



Rapport 223

Ammoniakemissie bij kraamzeugen en gespeende biggen in de scharrelvarkenshouderij

Augustus 2001



Colofon

Uitgever

Praktijkonderzoek Veehouderij
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info@pv.agro.nl.
Internet <http://www.pv.wageningen-ur.nl>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek Veehouderij

© Praktijkonderzoek Veehouderij

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Het Praktijkonderzoek Veehouderij aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2001/oplage 250
Prijs € 17,50 (f 38,56)

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per e-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.



PRAKTIJKONDERZOEK
VEEHOUDERIJ

Rapport 223

Ammoniakemissie bij kraamzeugen en gespeende biggen in de scharrelvarkenshouderij

N. Verdoes
H. Altena
M.G.A.M. van Asseldonk

Augustus 2001

Samenvatting

Op het Praktijkcentrum Raalte wordt al een aantal jaren onderzoek gedaan bij scharrelvarkens. Daarbij is een goed functionerend hok voor lacterende zeugen (scharrelkraamhok "Raalte") ontwikkeld. Bij gespeende scharrelbiggen zijn in de loop der jaren hokvormen ontwikkeld, waarbij weinig hokbevuiling optreedt. De hokken zijn relatief smal en diep en ondanks dat er bijna 0,3 m² ingestrooide dichte vloer per big aanwezig is, blijven de hokken goed schoon. Doel van dit onderzoek was om via eenvoudige bouwkundige maatregelen de ammoniakemissie bij gespeende scharrelbiggen en bij zeugen gehuisvest in het scharrelkraamhok 'Raalte' te reduceren tot onder de drempelwaarde van Groen Label.

De ammoniakemissie in de kraamafdeling uitgevoerd met het scharrelkraamhok 'Raalte' is bij uitvoering A (ronde 1 en 2) en uitvoering B (3 t/m 6) gemiddeld respectievelijk 6,92 en 5,84 kg per zeug per jaar. De traditionele norm voor kraamzeugen is 8,3 kg NH₃ per zeug per jaar. De reductie van de ammoniakemissie in de afdeling was respectievelijk 17 en 30% vergeleken met de traditionele norm. De drempelwaarde voor het vroegere instrument Groen Label (3,3 kg NH₃ per zeug per jaar) en de drempelwaarde in de toekomstige AMvB Huisvesting (hoewel niet geldend voor scharrelzeugen, zijnde 2,9 kg NH₃) werden niet gehaald.

De ammoniakemissie in de afdeling voor gespeende scharrelbiggen met tien dieren per hok is bij uitvoering A (ronde 1 en 2) en uitvoering B (ronde 3 tot en met 7) gemiddeld respectievelijk 0,42 en 0,47 kg per dierplaats per jaar. De traditionele norm voor gespeende biggen is 0,6 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De reductie van de ammoniakemissie in de afdeling was respectievelijk 30 en 22% vergeleken met de traditionele norm.

De ammoniakemissie in de afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok is bij uitvoering A (ronde 1 tot en met 3) en uitvoering B (ronde 4 tot en met 8) gemiddeld respectievelijk 0,32 en 0,39 kg per dierplaats per jaar. De traditionele norm voor gespeende biggen is 0,6 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De reductie van de ammoniakemissie in de afdeling was respectievelijk 47 en 35% vergeleken met de traditionele norm.

De ammoniakemissie in de afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok is bij uitvoering C (ronde 9 en 10) gemiddeld 0,24 kg per dierplaats per jaar. De traditionele norm voor gespeende biggen is 0,6 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De reductie van de ammoniakemissie met deze hokvorm was 60% vergeleken met de traditionele norm. De drempelwaarde van het niet meer geldende instrument Groen Label werd gehaald. De drempelwaarde in de toekomstige AMvB Huisvesting (0,2 kg per dierplaats) geldt niet voor scharrelbiggen.

Summary

At the Experimental Farm for Pig Husbandry “North and East Netherlands” at Raalte, research has been conducted to “Free Range” systems. One of the research topics is the layout of the farrowing pen. A new “Free Range” farrowing pen was designed. Also a pen was designed for weaned piglets in “Free Range” with less pen contamination. The purpose of this research was to develop housing systems with low ammonia emission and to measure the ammonia emission in the developed “Free Range” systems for farrowing sows and weaned piglets.

Ammonia emission in the compartment for “Free Range” farrowing sows with design A (period 1-2) and design B (period 3-6) was, on average, 6.92 and 5.84 kg NH₃ per sow place per year respectively. The standard for ammonia emission in the Netherlands for traditional housing is 8.3 kg NH₃ per sow place per year. So, with the “Free Range” compartment for farrowing sows a reduction of ammonia emission of 17 and 30% respectively was realized.

Ammonia emission in the compartment for “Free Range” weaned piglets with 10 animals per pen with design A (period 1-2) and design B (period 3-7) was, on average, 0.42 and 0.47 kg NH₃ per piglet place per year respectively. The standard for ammonia emission in the Netherlands for traditional housing is 0.6 kg NH₃ per piglet place per year. So, with the “Free Range” compartment for weaned piglets a reduction of ammonia emission of 30 and 22% respectively was realized.

Ammonia emission in the compartment for “Free Range” weaned piglets with 18 animals per pen during design A (period 1-3), design B (period 4-8) and design C (period 9-10) was, on average, 0.32, 0.39 and 0.24 kg NH₃ per piglet place per year respectively. The standard for ammonia emission in the Netherlands for traditional housing is 0.6 kg NH₃ per piglet place per year. So, with the “Free Range” compartment for weaned piglets a reduction of ammonia emission of 47, 35 and 60% respectively was realized.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methoden	2
2.1	Diermateriaal	2
2.2	Proefuitvoering	2
2.3	Huisvesting	3
2.3.1	Scharrelkraamhok "Raalte"	3
2.3.2	Gespeende scharrelbiggen, 10 dieren per hok	4
2.3.3	Gespeende scharrelbiggen, 18 dieren per hok	5
2.4	Klimaat.....	7
2.5	Voeding en drinkwaterverstrekking	7
2.6	Verzameling en verwerking van de gegevens	7
3	Resultaten	9
3.1	Ammoniakemissie.....	9
3.1.1	Scharrelkraamhok 'Raalte'	9
3.1.2	Gespeende scharrelbiggen met 10 dieren per hok.....	10
3.1.3	Gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok.....	11
3.2	Hokbevuiling.....	15
3.3	Mestniveau en aantal keren aflaten.....	15
4	Discussie	17
5	Conclusies	19
	Literatuur	20

1 Inleiding

Het onderzoek naar emissiearme stalsystemen voor de varkenshouderij heeft in de afgelopen jaren een groot aantal Groen Labelsystemen opgeleverd. De beschikbare technieken zijn echter allen ontwikkeld en getest bij traditioneel gehuisveste varkens, waarbij voldaan is aan de minimale huisvestings- en welzijnseisen uit het Varkensbesluit (Anonymus, 1998). Er is ook behoefte aan emissiearme technieken bij alternatieve huisvestingssystemen zoals in de scharrelvarkenshouderij. Voor de scharrelvarkenshouderij is ten opzichte van de reguliere houderij een grotere oppervlakte dichte vloer verplicht. Ook dient strooisel verstrekt te worden. Door de grotere oppervlakte dichte vloer neemt de kans op hokbevuiling toe, waardoor extra inspanningen nodig zijn om de ammoniakemissie te verlagen.

