aanvragen die wat betreft de vermindering van ammoniakemissie perspectief bieden. Tegelijkertijd dienen de systemen geen andere negatieve milieueffecten te veroorzaken. De begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid en het landbouwbedrijfsleven.

In bovenstaand kader werd door de DLO-meetploeg onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit een scharrelstal voor leghennen met wekelijkse mestverwijdering en het drogen van de mest op banden. De mestdroging werd gerealiseerd met een mengsel van stallucht en (verwarmde) buitenlucht en met een debiet van $9.000 \text{ m}^3/\text{uur}$. De gemeten ammoniakemissie werd vergeleken met de emissiefactor voor een traditionele scharrelstal voor leghennen zoals die is opgenomen in de Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (1998).

2 Materiaal en methode

2.1 Stal en bedrijfsvoering

Van 1 november 1996 tot en met 16 november 1997 werd op een bedrijf met scharrelgehennen (ISA Brown) de ammoniakemissie gemeten. Het emissie-reducerende principe berustte op wekelijkse mestverwijdering en het drogen van de mest op banden. De metingen zijn opgedeeld in één periode met alleen wekelijkse mestverwijdering en drie perioden met wekelijkse mestverwijdering in combinatie met mestdroging.

De dieren waren gehuisvest in een stal van 14 m breed en 64 m lang (binnenmaten). Van deze lengte was 60,4 m beschikbaar voor de hennen. De resterende ruimte werd benut voor de opstelling van apparatuur (onder andere het eiervverzammelokaal). Het huisvestingssysteem was hetzelfde als een traditionele scharrelstal, te weten: grondhuisvesting met 1/3 strooiselvloer (scharrelruimte) en 2/3 kunststof roostervloer. De scharrelruimte werd bij opzet van de hennen bedekt met ongeveer 150 kg houtkullen. De roostervloer lag in de lengterichting in het midden van de stal. In het midden van de roostervloer stonden twee rijen groepslegnesten, waardoor de stal feitelijk in tweeën werd gesplitst. In het vervolg van dit verslag wordt één helft van de roostervloer met daaronder twee mestbanden aangeduid met de term "beun". Het uiteinde van de beun lag 66 cm boven de scharrelruimte. De beun was hellend, zodat de hoger gelegen legnesten door de hennen bereikt konden worden. In Bijlage A worden de plattegrond en inrichting van de stal schematisch weergegeven.

In de stal waren voorzieningen getroffen voor de verwijdering en droging van de mest. Het grootste deel van de mest kwam terecht op de mestbanden. In het vervolg van dit verslag wordt dit bandmest genoemd. Wekelijks werd de (gedroogde) bandmest via de mestbanden naar een overdekte opslag buiten de stal getransporteerd. De bandmest werd op banden gedroogd met lucht afkomstig uit een centraal luchtkanaal onder de legnesten. Boven de mestbanden hingen 42 geperforeerde buizen met een lengte ongeveer gelijk aan de breedte van de beun (zie Bijlage A). In de buizen waren, om de 15 cm, luchtgaatjes met een diameter van 6 mm aangebracht. De geperforeerde buizen waren vertakkingen van het centrale luchtkanaal. De drooglucht was een mengsel van gefilterde stallucht (recirculatielucht) en buitenlucht. De samenstelling van het luchtmengsel (de mengverhouding) en de verwarming van de buitenlucht werden automatisch geregeld op basis van de temperaturen van de stal- en buitenlucht en van de gewenste temperatuur van de drooglucht (circa 20 °C). De buitenlucht werd langs een verwarmingsblok geleid en kon maximaal met 15 °C worden opgewarmd. Het minimale percentage buitenlucht in de drooglucht kon handmatig worden gewijzigd.

De hennen werden op 6 juni 1996 geboren en op een leeftijd van 17 weken in de stal geplaatst (3 oktober 1996). Het Controle Bureau Pluimvee Eieren en Eiproducten (CPE) heeft voor deze stal een certificaat afgegeven voor 6249 dieren. Volgens de Verordening Scharreleieren (1989) mogen maximaal 7 hennen per m² worden gehouden. Voor het bepalen van het aantal dierplaatsen ten behoeve van de berekening van de ammoniakemissie op jaarbasis werd uitgegaan van de beschikbare ruimte voor de hennen met legnesten. Dit leverde 5919 dierplaatsen op.

In Tabel 1 staan de begin- en einddatum, de leeftijd van de leghennen en de mestbehandeling per meetperiode vermeld.

Tabel 1 . Begin- en einddatum, leeftijd hennen (weken) en mestbehandeling per meetperiode.

Meetperiode	Start- en einddatum	Leeftijd hennen	Mestbehandeling
1	1-nov-96 t/m 16-jan-97	21 – 32	wekelijkse verwijdering
2a	4-feb-97 t/m 23-mrt-97	35 – 41	wekelijkse verwijdering en droging
2b	2-jul-97 t/m 23-sep-97	56 – 68	wekelijkse verwijdering en droging
2c	8-okt-97 t/m 16-nov-97	70 – 76	wekelijkse verwijdering en droging

Door technische storingen aan de meetapparatuur en eisen vanuit de beoordelingsrichtlijn (Ministerie van VROM, 1993) werd meetperiode 2 onderverdeeld in drie perioden.

De stal werd geventileerd met 5 nokventilatoren met een diameter van 64 cm. Daarmee was de maximale ventilatiecapaciteit gelijk aan 50.000 m³/uur. De minimum ventilatie was ingesteld op 15% van de maximale ventilatiecapaciteit. Iedere ventilatiekoker was naast een ventilator voorzien van een vlinderklep. De vlinderkleppen waren tijdens de metingen volledig geopend om een goede meting van het ventilatiedebiet uit te kunnen voeren. Aan beide lengtezijden van de stal bevonden zich 16 luchtinlaatventielen van 60 x 23 cm. De ventilatoren en de openingen van de inlaatventielen werden geregeld op basis van de temperatuur op dierniveau op vier plaatsen boven de beun. Wanneer de staltemperatuur lager dan 19 °C was werden 3 van de 5 ventilatoren handmatig uitgeschakeld. Van de stilstaande ventilatoren werden de vlinderkleppen gesloten en de kokers afgedekt om in- en uitlaat van lucht te voorkomen.