Op het Praktijkcentrum Raalte wordt sinds een aantal jaren onderzoek gedaan bij scharrelvarkens. Daarbij zijn in een aangepaste kraamafdeling (scharrelkraamhok "Raalte") oriënterende emissiemetingen uitgevoerd (Huiskes et al., 1998). De ammoniakemissie bleek, ondanks het grote mestkelderoppervlak per dier (5 m²), met een gemiddelde waarde van 5,0 kg per dierplaats per jaar fors lager te zijn dan de standaard emissienorm van 8,3 kg per dierplaats per jaar. De relatief lage ammoniakemissie was deels een gevolg van afdekking van het mestoppervlak in de mestkelder door strooisel.

Bij gespeende scharrelbiggen zijn in de loop der jaren hokvormen ontwikkeld, waarbij weinig hokbevuiling optreedt. De hokken zijn relatief smal en diep en ondanks dat er bijna 0,3 m² ingestrooide dichte vloer per big aanwezig is, blijven de hokken goed schoon. Dit hoktype (smal/diep) is in de regulier varkenshouderij Groen Labelwaardig gebleken. Uit dit onderzoek moet blijken of dit hoktype ook bij gespeende biggen gehouden conform de Algemene Voorwaarden voor Scharrelvarkens (PVV, 1996) emissiearm is.

Doel van dit onderzoek was het ontwikkelen van emissiearme huisvestingssystemen (die met eenvoudige bouwkundige maatregelen te verwezenlijken zijn) bij gespeende biggen en kraamzeugen in de scharrelvarkenshouderij en het vaststellen van de ammoniakemissie vanuit die stalsystemen.

2 Materiaal en methoden

Het onderzoek is uitgevoerd op het Praktijkcentrum Raalte van 17 september 1998 tot en met 17 juli 2000. De metingen zijn verricht in één afdeling uitgerust met het scharrelkraamhok "Raalte" en twee afdelingen voor gespeende scharrelbiggen.

2.1 Diermateriaal

De zeugen in dit onderzoek waren van het kruisingstype $GY_z \times NL$. De gespeende biggen in dit onderzoek waren van het kruisingstype $GY_s \times (GY_z \times NL)$. De kraamzeugen en gespeende biggen werden volgens het all in – all out-principe opgelegd. Na elke ronde is de afdeling gereinigd en ontsmet.

2.2 Proefuitvoering

In februari 1999 zijn er kleine aanpassingen gedaan in de mestkelders van beide stalsystemen. De lengte en breedte van de hokken zijn niet veranderd. De verhouding tussen de dichte vloer en roostervloer is tijdens het onderzoek wel aangepast. In tabel 1 wordt per afdeling de begindatum, einddatum en de uitvoering van de rondes weergegeven. De rondes vóór de aanpassingen worden aangeduid met uitvoering A, de rondes na de aanpassingen met uitvoering B.

Tabel 1 Aantal rondes, begindatum, einddatum en uitvoering van de hokken

Afdeling	Ronde	Begindatum	Einddatum	Uitvoering
Kraamafdeling	1	17-09-1998	21-10-1998	A
	2	07-11-1998	16-12-1998	A
	3	02-04-1999	05-05-1999	B
	4	21-05-1999	30-06-1999	B
	5	16-07-1999	25-08-1999	B
	6	03-09-1999	07-10-1999	B
Biggenopfok 1 10 dieren/hok	1	08-10-1998	17-11-1998	A
	2	17-12-1998	13-01-1999	A
	3	18-02-1999	25-03-1999	B
	4	01-04-1999	28-04-1999	B
	5	06-05-1999	03-06-1999	B
	6	17-06-1999	18-07-1999	B
	7	12-08-1999	15-09-1999	B
Biggenopfok 2 18 dieren/hok	1	17-09-1998	14-10-1998	A
	2	22-10-1998	18-11-1998	A
	3	03-12-1998	04-01-1999	A
	4	04-03-1999	30-03-1999	B
	5	22-04-1999	16-05-1999	B
	6	27-05-1999	25-06-1999	B
	7	01-07-1999	04-08-1999	B
	8	26-08-1999	21-09-1999	B
	9	24-02-2000	24-03-2000	C
	10	22-06-2000	17-07-2000	C

2.3 Huisvesting

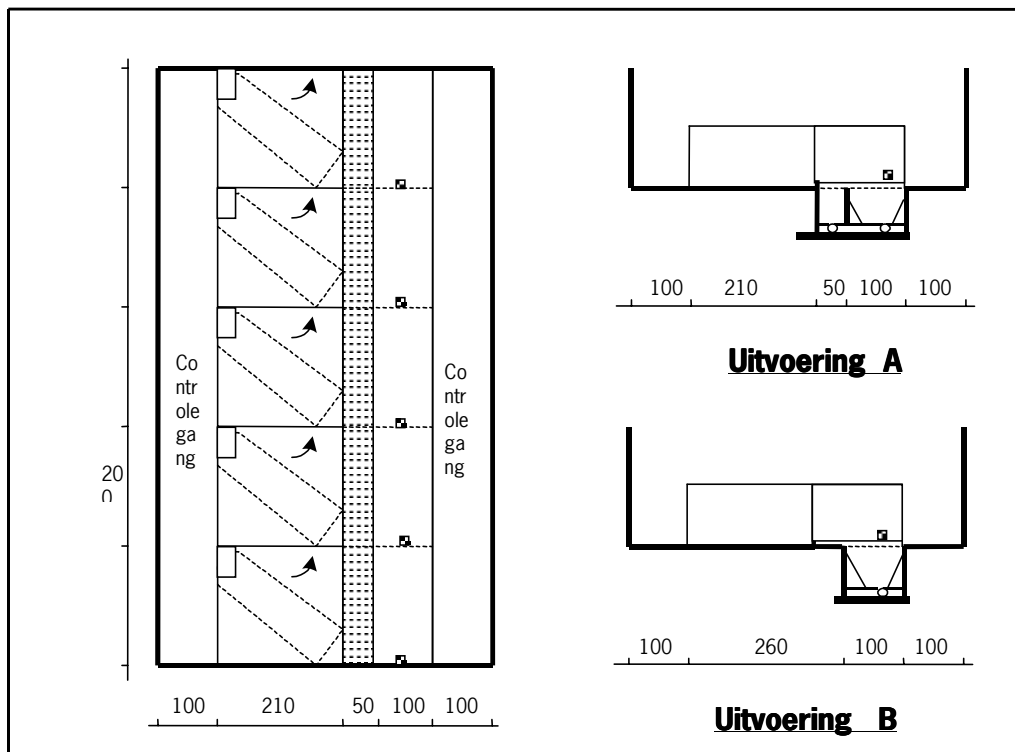
In deze paragraaf worden de verschillende uitvoeringen beschreven.