Vanuit de luchtmenger werd de drooglucht (= mengsel van stal- en buitenlucht) in een slang in de nok van de stal gebracht en over de gehele lengte naar de andere kant van de stal geleid. Vervolgens werd de drooglucht via het centrale luchtkanaal en de geperforeerde buizen over de bandmest gevoerd. Het debiet van de drooglucht was 9.000 m³/uur. Tijdens meetperiode 2a heeft de drooginstallatie van 20 februari 1997 10:00 uur tot en met 21 februari 1997 10:00 uur vanwege herstel van een luchtlekkage uitgestaan. Tijdens meetperiode 2c was aan het einde van het luchtkanaal een kleine luchtlekkage aanwezig. Tijdens alle meetperioden werd geconstateerd dat tussen de mestbanden en op de droogbuizen een kleine hoeveelheid mest bleef liggen. Aangenomen wordt dat de bijdrage aan de ammoniakemissie van deze mest te verwaarlozen was.

Via daklichtplaten (8 aan elke zijde) kwam natuurlijk licht de stal binnen. Wanneer onvoldoende daglicht beschikbaar was werd met TL-lampen bijverlicht. Het lichtregime werd vanaf plaatsing van de dieren opgebouwd van 15 uur naar 16,5 uur aaneengesloten licht. Gedurende meetperiode 1 en 2a was de stal verlicht van 2:00 tot 18:00 uur. In de meetperioden 2b en 2c werd de stal verlicht van 2:30 tot 19:00 uur. Het lichtschema werd niet aangepast aan de zomertijd.

In alle meetperioden werden de dieren tien maal per dag gevoerd met geëxpandeerd voer. Tijdens meetperiode 1 en 2a was dit om 2:30, 4:00, 6:00, 7:00, 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 en 17:00 uur en tijdens meetperiode 2b en 2c om 3:30, 5:00, 7:00, 8:00, 9:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00 en 18:00 uur. Ook het voerschema werd niet aangepast aan de zomertijd. Het voersysteem bestond uit een voergoot met een spiraal. Vanaf een kwartier na het inschakelen en tot een uur voor het uitschakelen van de verlichting was water beschikbaar. Boven de beun was een waterleiding met 118 drinkcups gemonteerd.

In Tabel 2 wordt de gemiddelde hoeveelheid opgenomen voer, energie, eiwit en de gemiddelde water/voer verhouding per dag per meetperiode weergegeven.

Tabel 2. Gemiddelde hoeveelheid opgenomen voer (g/dag per hen), omzetbare energie (OE in MJ/dag per hen), ruw eiwit (re in g/dag per hen) en de gemiddelde water/voer verhouding (l/kg) per meetperiode.

Meetperiode	Hoeveelheid	OE	re	Water/voer
1	122	1,4	19,3	1,83
2a	125	1,5	19,8	1,88
2b	115	1,4	18,2	1,80
2c	116	1,4	18,3	1,72

In de laatste week van juli (meetperiode 2b) daalde de dagelijkse voeropname tot een minimum van 96 g per hen. Waarschijnlijk werd dit veroorzaakt doordat in deze week het voer een afwijkende structuur en geur had. In alle meetperioden kregen de hennen onbeperkt voer, toch was de voeropname tijdens meetperiode 1 en 2a hoger. De verschillen tussen de voerhoeveelheden uit Tabel 2 kunnen worden verklaard door het feit dat in meetperiode 1 en 2a het legpercentage hoger was (gemiddeld 87%) dan tijdens meetperiode 2b en 2c (gemiddeld 73%). Een lager legpercentage leidt meestal tot een verminderde voerbehoefte. Bovendien is de voerbehoefte van oudere dieren lager. Daarnaast kan de voeropname tijdens meetperiode 2b ook verlaagd zijn door het warme weer (zie Tabel 4). Aan het water werd tijdens alle meetperioden een aantal keer azijnzuur toegevoegd om besmetting met *E. Coli* te voorkomen. In meetperiode 2b werd tot eind augustus twee maal per dag 5 kg grit in het strooisel verspreid om agressief gedrag van de dieren te verminderen.

De legnesten waren toegankelijk vanaf het inschakelen van de verlichting tot een kwartier voordat de verlichting uitging. Eenmaal per dag tussen 8:00 en 11:00 uur werden de eieren automatisch uit de legnesten verzameld. Drie tot vier maal per dag werden grondeieren geraapt en tegelijkertijd werden de dieren gecontroleerd en werden dode en zieke hennen uit de stal verwijderd.

Tijdens de eerste vier maanden van de produktieronde werd twee maal per week ongeveer 60 kg houtkrullen in de scharrelruimte gestrooid. Tussen meetperiode 1 en 2a werd het strooisel uit de scharrelruimte gefreesd en werd een gedeelte van het natte strooisel uit de stal verwijderd. De bovenstaande bewerkingen werden uitgevoerd om het strooisel droger en ruller te maken.

In Tabel 3 worden de technische resultaten van de totale produktieronde en het landelijk gemiddelde weergegeven.

Tabel 3. Gemiddelde produktiegegevens van de productieronde (21-75 weken) en het landelijk gemiddelde voor scharrelkippen (KWIV-V, 1996)

	Bedrijf	Landelijk
legperiode (dagen)	385	390
uitval % (cumulatief)	16*	6
eierproductie per opgefokte hen (kg)	20,3	20,1
voerverbruik per dier per dag (g)	119	121
voederconversie (kg voer / kg ei)**	2,31	2,30

* de uitval van de laatste vier weken van de produktieronde werd niet geregistreerd op deze locatie

** voederconversie (voer vanaf 20 weken, eieren vanaf 17 weken)

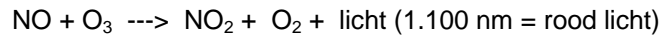
Met uitzondering van het uitvalpercentage waren de produktiecijfers van dit bedrijf vergelijkbaar met het landelijk gemiddelde. Waarschijnlijk hadden onder andere de zeer koude en warme weersomstandigheden (Tabel 4) en de agressie onder de dieren een hogere uitval tot gevolg.

2.2 Metingen

De volgende variabelen werden continu gemeten:

- NH₃-concentratie van de in- en uitgaande lucht (ppm);
- ventilatiedebiet (m³/uur);
- relatieve luchtvochtigheid (RV) in de stal, buiten en van de drooglucht (%);
- temperatuur (T) in de stal, buiten en van de drooglucht (°C).

De NH₃-concentratie werd gemeten met behulp van een NO_x-monitor (Monitor labs nitrogen oxides analyzer model 8840). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentie-reactie tussen O₃ en NO:



Deze methode is uitgebreid beschreven door Scholtens (1993). Hier wordt volstaan met een korte beschrijving van het systeem en de meetopstelling.

Om NH₃ te kunnen meten moet het eerst door een convertor worden omgezet in NO. In de convertor passeert de luchtstroom een stoffilter waarna het verhit wordt tot 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 makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor bij een grote afstand tussen monsternamepunt en convertor de metingen kunnen worden verstoord. De stallucht werd continu aangezogen via teflonslangen. Om condensvorming in de slangen te voorkomen werden alle slangen met een verwarmingslint en isolatie omwikkeld. De monsternamenpunten van de uitgaande lucht bevonden zich in de ventilatiekokers tussen de meet- en stalventilator. De ingaande lucht werd halverwege de noordoostzijde van de stal bij een inlaatventiel bemonsterd. Het in de convertors gevormde stabiele NO werd door de verwarmde en geïsoleerde teflonslangen naar de monitor geleid en gemeten. De maximaal meetbare NH₃-concentratie was 50 ppm. De gemeten NH₃-concentratie in ppm werd met de factor 0,71 (bij 20 °C en 1 atmosfeer) omgerekend naar mg NH₃ per m³ lucht (Weast *et al.*, 1986).

Het ventilatiedebiet werd gemeten met behulp van meetventilatoren in de ventilatiekokers. Per omwenteling van de meetventilator werden vier pulsen afgegeven. Het aantal pulsen per 10 seconden werd geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen per 10 seconden en het ventilatiedebiet is bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans *et al.*, 1991; Scholtens en van 't Klooster, 1993). De relatie tussen het ventilatiedebiet (V in m³/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$V = 23,9 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 114$$

De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid werden continu gemeten met temperatuur- en luchtvochtigheidsensoren (Hygromer Rotronic®). De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de uitgaande lucht werden gemeten bij ventilatiekoker 1, 4 en 5 (zie Bijlage A). Tijdens de stilstand van de ventilator van koker 5 werd de sensor verplaatst naar de dichtstbijzijnde sensor van de temperatuurregeling van de stal. De relatieve luchtvochtigheid en de temperatuur van de buitenlucht werden tijdens meetperiode 1 en 2a aan de noordwestzijde van de stal gemeten. Omdat de sensor 's morgens door het zonlicht werd opgewarmd, werd de sensor tijdens meetperiode 2b en 2c verplaatst naar de noordoostzijde van de stal. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de drooglucht werden gemeten aan het begin van het centrale luchtkanaal onder de legnesten.

De meetapparatuur werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Alle verzamelde gegevens werden hierin opgeslagen. Eén keer per vijf minuten werden alle variabelen gemeten. Na een uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven. Iedere week werd de apparatuur gecontroleerd, de monitor gekalibreerd en zonodig werden de filters voor de convertors vervangen. Tevens werd de algemene situatie in de stal genoteerd. De convertors werden voor en na de meetperioden geijkt. De monitor werd in meetperiode 1 en 2a gekalibreerd met 40,9 ppm NO gas en met 38,8 ppm NO gas in meetperiode 2b en 2c. De absolute afwijkingen tijdens de kalibraties van de monitor waren gemiddeld per meetperiode respectievelijk 2%, 0,2%, 0,6% en 3%. Uit de ijking van de convertors bleek dat vòòr de metingen in meetperiode 1 gemiddeld 95%, in

meetperiode 2a gemiddeld 96%, in meetperiode 2b gemiddeld 92% en in meetperiode 2c gemiddeld 93% van de aangeboden NH_3 als NO_x werd gemeten. Na de metingen was dit respectievelijk 94%, 94%, 92% en 92%. Op basis van deze kalibratie- en ijkresultaten werden de metingen gecorrigeerd.

De ammoniakemissie is het produkt van de NH_3 -concentratie en het ventilatiedebiet. Dit werd voor iedere koker berekend. De ammoniakemissies werden gecorrigeerd voor de NH_3 -concentratie van de ingaande lucht (achtergrondconcentratie). De ammoniakemissie uit de stal was de sommatie van de ammoniakemissies uit alle kokers. De totale ammoniakemissie werd berekend door cumulatie van de uurgemiddelden. Bij het ontbreken van meetgegevens door kalibraties en kortstondige storingen werd, ten behoeve van de cumulatie en het berekenen van de gemiddelden, geïnterpoleerd. Wanneer de NH_3 -concentratie van een koker door een technische storing ontbrak, werden de missende waarnemingen vervangen door de NH_3 -concentratie van de dichtstbijzijnde koker.

De gemiddelde waarden van de temperaturen, de relatieve luchtvochtigheden en het ventilatiedebiet per meetperiode worden weergegeven in Tabel 4. Het verloop van deze variabelen wordt in Bijlage B en C weergegeven. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de stallucht worden weergegeven door het rekenkundig gemiddelde van de drie meetpunten in de stal.

Tabel 4. Gemiddelde temperatuur (T in $^{\circ}\text{C}$) en de relatieve luchtvochtigheid (RV in %) in de stal, buiten en van de drooglucht en het ventilatiedebiet van de stal (m^3/uur) per gemiddeld aanwezig dier per meetperiode.

	Meetperiode			
	1	2a	2b	2c
T stal	16,4	19,9	21,7	18,9
T buiten	0,8	7,4	17,8	6,3
T drooglucht	*	19,6	21,8	18,0
RV stal	73,1	68,6	66,7	64,5
RV buiten	85,3	81,8	74,5	85,1
RV drooglucht	*	52,1	61,9	56,8
Ventilatiedebiet	1,3	1,5	6,4	2,2

* in periode 1 werd de drooginstallatie niet gebruikt.

Het K.N.M.I. (1997 en 1998) geeft per maand een korte omschrijving van het weer. Het einde van december 1996 werd gekenmerkt door een koudegolf. Het begin van januari 1997 was met een gemiddelde temperatuur van $-7,2^{\circ}\text{C}$ de koudste van de eeuw. Februari en maart waren daarentegen één van de zachtste maanden van de eeuw. De zomer van 1997 was, met name door de extreme hitte in augustus, één van de warmste zomers van deze eeuw. Ook in september tot en met november was het warmer dan gemiddeld. Het bovenstaande geeft aan dat een gedeelte van de metingen plaatsvond onder zeer koude (meetperiode 1) en zeer warme (meetperiode 2b) weersomstandigheden. De lage staltemperatuur tijdens meetperiode 1 werd enerzijds veroorzaakt door de kou, anderzijds doordat de sensoren van de klimaatregeling 2°C te hoog maten. Dit werd aan het begin van meetperiode 2a geconstateerd en op 17 februari werden de sensoren bijgesteld.