2.3.1 Scharrelkraamhok "Raalte"

De afdeling bestaat uit vijf kraamhokken, elk 2,0 m breed en 3,6 m diep. De ligbox staat volledig op de met gesneden (5–15 cm) stro ingestrooide dichte vloer. De zeug wordt uitsluitend vanaf de verwachte werpdatum tot 2 dagen na het werpen opgesloten in de box. Vervolgens wordt de box geopend door verwijdering van de beugel aan de achterzijde en door het wegdraaien van een van de boxafscheidingen. De zeug heeft daardoor in het gehele hok bewegingsvrijheid met uitzondering van het biggennest. Keerbuizen langs de wanden van het hok beperken het dooddrukken van biggen. In het onderzoek van Huiskes et al. (1998) was het strogebruik gemiddeld 25 kg per hok per ronde bij gebruik van gehakseld stro en twee keer per dag handmatig mestvrij maken van de ligruimte. Tijdens dit onderzoek wordt ook twee keer per dag eventuele bevuilding van de dichte vloer verwijderd en in een kruiwagen gedeponereerd. Uitsluitend rond de geboorte van de biggen wordt gehakseld stro of zaagsel toegepast. Gedurende het resterende deel van de kraamperiode paste men, conform de Algemene Voorwaarden voor Scharrelvarkens, het langere gesneden stro toe. Het strogebruik is mede afhankelijk van de mate van bevuilding van de ligruimte en vermorsing op de roostervloer. Uitgangspunt was dat de dichte vloer redelijk met stro bedekt moest zijn.

Uitvoering A

In onderzoek van Huiskes et al. (1998) was de controlegang (1,0 m breed) aan de achterzijde van de kraamhokken voorzien van een metalen driekantrooster en onder het totale roosteroppervlak in de afdeling was één mestkanaal van 2,5 m breed aanwezig. Op de grens van de dichte vloer en de roostervloer was een strokering van 10 cm hoog bevestigd. Bij aanvang van deze proef is het mestkanaal versmald tot uitsluitend het roostergedeelte onder de kraamhokken. Elk kraamhok heeft dus vanaf de voorzijde gezien een dichte vloer van 2,1 m en een metalen driekantroostervloer van 1,5 m (10 mm balk en 10 mm spleet). In het mestkanaal is vervolgens een scheidingswand geplaatst op ongeveer 50 cm vanaf de dichte vloer (zie figuur 1). Het smalle kanaal, aan de dichte vloerzijde, dient voor de opvang van stro. Het brede kanaal aan de achterzijde van het hok, dient voor de opvang van mest en urine en is voorzien van schuine wanden. De hellingshoek van de wanden ten opzichte van de putvloer bedraagt 60 graden. Beide mestkanalen zijn voorzien van een afzonderlijk rioleringsysteem.

Figuur 1 Bovenaanzicht en dwarsdoorsnede van een afdeling met het scharrelkraamhok "Raalte"

Uitvoering B

De hokuitvoering is grotendeels gelijk aan uitvoering A, alleen de verhouding dichte vloer en roostervloer is aangepast. De dichte vloer is verruimd met het smalle mestkanaal. Elk kraamhok heeft dus vanaf de voorzijde gezien een dichte vloer van 2,6 m en een roostervloer van 1,0 m (zie figuur 1). De strokering blijft op dezelfde plaats gesitueerd en staat dus niet op de grens van de dichte vloer en de roostervloer, maar volledig op de dichte vloer. Het brede mestkanaal is gelijk gebleven en dient voor de opvang van stro, mest en urine.

2.3.2 Gespeende scharrelbiggen, 10 dieren per hok

De afdeling is 6,6 m breed, 7,6 m diep en bestaat uit zes hokken voor elk tien dieren (zie figuur 2). Elk hok is 1,1 m breed en 4,0 m diep, de controlegang 3,6 m breed. Het mestkanaal is 70 cm diep en voorzien van een rioleringssysteem.

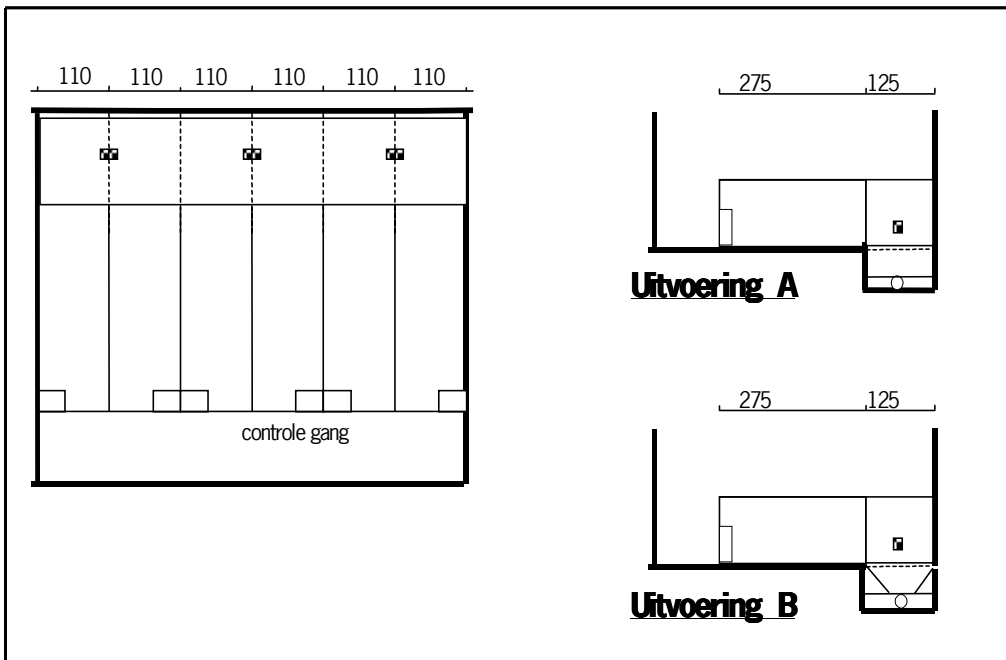
Uitvoering A

Elk hok heeft vanaf de voorzijde gezien een hellende dichte vloer van 2,75 m en een metalen driekantroostervloer van 1,25 m (inclusief een mestspleet van 5 cm tegen de achterwand). De helling van de dichte vloer is 2%. De metalen driekantrooster heeft een balk- en spleetbreedte van 10 mm. Op de grens van de dichte vloer en de roostervloer is een strokering van 12 cm hoog bevestigd. Het roosteroppervlak en daarmee ook het emitterend oppervlak in de mestkelder bedraagt 0,14 m² per dier.

Uitvoering B

De hokuitvoering is geheel gelijk aan uitvoering A met uitzondering van het aanbrengen van schuine wanden in het mestkanaal. Deze schuine wanden verkleinen het emitterend oppervlak sterk in het begin van iedere ronde. Daarnaast zijn verschillende vormen van strokeringen gemonteerd. In twee hokken is de strokering 40 cm hoog met aan de linkerzijde van het hok een breedte van 30 cm waar de hoogte van de strokering 12 cm bedraagt. Twee andere hokken zijn uitgevoerd met een strokering van 12 cm hoog met aan de bovenzijde een dwarsplankje van 4 cm. In de overige twee hokken is de strokering gelijk aan die van uitvoering A.

Figuur 2 Bovenaanzicht en dwarsdoorsnede van een afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 10 dieren per hok



2.3.3 Gespeende scharrelbiggen, 18 dieren per hok

De afdeling is 4,5 m breed, 7,6 m diep en bestaat uit drie hokken voor elk 18 dieren (zie figuur 3). Elk hok is netto 1,5 m breed en 4,85 m diep, de controlegang 2,75 m breed. Het mestkanaal is 70 cm diep en voorzien van een rioleringsysteem.

Uitvoering A

Elk biggenhok heeft vanaf de voorzijde gezien een hellende dichte vloer van 2,85 m en een metalen driekantroostervloer van 2,0 m (inclusief een mest spleet van 5 cm tegen de achterwand). De helling van de dichte vloer is 2%. De metalen driekantrooster heeft een balk- en spleetbreedte van 10 mm. Op de grens van de dichte vloer en de roostervloer is een strokering van 12 cm hoog bevestigd. Het roosteroppervlak bedraagt 0,17 m² per dier. Het mestkanaal is voorzien van schuine wanden. Bij een mestniveau van maximaal 20 cm is het emitterend oppervlak per big maximaal 0,12 m².

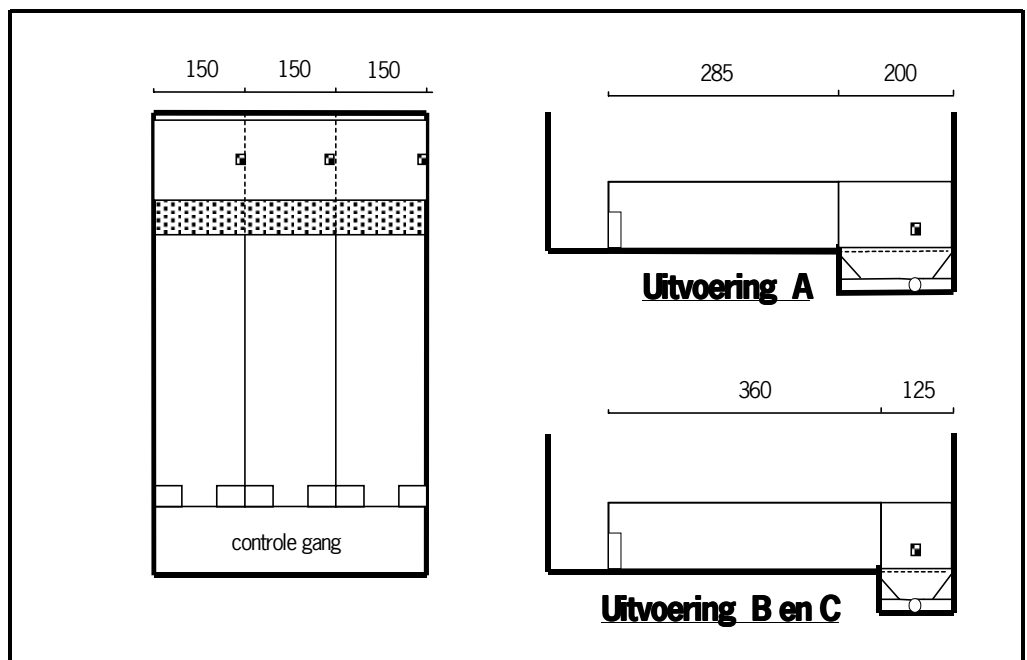
Uitvoering B

De hokuitvoering is grotendeels gelijk aan uitvoering A. Alleen de verhouding dichte vloer en roostervloer is aangepast. Het mestkanaal is 75 cm smaller gemaakt. Elk hok heeft vanaf de voorzijde gezien een dichte vloer van 3,6 m en een roostervloer van 1,25 m. Het mestkanaal is voorzien van schuine wanden. Bij een mestniveau van maximaal 20 cm is het emitterend oppervlak per big maximaal 0,06 m². De strokering (12 cm hoog) is weer op de grens van de dichte vloer en de roostervloer bevestigd.

Uitvoering C

De hokuitvoering is grotendeels gelijk aan uitvoering B. Bij uitvoering B bleek vrij veel stromest in de mestput terecht te komen. Bij uitvoering C zijn daarom opklapbare roosters toegepast, zodat na afloop van de opfokronde de (stro)mest die niet via het rioleringssysteem wordt afgevoerd, alsnog handmatig uit de mestput verwijderd kon worden. Ook is er een andere verhouding balk-spleet van deze metalen driekantrooster aangehouden om de mestdoorlaat verder te verbeteren: 10 mm balk en 12 mm spleet.

Figuur 3 Bovenaanzicht en dwarsdoorsnede van een afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok



2.4 Klimaat

Bij de drie afdelingen werd de lucht afgevoerd via een geijkte ventilator met een doorsnede van 35 cm (Exavent systeem). De luchtafvoerkokers waren voorzien van automatische diafragmaschuiven.

Kraamafdeling

De verse lucht kwam de afdeling binnen via een opening in de deur van de controlegang aan de voorzijde van de kraamhokken. Rond de werpdatum tot 14 dagen daarna werd een afdelingstemperatuur nagestreefd van 22 °C. Vervolgens daalde de streeftemperatuur naar 21 °C op dag 22 tot 20 °C op dag 40. De minimum en maximum ventilatie bedroeg respectievelijk 40 en 250 m³ per dier per uur. De bandbreedte was 3 °C.

Afdelingen voor gespeende scharrelbiggen

De verse lucht kwam de afdeling binnen via handbediende inlaatkleppen boven de controlegang. Bij opleg werd een afdelingstemperatuur nagestreefd van 27 °C, dalend naar 24 °C, 9 dagen na opleg en vervolgens tot 20 °C vanaf dag 30. De minimum ventilatie bedroeg 3-5 m³ per dier per uur. De maximum ventilatie bedroeg 30 m³ per dier per uur. De bandbreedte was 4 °C.

2.5 Voeding en drinkwaterverstrekking

De kraamzeugen en de gespeende biggen kregen droogvoer en onbeperkt drinkwater verstrekt.

Kraamzeugen

De zeugen kregen de gehele kraamperiode tweemaal daags via een volumedosator lacto-zeugenvoer (EW = 1,08; RE = 159 gram/kg) verstrekt. Op de dag van werpen kregen zij 0,5 kg voer. De voergift is vervolgens in 1 week verhoogd naar 6-8 kg, afhankelijk van het aantal biggen en de voeropnamecapaciteit van de zeug. Drinkwater kregen ze onbeperkt via een drinknippel in de trog.

Per hok werd aan de biggen vanaf 10 dagen leeftijd dagelijks 100 gram kruimel verstrekt (EW = 1,12; RE = 175 gram/kg). Aan het einde van de kraamperiode kregen de biggen maximaal 1000 gram kruimel per hok. Zij kregen onbeperkt drinkwater via een drinknippel die boven het mestkanaal was gesitueerd.

Gespeende scharrelbiggen

In beide afdelingen werden de biggen handmatig gevoerd. Per tien biggen was één droogvoerbak met drie vreetplaatsen aanwezig. De eerste 10 dagen kregen de biggen speenkruimel (scharrel) tot hun beschikking (EW = 1,12; RE = 175 gram/kg). Vervolgens werd gedurende 4 dagen overgeschakeld naar scharrelgroevoer (EW = 1,10; RE = 185 gram/kg). De scharrelbiggen werden tijdens de opfok onbeperkt gevoerd. Drinkwater werd onbeperkt verstrekt via een drinkbakje boven de roostervloer.

2.6 Verzameling en verwerking van de gegevens

Ammoniakemissie

De ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht is continu gemeten met behulp van de B&K - monitor (type 1302), conform het concept meetprotocol (Van der Hoek et al., 1999) van de Werkgroep Emissiefactoren. Het ventilatiedebiet werd bepaald door een geijkte meetwaaier en de

temperatuur met een thermokoppel (Van 't Klooster et al., 1992). De ammoniakconcentratie van de ingaande lucht (= achtergrondconcentratie) is alleen gemeten in de twee ronden in 2000; dit betrof de gespeende biggen met 18 dieren per hok.