Gedurende de metingen werd wekelijks het drogestofgehalte van de mest op beide mestbanden bepaald. Hiertoe werden de mestbanden onder de beun tijdens het verwijderen van de bandmest drie maal op vaste tijdstippen stilgezet. Over een lengte van ongeveer 5 cm werd een monster over de gehele breedte van de band genomen. Tevens werden tijdens de metingen acht maal strooiselmonsters van beide scharrel-ruimtes ter plaatse van ventilatiekoker 1, 3 en 5 genomen. Ter plaatse van één koker werden de monsters van beide scharrelruimtes samengevoegd tot een mengmonster. Van deze mengmonsters werd het drogestofgehalte bepaald. De gevonden waarden werden vergeleken met de strooiselgegevens uit volière-stallen van Groot Koerkamp *et al.* (1998).

2.3 Dataverwerking

Het effect van de conditie van de drooglucht op de mestdroging is onderzocht aan de hand van de relatie tussen de drijvende kracht voor waterverdamping en het drogestofgehalte van de mest. Deze relatie werd onderzocht door de gemiddelde drijvende kracht voor waterverdamping tijdens het verblijf van de bandmest in de stal te vergelijken met het drogestofgehalte van de bandmest aan het einde van het verblijf in de stal. Gemiddeld verbleef de bandmest 7 dagen in de stal. De drijvende kracht voor waterverdamping wordt gedefinieerd als het verschil tussen de actuele waterdampdruk van de drooglucht en de waterdampdruk van de drooglucht bij verzadiging ($RV = 100\%$) en wordt als volgt berekend:

$$\text{drijvende kracht} = P_{\text{verzadigd}} - P_{\text{actueel}} \text{ (Pa)}$$

$$\text{Met: } P_{\text{verzadigd}} = 101300 * e^{(12-(4014/(T_{\text{drooglucht}}+234,6))}$$

$$P_{\text{actueel}} = (RV_{\text{drooglucht}} * P_{\text{verzadigd}})/100$$

Hierbij stelt $T_{\text{drooglucht}}$ de temperatuur van de drooglucht in °C voor en is $RV_{\text{drooglucht}}$ de relatieve luchtvochtigheid van de drooglucht in % (Buhr and Andrews, 1977; Ooster, 1993).

Om inzicht te krijgen in de bijdrage van de bandmest aan de stalemissie werd het emissieverloop tussen het tweemaal verwijderen van de bandmest geanalyseerd. Hiertoe werd per dag de procentuele verandering van de ammoniakemissie ten opzichte van de emissie van de eerste dag na mestverwijdering berekend. Deze daggegevens werden over de weken gemiddeld, waardoor een gemiddeld 7-daags patroon werd verkregen. Bij deze analyse werd aangenomen dat de ammoniakemissie op de eerste dag na mestverwijdering hoofdzakelijk afkomstig was van het strooisel. De ammoniakemissie van deze dag werd daarom gelijkgesteld aan 100%.

3 Resultaten en discussie

3.1 Metingen

In Tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de ammoniakemissie uit de stal en de gemiddelde drogestofgehalten van de bandmest en het strooisel per meetperiode. Voor de berekening van de jaarlijkse ammoniakemissie is uitgegaan van een leegstand van 21 dagen op een totale produktieperiode (= opfok- en legperiode) van 432 dagen (KWIN-V, 1996). Dit komt overeen met een leegstand van 5%.

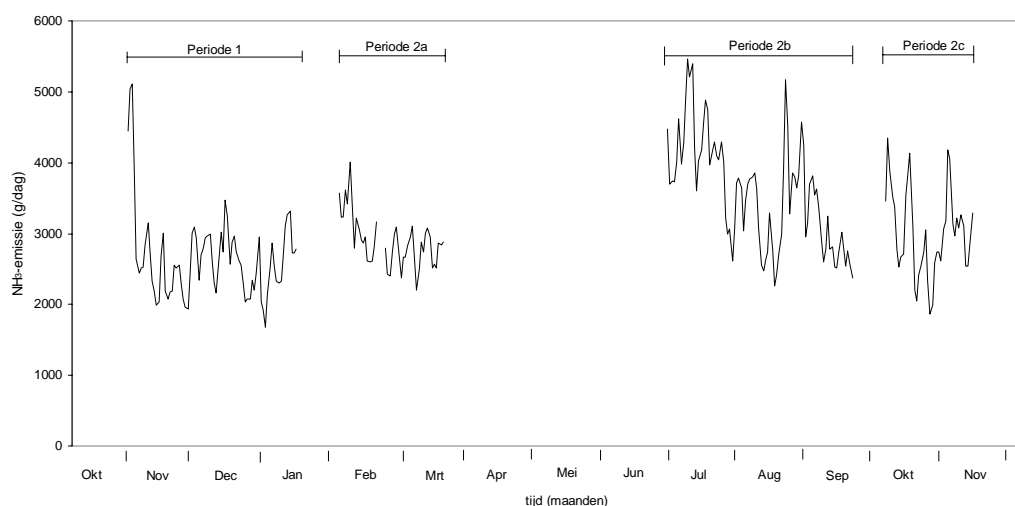
Tabel 5. Totale ammoniakemissie uit de stal per meetperiode, per uur en berekend per dierplaats per jaar (met 5% leegstand) en de gemiddelde drogestofgehalten (%) van de bandmest en het strooisel per meetperiode.

	meetperiode			
	1	2a	2b	2c
Lengte meetperiode (dagen)	77	48	84	40
Totale ammoniakemissie (kg)	206	139	301	121
Ammoniakemissie per uur (g)	111	121	149	126
Ammoniakemissie per jaar per dierplaats (g), met 5% leegstand*	157	170	210	177
Drogestofgehalte bandmest (%)	32	53	60	51
Drogestofgehalte strooisel (%)	51	57	73	78

*berekend op basis van 5919 dierplaatsen

De ammoniakemissie uit deze stal voor leghennen was op jaarbasis per dierplaats in meetperiode 1 met alleen wekelijkse mestverwijdering 157 g NH₃. Voor de meetperioden met wekelijkse mestverwijdering en droging was dit 170 g NH₃ in meetperiode 2a, 210 g NH₃ in meetperiode 2b en 177 g NH₃ in meetperiode 2c. Ten opzichte van de emissiefactor, 315 g NH₃ per dierplaats per jaar, zoals deze is opgenomen voor een traditionele scharrelstal in de Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (1998) blijkt dat de mestbehandeling in meetperiode 1 de emissie met 50% reduceerde. In meetperiode 2a, 2b en 2c was de emissiereductie gelijk aan respectievelijk 46%, 33% en 44%.