De ronde van de afdeling uitgevoerd met het scharrelkraamhok "Raalte" startte op de dag dat de eerste zeug had gebigd. De dag dat de dieren uit de afdeling zijn verwijderd, is niet meegenomen voor de berekeningen, omdat de waarnemingen niet representatief waren voor de gehele dag. Bij de gespeende biggen werd de meetperiode gestopt als meer dan 50% van de dieren uit de afdeling was verwijderd.

Bij de berekening van de ammoniakemissie zijn gegevens over de temperatuur van de uitgaande lucht, de ammoniakconcentratie en het ventilatiedebiet gecontroleerd. De verwerking van de gegevens aangaande de ammoniakemissie is uitgevoerd conform het concept meetprotocol (Van der Hoek et al., 1999). Daarbij worden eerst alle meetgegevens gemiddeld per uur. Als er gedurende meer dan 2 uur geen uurgemiddelden voorhanden waren, werd de betreffende meetdag verwijderd. Dagen met minder dan 12 uurgemiddelden werden eveneens niet meegenomen. De ammoniakemissie is berekend als het product van het gemiddelde ventilatiedebiet per uur en de gemiddelde ammoniakconcentratie per uur. Uit de uurgemiddelden wordt vervolgens het daggemiddelde berekend. Wil de betreffende meetperiode aan het meetprotocol voldoen, dan dient op minstens 80% van de dagen de gemiddelde emissie bekend te zijn. Bij de berekening van de ammoniakemissie per dierplaats per jaar is uitgegaan van een bezettingsgraad van 90%.

Hokbevuiling

De mate van bevuiling van de dichte vloer is tweemaal per week visueel beoordeeld (in de categorieën 0-25%, 25-50%, 50-75% en 75-100%) en op een formulier vastgelegd. Bevuiling van de schuine wanden in de mestkelder en eventuele ophopingen van stro zijn ook geregistreerd. In een logboek zijn alle bijzonderheden vermeld.

Het liggedrag van de kraamzeugen, de zogende biggen en de gespeende biggen werd incidenteel op een formulier vastgelegd. De resultaten geven een indruk van het lig- en mestgedrag.

Mestniveau

Door de schuine wanden in de mestkelder was het mestniveau van invloed op het emitterend mestoppervlak. Daarom is gedurende het gehele onderzoek het mestniveau voor en na het aflaten van de mest bepaald met behulp van een peilstok tussen het rooster. Aan de hand van deze gegevens kan per dier het maximale mestoppervlak in de mestkelder worden vastgesteld. Eventuele problemen bij de afvoer van stronke mest via een rioleringsstelsel zijn geregistreerd. Daarnaast zijn alle bijzonderheden in een logboek vermeld.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk staan de resultaten van het onderzoek beschreven. De resultaten hebben betrekking op de gehele periode zoals staat vermeld in tabel 1 (pagina 2). Achtereenvolgens gaan we in op de resultaten van de metingen van de ammoniakemissie, de hokbevuiling, het mestniveau en het aantal keren aflaten.

3.1 Ammoniakemissie

Per ronde is de ammoniakemissie weergegeven van alle afdelingen die bij het onderzoek betrokken waren.

3.1.1 Scharrelkraamhok 'Raalte'

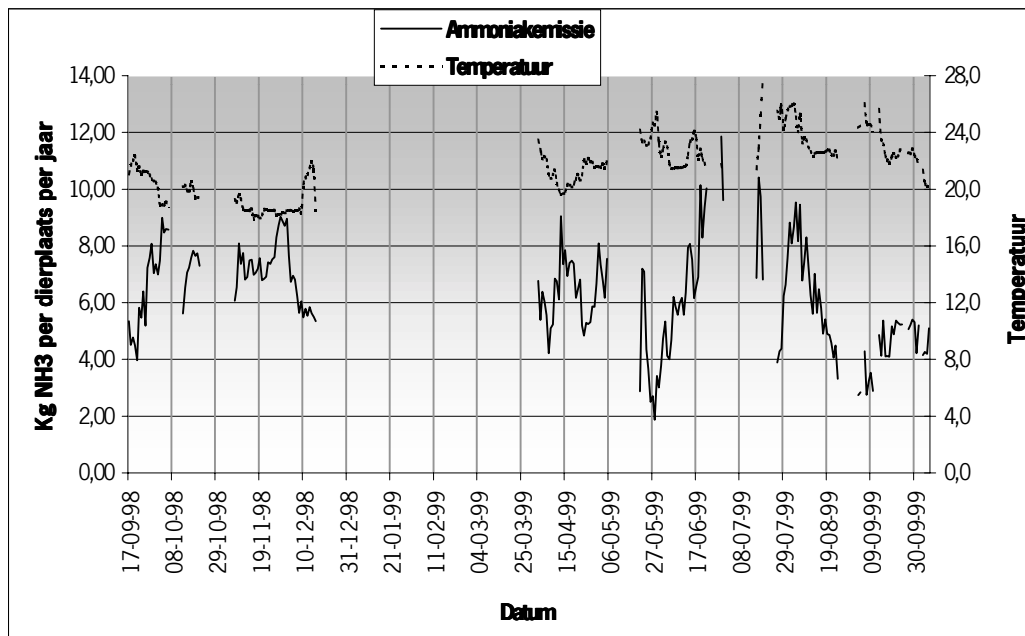
In tabel 2 staan per ronde de emissiecijfers weergegeven van de afdeling uitgevoerd met het scharrelkraamhok 'Raalte'.

Tabel 2 Emissiecijfers van de afdeling uitgevoerd met het scharrelkraamhok 'Raalte'

Ronde	1	2	3	4	5	6
Hokuitvoering	A	A	B	B	B	B
Totaal aantal dagen gemeten	35	40	34	41	41	35
Percentage meetdagen	83	100	100	85	83	83
Temperatuur in de ventilatiekoker (°C)	20,4	18,9	21,2	22,7	23,8	22,8
Ventilatiedebiet (m ³ /uur/dpl)	158,4	141,0	155,3	249,0	238,5	184,0
Ammoniakconcentratie (mg NH ₃ /m ³)	5,53	6,33	5,31	3,31	3,89	3,60
Ammoniakemissie (kg NH ₃ /dpl/jr)	6,79	7,04	6,40	5,99	6,55	4,42

Tijdens de metingen zijn kleine storingen in de meetapparatuur opgetreden. De betreffende meetdagen zijn verwijderd. Het percentage meetdagen was minimaal 83%. De buitentemperatuur liet een vergelijkbaar patroon zien met de temperatuur in de ventilatiekoker, echter de schommelingen zijn hoger. Het ventilatiedebiet tijdens ronde 4 en ronde 5 (zomer) was beduidend hoger vergeleken met de overige ronden. De ammoniakconcentratie was in ronde 4 tot en met 6 lager vergeleken met ronde 1 tot en met 3. Door de kleine aanpassingen (zie tabel 1) is de ammoniakemissie per afdeling niet voor alle ronden vergelijkbaar. Wel kon door een grafische weergave een trend worden gezien, waartoe de kleine aanpassingen hadden geleid. Zie figuur 4. De ammoniakemissie was over alle perioden vrij constant, met uitzondering van ronde 6. In ronde 6 was het ventilatiedebiet laag, wat bij een redelijk lage ammoniakconcentratie resulteerde in een lagere ammoniakemissie vergeleken met ronde 1 tot en met 5.

Figuur 4 Ammoniakemissie en temperatuur in de afdeling uitgevoerd met het scharrelkraamhok 'Raalte' in de periode 17 september 1998 tot en met 7 oktober 1999



De grafiek in figuur 4 laat een grillig verloop zien. Tijdens de zomermaanden was een lichte stijging waar te nemen. Over het algemeen schommelde de ammoniakemissie rond de 6,5 kg per dierplaats per jaar met uitzondering van de laatste ronde, waarin de ammoniakemissie rond de 4,5 kg per dierplaats per jaar schommelde. Tijdens de zomermaanden was de temperatuur in de ventilatiekamer hoger dan in de wintermaanden.

3.1.2 Gespeende scharrelbiggen met 10 dieren per hok

In tabel 3 staan per ronde de emissiecijfers weergegeven van de afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 10 dieren per hok.

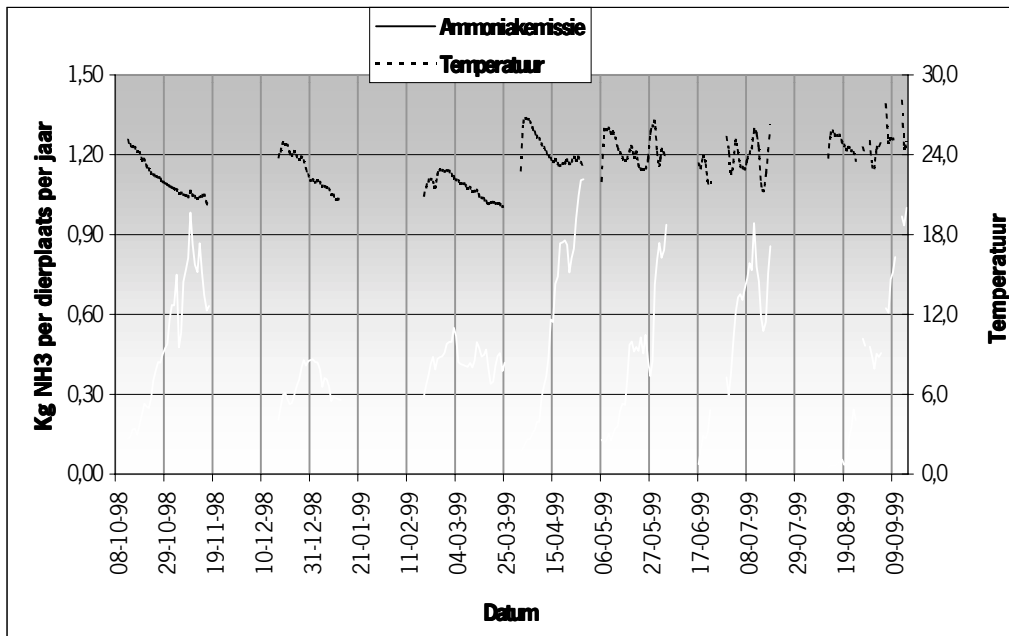
Tabel 3 Emissiecijfers van een afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 10 dieren per hok

Ronde	1	2	3	4	5	6	7
Hokuitvoering	A	A	B	B	B	B	B
Totaal aantal dagen gemeten	41	28	36	28	29	32	35
Percentage meetdagen	88	100	100	100	100	81	83
Temperatuur in de ventilatiekamer (°C)	22,1	22,7	21,5	24,3	24,4	23,7	24,9
Ventilatiedebit (m ³ /uur/dpl)	10,9	8,9	12,0	13,9	21,3	27,0	20,6
Ammoniakconcentratie (mg NH ₃ /m ³)	5,57	4,87	4,66	4,76	2,63	2,51	2,23
Ammoniakemissie (kg NH ₃ /dpl/jr)	0,50	0,34	0,43	0,55	0,43	0,53	0,39

Tijdens de metingen zijn kleine storingen in de meetapparatuur opgetreden. De betreffende meetdagen zijn verwijderd. Het percentage meetdagen was minimaal 81%. De temperatuur in de ventilatiekamer schommelde tussen de 21,5 en 24,9 °C. De buitentemperatuur liet een grotere variatie zien. Het ventilatiedebiet tijdens ronde 5 tot en met 7 (zomer) was beduidend hoger dan de overige ronden. De ammoniakconcentratie was in ronde 5 tot en met 7 lager vergeleken met ronde 1 tot en met 4. De ammoniakemissie schommelde tussen de 0,34 en 0,55 kg per dierplaats per jaar.

De ammoniakemissie is grafisch weergegeven in figuur 5.

Figuur 5 Ammoniakemissie en temperatuur in een afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 10 dieren per hok in de periode 8 oktober 1998 tot en met 15 september 1999



In de periode december 1998 tot en met maart 1999 had de ammoniakemissie een vlak verloop. In de overige ronden had de ammoniakemissie tijdens de ronde een sterk stijgend verloop. Na de aanpassingen was de ammoniakemissie niet gedaald. De temperatuur was tijdens de proef vrij stabiel, maar gedurende de ronden daalde de temperatuur.

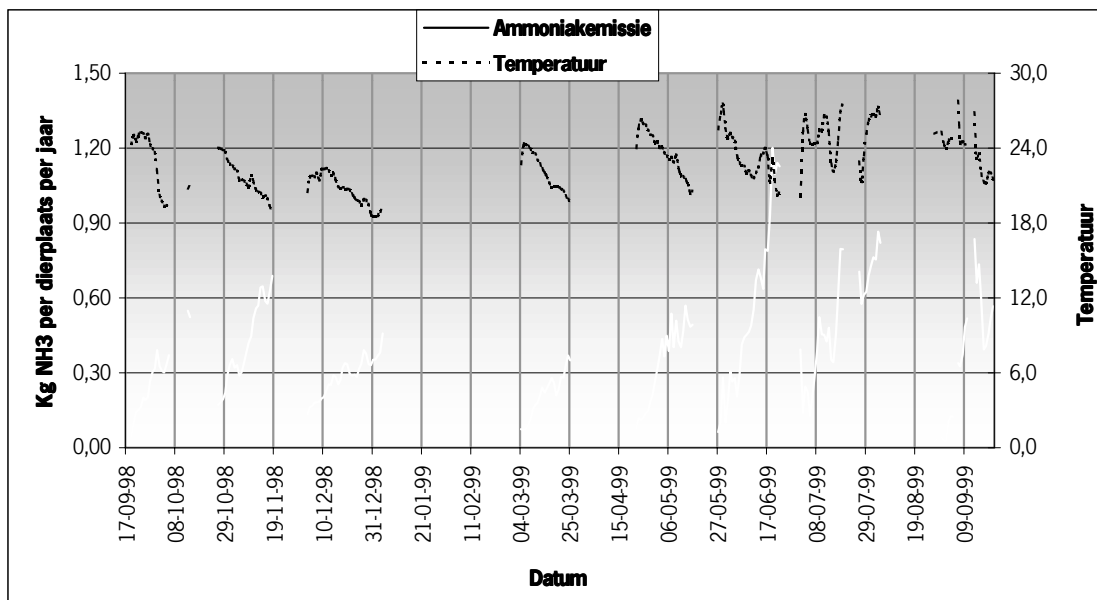
3.1.3 Gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok

De resultaten van de emissiemetingen worden bij deze hokvariant in twee gedeelten behandeld, namelijk hokuitvoering A en B enerzijds en hokuitvoering C anderzijds. Hokuitvoering C bleek een wezenlijke verbetering ten opzichte van A en B. Tevens is bij hokuitvoering C ook de achtergrondconcentratie gemeten. In tabel 4 staan per ronde de emissiecijfers weergegeven van de afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok, uitvoering A en B.