Figuur 1 geeft het verloop van de ammoniakemissie uit de stal weer. Het verloop van het totale ventilatiedebiet en de gemeten NH₃-concentraties in de tweede ventilatiekoker en van de ingaande lucht worden weergegeven in Bijlage B. Het verloop van de NH₃-concentraties was voor alle meetpunten ongeveer gelijk. Het niveau van de NH₃-concentratie van de middelste ventilatoren (kokers 2, 3 en 4) was echter altijd hoger dan de buitenste ventilatoren (kokers 1 en 5). Tijdens de metingen was de NH₃-concentratie van de ingaande lucht gemiddeld 0,04 mg/m³.



Figuur 1. Verloop van de ammoniakemissie (g/dag) tijdens de meetperioden 1, 2a, 2b en 2c op

stalniveau.

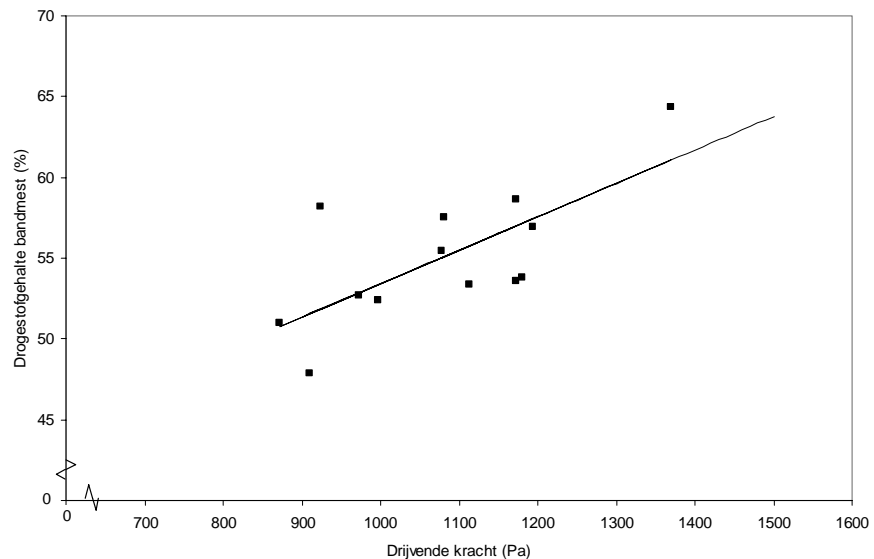
De missende waarnemingen tijdens meetperiode 2a waren het gevolg van technische storingen aan de meetapparatuur (totaal 3 dagen). In Figuur 1 is te zien dat de ammoniakemissie een sterke wekelijkse variatie vertoonde. De ammoniakemissie was het hoogst vlak voordat de bandmest verwijderd werd en het laagst direct daarna.

Uit Bijlage B en C is af te leiden dat een stijging van de buitentemperatuur ook een toename van het ventilatiedebiet en de staltemperatuur tot gevolg had. Met uitzondering van het begin van meetperiode 2a en de zeer warme maand augustus in meetperiode 2b, had de ammoniakemissie hetzelfde verloop als het ventilatiedebiet, de buiten- en de staltemperatuur. Tijdens de warme maand augustus werd vaak maximaal geventileerd, waardoor andere factoren dan het ventilatiedebiet het niveau en patroon van de ammoniakemissie konden bepalen.

Uit Figuur 1 en Bijlage C is af te leiden dat aan het begin van meetperiode 2a de ammoniakemissie afnam, terwijl de buitentemperatuur steeg. De daling van de emissie werd wellicht veroorzaakt doordat vanaf meetperiode 2a de bandmest gedroogd werd. Uit Tabel 5 blijkt echter dat de ammoniakemissie tijdens meetperiode 1 met alleen mestverwijdering lager was dan de emissies tijdens meetperiode 2a, 2b en 2c met mestverwijdering én droging. De weersomstandigheden waren tijdens meetperiode 1 zeer koud en tijdens meetperiode 2b zeer warm, waardoor de ammoniakemissie tijdens deze meetperiodes ook verlaagd dan wel verhoogd kon zijn. Door deze omstandigheden kon een eventueel emissie-reducerend effect van de mestdroging onzichtbaar blijven. Op basis van het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de ammoniakemissie ten opzichte van een traditionele scharrelstal vooral werd gereduceerd door het wekelijks verwijderen van de bandmest.

3.2 Droging van bandmest

In Figuur 2 worden de drogestofgehalten van de bandmest uitgezet tegen de drijvende kracht voor waterverdamping (zie paragraaf 2.3).



Figuur 2. Drogestofgehalte van de bandmest (%) uitgezet tegen de drijvende kracht voor waterverdamping (Pa) tijdens meetperiode 2a, 2b en 2c en de lineaire regressiebenadering.

Uit Figuur 2 blijkt dat een hogere drijvende kracht het drogestofgehalte van de bandmest verhoogde. In Tabel 5 is te zien dat de mestdroging zorgde voor een verhoging van het drogestofgehalte van de bandmest met circa 20%.

3.3 Ammoniakemissie uit het strooisel

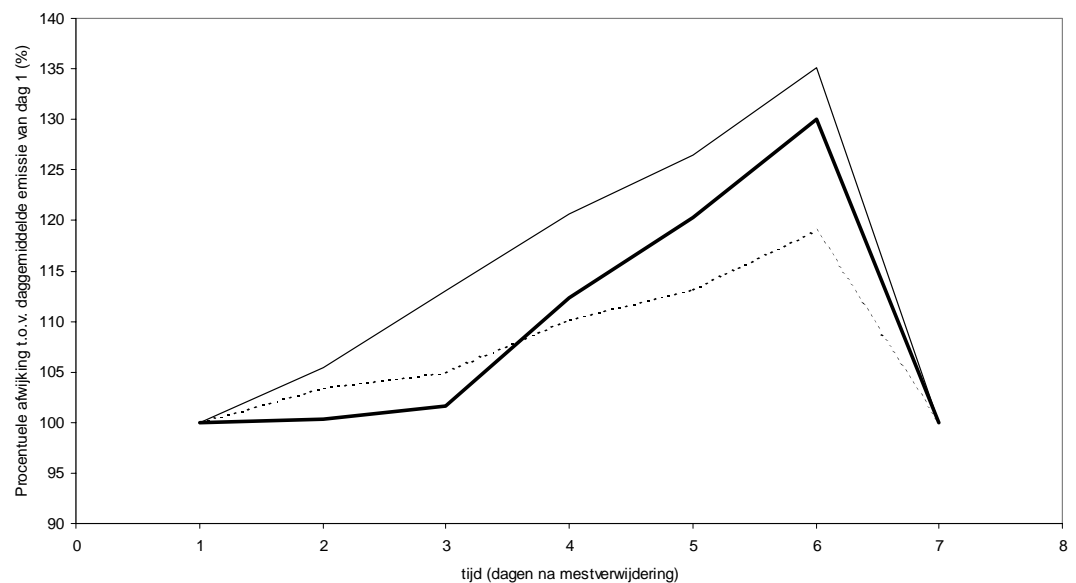
De relatieve bijdrage van het strooisel aan de ammoniakemissie uit een traditionele scharrelstal blijkt onder andere afhankelijk te zijn van de strooiselcondities (Hol en Groenestein, 1996). Uit onderzoek van Groot Koerkamp (1994) blijkt dat vooral het vochtgehalte van het strooisel de afbraak van stikstofverbindingen beïnvloedt. Indien het vochtgehalte van het strooisel tussen 40% en 60% ligt dan zijn optimale omstandigheden aanwezig voor de afbraak van stikstofverbindingen. Een hogere afbraak van stikstofverbindingen zal meestal samengaan met een toename van de productie van ammoniak. Waarschijnlijk zal de ammoniakemissie uit het strooisel onder bovengenoemde condities ook hoger zijn. Bij strooisel met een vochtgehalte lager dan 40% en hoger dan 60% wordt de afbraak van stikstofverbindingen geremd en zal de ammoniakemissie uit het strooisel waarschijnlijk dalen.

Gedurende verschillende praktijkexperimenten bij volièresystemen voor leghennen varieerden de drogestofgehaltenes van het strooisel tussen 65% en 85% (Groot Koerkamp *et al.*, 1998). In vergelijking met deze resultaten bevatte het strooisel uit het onderhavige onderzoek tijdens meetperiode 1 en 2a veel vocht, waardoor in theorie meer stikstofverbindingen werden afgebroken en de ammoniakemissie uit het strooisel hoger kon zijn. Het vochtgehalte van het strooisel in meetperiode 2b en 2c was zodanig dat normaliter de afbraak van stikstofverbindingen beperkt werd. In het onderhavige onderzoek kon de relatieve bijdrage van het strooisel aan de stalemissie dus per meetperiode verschillen.

Tijdens de metingen waren drie situaties met verschillende condities van het strooisel en de bandmest te onderscheiden, te weten:

- I. nat strooisel en natte bandmest (meetperiode 1);
- II. nat strooisel en gedroogde bandmest (meetperiode 2a);
- III. droog strooisel en gedroogde bandmest (meetperioden 2b en 2c).

In Figuur 4 worden de gemiddelde 7-daagse patronen van de ammoniakemissie weergegeven voor situatie I, II en III (zie paragraaf 2.3).



Figuur 4. Gemiddelde procentuele verandering van de ammoniakemissie per dag ten opzichte van de daggemiddelde emissie van de eerste dag na mestverwijdering voor situatie I (—, nat strooisel en natte bandmest), situatie II (... , nat strooisel en gedroogde bandmest) en situatie III (—, droog strooisel en gedroogde bandmest).

In Figuur 4 is te zien dat het 7-daags patroon van de ammoniakemissie op een zaagtand leek. Dit patroon werd veroorzaakt door het wekelijks verwijderen van de bandmest uit de stal. Het patroon werd eerder waargenomen door Hol *et al.* (1995) tijdens praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie uit een bandbatterij voor leghennen met mestdroging en wekelijkse mestverwijdering.

Bij nat strooisel en natte bandmest (situatie I) was de relatieve ammoniakemissie op de zesde dag na mestverwijdering gelijk aan 135% (zie Figuur 4). Daarmee was op de zesde dag na mestverwijdering ongeveer 26% van de stalemissie afkomstig van de natte bandmest en 74% van het strooisel. Tijdens situatie II met nat strooisel en situatie III met droog strooisel was respectievelijk 16% en 23% van de stalemissie afkomstig van de gedroogde bandmest. De relatieve bijdrage van de bandmest aan de stalemissie lijkt dus toe te nemen bij een lager drogestofgehalte van de bandmest en een hoger drogestofgehalte van het strooisel. Uit het bovenstaande is echter af te leiden dat de (gedroogde) bandmest tijdens de metingen gemiddeld maar voor 1/5 deel van de totale ammoniakemissie verantwoordelijk was. Tijdens de metingen was het strooisel dus de voornaamste bron van ammoniakemissie uit de stal.

4 Conclusie

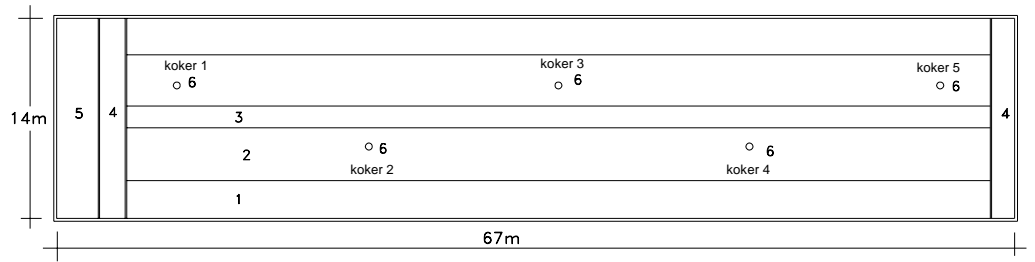
De ammoniakemissie uit deze scharrelstal voor leghennen was op jaarbasis per dierplaats in meetperiode 1 met alleen wekelijkse mestverwijdering 157 g NH₃. Voor meetperioden 2a, 2b en 2c met wekelijkse mestverwijdering en mestdroging was dit respectievelijk 170 g NH₃, 210 g NH₃ en 177 g NH₃. Bij de berekening van de ammoniakemissie is uitgegaan van 5% leegstand.

Het effect van mestdroging op de ammoniakemissie was bij wekelijkse mestverwijdering gering, doordat de voornaamste emissiebron in de stal gevormd werd door het strooisel. Wel werd door de mestdroging het drogestofgehalte van de bandmest verhoogd met circa 20%.