Tabel 4 Emissiecijfers van een afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok

Ronde	1	2	3	4	5	6	7	8
Hokuitvoering	A	A	A	B	B	B	B	B
Totaal aantal dagen gemeten	28	28	33	27	25	30	35	27
Percentage meetdagen	68	86	100	85	100	90	83	81
Temperatuur in de ventilatiekoker (°C)	22,8	21,6	20,6	22,0	23,6	23,3	25,0	23,9
Ventilatiedebit (m ³ /uur/dpl)	10,6	8,7	9,6	9,2	15,0	18,7	28,2	20,5
Ammoniak-concentratie (mg NH ₃ /m ³)	3,15	5,93	3,76	2,91	3,01	3,58	2,26	1,89
Ammoniak-emissie (kg NH ₃ /dpl/jr)	0,27	0,42	0,28	0,22	0,34	0,54	0,51	0,35

Tijdens de metingen zijn kleine storingen in de meetapparatuur opgetreden. De betreffende meetdagen zijn verwijderd. Het percentage meetdagen was minimaal 68%. De temperatuur in de ventilatiekoker schommelde tussen de 20,6 °C en de 25,0 °C. Ook de buitentemperatuur liet grote schommelingen zien. Het ventilatiedebit varieerde tussen de 8,0 en 28,2 m³ lucht per dierplaats per uur. De ammoniakconcentratie varieerde tussen de 1,89 en 5,93 milligram ammoniak per kuub. De ammoniakemissie (kg NH₃/dierplaats/jaar) had een grote variatie en was minimaal 0,17 en maximaal 0,54 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Dit is grafisch weergegeven in figuur 6.

Figuur 6 Ammoniakemissie en temperatuur in de afdeling voor gespeende scharrelbiggen

De ammoniakemissie gedurende een ronde liet ook in deze afdeling een vrij sterke stijging zien. Na de kleine aanpassingen was de ammoniakemissie niet gedaald. Gedurende een ronde was een dalende temperatuur en een toenemende ammoniakemissie waar te nemen.

In tabel 5 staan per ronde de meetomstandigheden en de emissiecijfers weergegeven van de afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok, uitvoering C.

In ronde 9 zijn op 20 maart 2000 24 dieren uit de afdeling verwijderd. Op 24 maart volgden nog eens 23 dieren. Hiermee was de meetronde beëindigd.

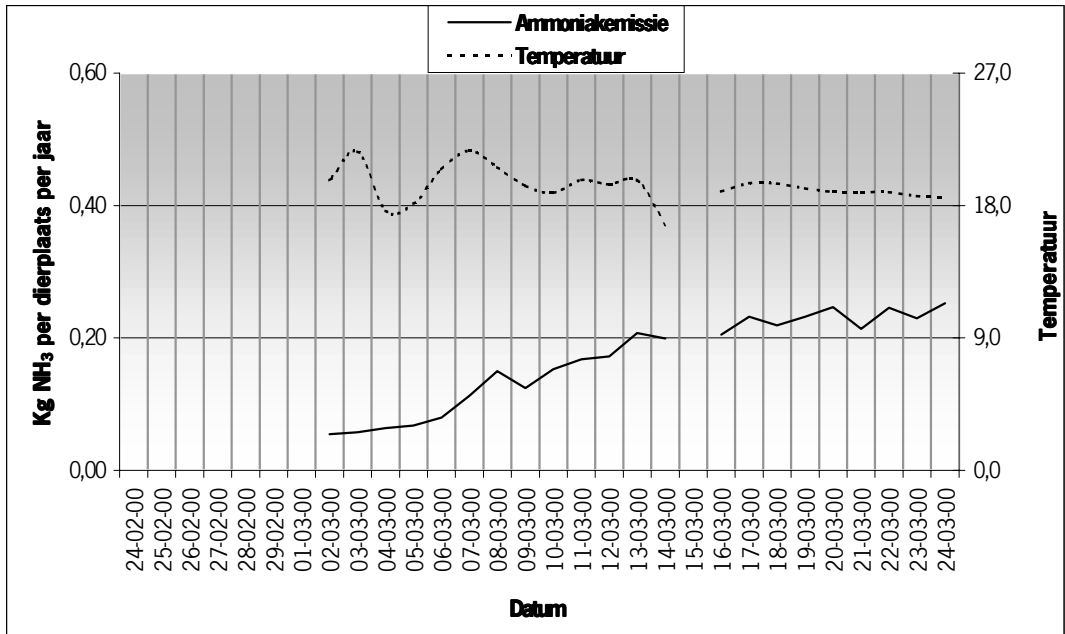
In ronde 10 zijn op 12 juli 16 dieren uit de afdeling verwijderd. Op 17 juli volgden nog eens 28 dieren. Hiermee was de meetronde beëindigd.

Tabel 5 Emissiecijfers van een afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok

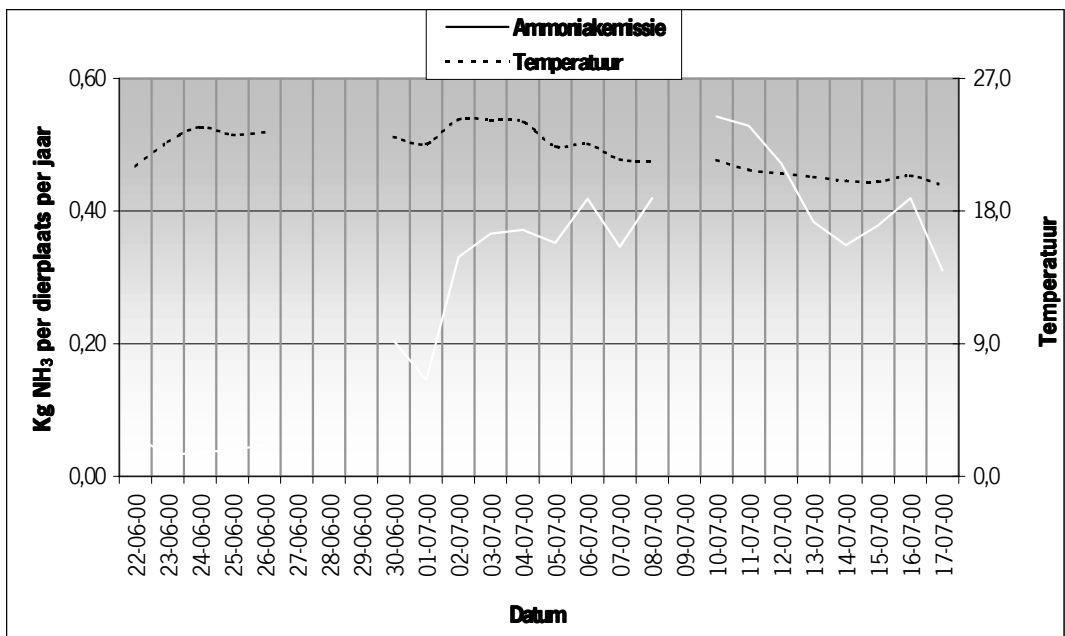
Ronde	9	10
Hokuitvoering	C	C
Opleggewicht in kg	10,3	11,9
Leeftijd bij opleggen (in dagen)	34	43
Uitval biggen in%	0	1,85
Aflevergewicht in kg	23,2	24,4
Totaal aantal dagen gemeten	30	26
Aantal dagen met gescreende data	24	22
Percentage meetdagen	80	85
Aantal waarnemingen per dag	39,2	70,7
Buitentemperatuur (°C)	7,0	15,0
Temperatuur in de ventilatiekoker (°C)	19,5	22,0
Ventilatie debiet (m ³ /uur/dierplaats)	8,2	12,0
Ammoniakconcentratie in stal (mg NH ₃ /m ³)	2,48	3,11
Ammoniakemissie (kg NH ₃ /dierplaats/jr), niet gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie	0,165	0,320
Ammoniakconcentratie bij luchtinlaat (mg NH ₃ /m ³)	0,14	0,20
Ammoniakemissie (kg NH ₃ /dierplaats/jr), wel gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie	0,156	0,298