Literatuur

- Berckmans, D., Ph. Vandenbroeck en V. Goedseels, 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3: 323-336.
- Buhr, O.H. and J.F. Andrews, 1977. The thermophilic anaerobic digestion process. *Water Research* 11, p. 129-143
- Groot Koerkamp, P.W.G., 1994. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. In: *Journal of agricultural engineering research*, jaargang 59, p. 73-87.
- Groot Koerkamp, P.W.G., L. Speelman en J.H.M. Metz, 1998. Litter composition and ammonia emission for laying hens. Part I: Performance of a litter drying system. To be published.
- Heij, G.J. en T. Schneider, 1995. Dutch priority programme on acidification. Final report second phase Dutch priority programme on acidification no. 200-09.
- Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1996. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIX: Scharrelstal voor leghennen. Wageningen, DLO, rapport 96-1005, 12 pp. excl. bijlage
- Hol, J.M.G., J.W.H. Huis in 't Veld en C.M. Groenestein, 1995. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXIII: Bandbatterij voor leghennen met geoptimaliseerde mestdroging. Wageningen, DLO, rapport 95-1006, 12 pp., excl. bijlage.
- K.N.M.I., 1997. Jaaroverzicht van het weer in Nederland: Jaar 1996. De Bilt, jaargang 93, nr. 13, 10 pp.
- K.N.M.I., 1998. Jaaroverzicht van het weer in Nederland: Jaar 1997. De Bilt, jaargang 94, nr. 13, 10 pp.
- KWIN-V, 1996. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1996-1997. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, KWIN-V augustus 1996, Lelystad, Drukkerij Cabri b.v., 368 pp.
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer, 1993. Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen-Label stallen. Den Haag, 32 pp.
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.
- Ooster, A. van 't, 1993. Binnenklimaat en bouwfysica. Wageningen, LUW, collegedictaat 06180005, 229 pp.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-convector + NO_x-analyzer. In: E.N.J. Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-22.
- Scholtens, R. en C.E. van 't Klooster, 1993. Meetventilator. In: E.N.J. Ouwkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.
- Verordening Scharreleieren, 1989. Afgekondigd in: Verordeningsblad Bedrijfsorganisatie van de Sociaal-Economische Raad, nr. 17, 1990, nr. PLE2
- Waest, R.C., M.J. Astle and W.H. Beyer, 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.
- Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 1998. Interimwet Ammoniak en Veehouderij. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant nr. 69, Den Haag.

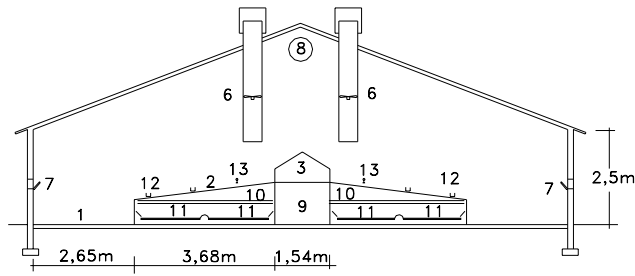
Bijlage A Plattegrond en dwarsdoorsnede van de stal met detail van drooginstallatie



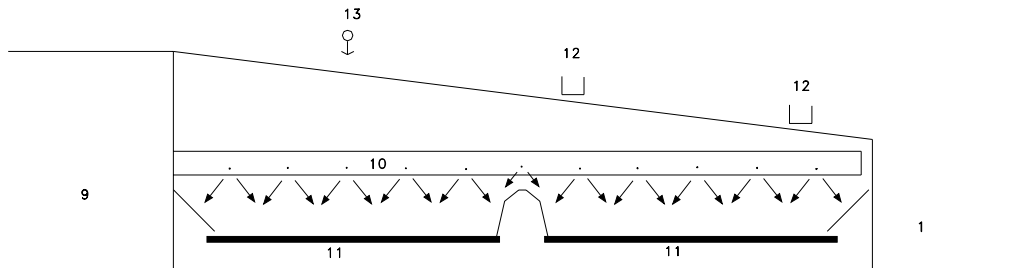
Plattegrond stal

Legenda

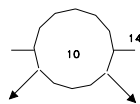
- 1 - scharrelruimte
- 2 - beun
- 3 - legnesten
- 4 - motoren mestbanden
- 5 - eiervverzamellokaal
- 6 - nokventilatoren
- 7 - inlaatventielen
- 8 - luchtslang
- 9 - luchtkanaal
- 10- luchtbuizen
- 11- mestbanden
- 12- voergoot (spiraal)
- 13- drinkcups
- 14- afscherming



Dwarsdoorsnede stal

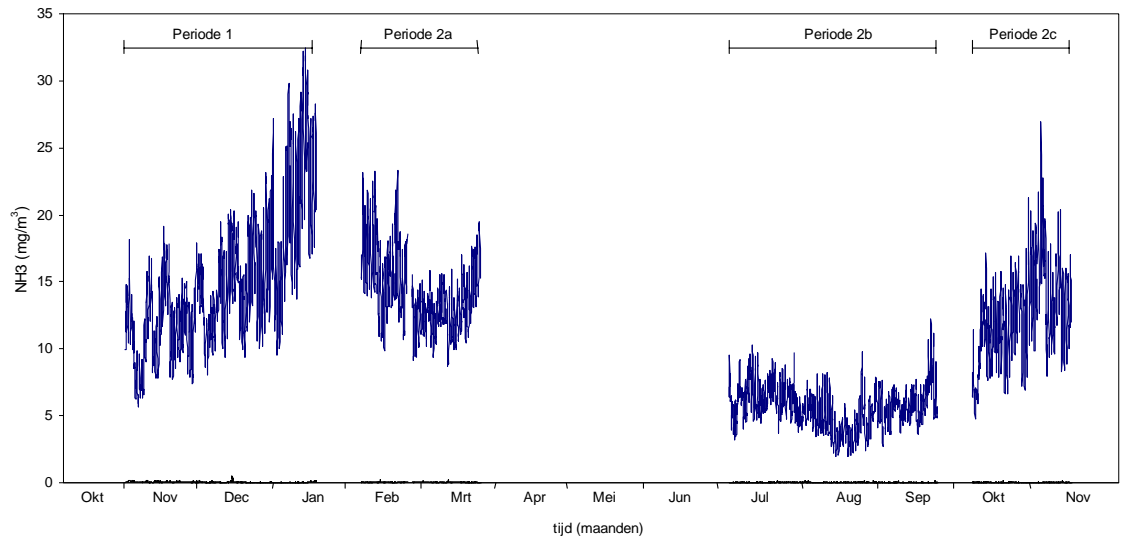


Detail drooginstallatie

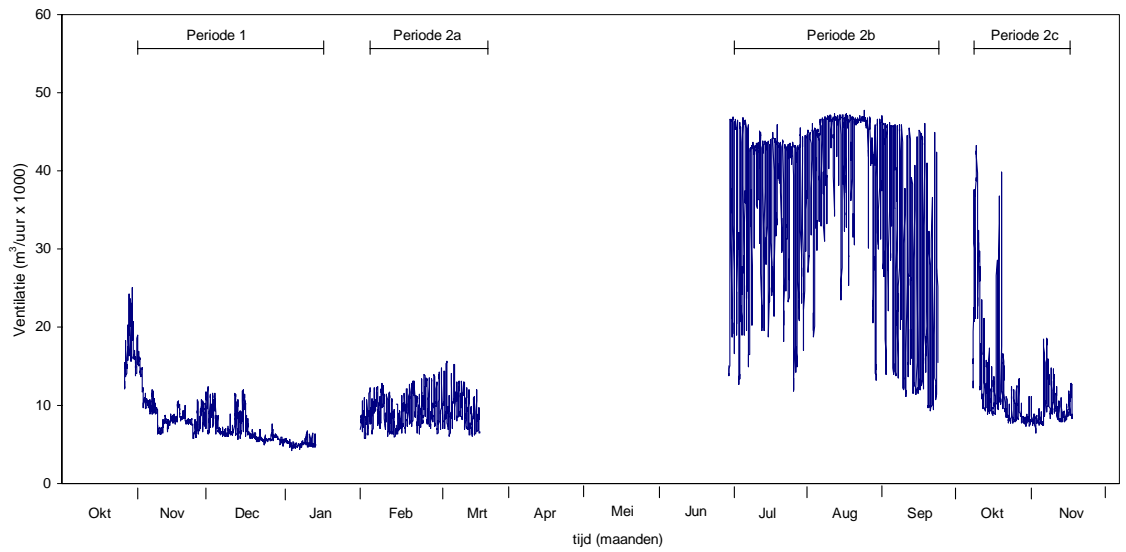


Dwarsdoorsnede luchtbuis

Bijlage B Verloop van de NH₃ -concentratie in ventilatiekoker 2 en het ventilatiedebiet van de stal (uurgemiddelden)

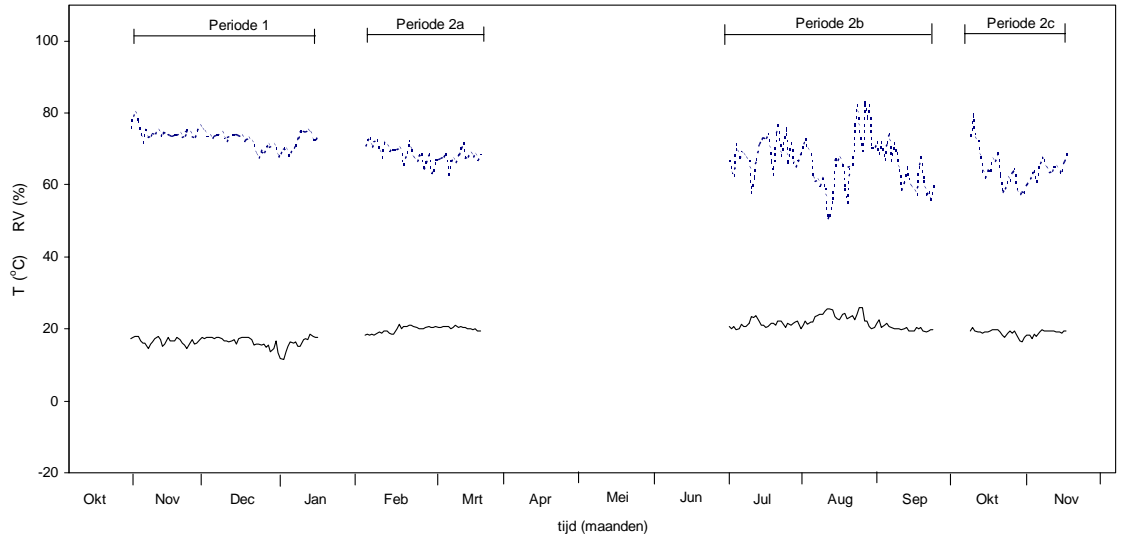


NH₃ -concentratie van de ingaande lucht (noordoost) en de uitgaande lucht bij ventilatiekoker 2

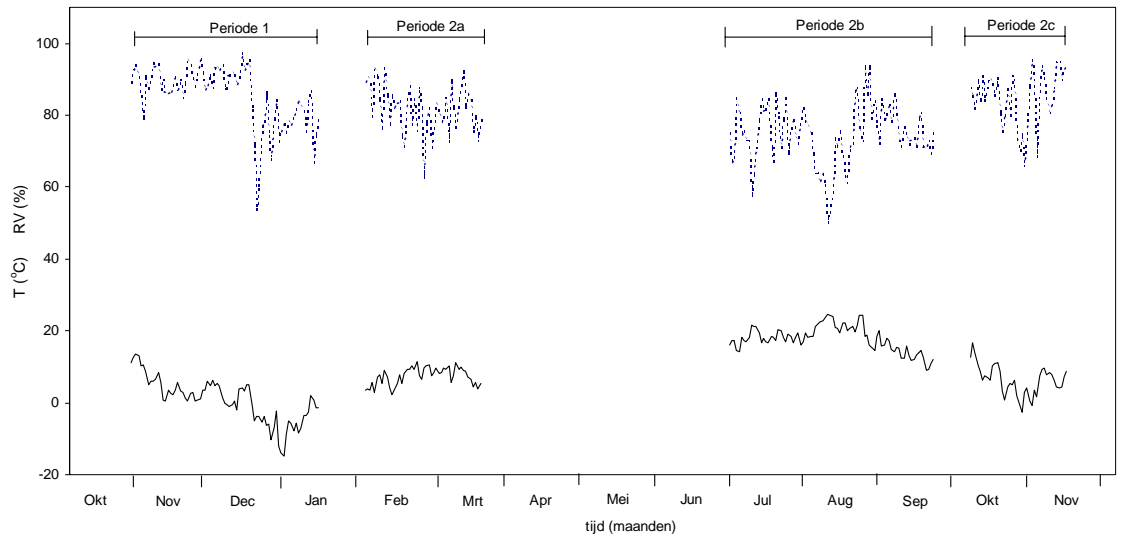


Ventilatiedebiet in de stal

Bijlage C Verloop temperatuur (T) en relatieve luchtvochtigheid (RV) (daggemiddelden)



stal



buiten