In deze laatste ronden werd een gemiddelde ammoniakemissie gerealiseerd van 0,24 kg per dierplaats per jaar zonder correctie voor de achtergrondconcentratie. Met correctie daarvoor was de ammoniakemissie gemiddeld 0,23 kg per dierplaats per jaar. De ammoniakemissie in deze beide ronden in het jaar 2000 is grafisch weergegeven in figuur 7a en 7b.

Figuur 7a Ammoniakemissie en temperatuur in een afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok in de periode 24 februari tot 24 maart 2000



Figuur 7b Ammoniakemissie en temperatuur in een afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok in de periode 22 juni tot 17 juli 2000



De ammoniakemissie in ronde 9 vertoont een licht stijgend verloop. Dit verloop is kenmerkend voor een winterperiode. Op 14 en 21 maart is er mest afgelaten. In het laatste geval is een lichte daling van de emissie zichtbaar. In de zomerperiode (ronde 10) is de emissie duidelijk hoger en vertoont ook een grilliger verloop. Bij hogere temperaturen speelt de factor hokbevuiling een grote rol. Van 1 naar 2 juli maakte de buitentemperatuur een sprong van 5 °C. De staltemperatuur reageerde daarop met een verhoging van ongeveer 2 °C. Het mestniveau was op 30 juni slechts 3 cm onder het rooster. Er was dus een groot emitterend mestoppervlak aanwezig. De ammoniakemissie vertoont dan ook een sterke stijging. Op 12 juli zijn er dieren uit de afdeling verwijderd. De ammoniakemissie lijkt daardoor te dalen.

3.2 Hokbevuiling

Kraamafdeling

Bevuiling van de dichte vloer kwam voor in de periode dat de zeugen waren gefixeerd (totaal 3 dagen). Nadat de zeugen de gehele ruimte tot hun beschikking kregen, werd soms ook de dichte vloer bevuild. Indien de dichte vloer eenmaal werd bevuild, kwam dat vaker voor. Echter de meeste zeugen mestten gewoon op de roostervloer. Omdat het rooster maar 1,50 m diep was, kon het voorkomen dat de zeug op het rooster stond, maar dat de mest nog net op de dichte vloer terecht kwam. In deze situatie was maar een beperkt deel van de dichte vloer bevuild. Bevuiling van het biggennest (door de biggen) kwam sporadisch voor bij hoktype A. Verreweg de meeste biggen mestten netjes op de roostervloer. Tijdens uitvoering B mestten de biggen vaak op de dichte vloer net over de strokering. Bij het ouder worden van de biggen nam de bevuiling van deze dichte vloer toe.

Afdelingen voor gespeende scharrelbiggen

De hokbevuiling in de afdelingen voor gespeende biggen beperkte zich tot het roostergedeelte. De ingestrooide dichte vloer was niet bevuild. Uitzondering hierop was het gedeelte vlak voor de strokering. In beide hoeken trad soms hokbevuiling op. De hokbevuiling beperkte zich dan meestal tot één hok en nam gedurende een ronde af. Tijdens een ronde nam de bevuiling van het roostergedeelte toe. Dit werd voornamelijk veroorzaakt door het dichtslibben van de roosters (grenzend aan de dichte vloer) met stro. De waarnemingen over het liggedrag wezen uit dat de dieren bijna allen in de ingestrooide ligruimte lagen.

3.3 Mestniveau en aantal keren aflaten

Kraamafdeling

Tijdens uitvoering A kwam het gemorste stro grotendeels in het smalle kanaal terecht, de overige mest in het brede kanaal. Deze werd tijdens de ronde twee- à driemaal afgelaten. Het mestniveau tijdens de proef was maximaal 30 cm. Tijdens uitvoering B kwam het stro en de mest in het brede kanaal terecht. Dit leidde tot een strokorst op de mest en na het aflaten van de mest bleef er dan ook een strokorst achter. Dit heeft enkele malen tot verstopping van het rioleringsstelsel geleid.

Afdeling voor gespeende scharrelbiggen

Tijdens uitvoering A van de afdeling met 10 scharrelbiggen per hok, is de mest tijdens de ronde niet afgelaten, wegens het ontbreken van schuine wanden in de mestkelder. Zonder schuine wanden heeft het voortijdig aflaten van mest geen effect op het emitterend mestoppervlak. Tijdens uitvoering B van de afdeling met 10 dieren per hok, was het maximale mestniveau 35 cm. De mest werd maximaal eenmaal per ronde afgelaten. Het gemorste stro in de mestkelder leidde tot een

strokorst, die ook in deze afdeling enkele malen tot verstopping van het rioleringsysteem heeft geleid.

In de afdeling met 18 gespeende scharrelbiggen per hok was het maximale mestniveau 35 cm en werd de mest maximaal eenmaal per ronde afgelaten. Ook hier leidde het gemorste stro tot verstoppingen van het rioleringsysteem.

4 Discussie

Ammoniakemissie

De werkelijke emissiewaarden bij de uitvoeringen A en B bij beide diercategorieën zullen iets lager zijn dan de vermelde waarden, omdat er niet is gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie (ammoniakconcentratie in de aangevoerde buitenlucht). De verwachting was dat door de uitloop van de zeugen en de vleesvarkens, rondom een scharrelvarkensbedrijf, een hoge ammoniakconcentratie in de binnenkomende lucht werd aangetroffen. Bij de metingen in 2000 is de achtergrondconcentratie wel gemeten. In de zomerperiode liep deze concentratie op van 0,05 tot 0,37 mg/m³ (gemiddeld 0,20 mg/m³).

De ammoniakemissie werd verlaagd door verkleining van het emitterend mestoppervlak. Verdoes (1992) stelt dat een verkleining van het emitterend mestoppervlak met 10% resulteert in een verlaging van de ammoniakemissie van ongeveer 8 – 8,5%. Deze relatie kon in dit onderzoek niet worden aangetoond door de bevulling van de dichte vloer.

De ammoniakemissie van de scharrelkraamafdeling was tijdens dit onderzoek hoger dan gemeten tijdens onderzoek van Huiskes et al. (1998). Tijdens dat onderzoek waren er geen maatregelen in de mestkelder genomen, waardoor een flinke strolaag kon ontstaan. Deze strolaag heeft waarschijnlijk een positief effect gehad op de reductie van de ammoniakemissie.

De hokvorm van gespeende biggen leek tijdens dit onderzoek perspectiefvol voor een verlaging van de ammoniakemissie. Bevulling van de dichte vloer trad niet of nauwelijks op, zodat verdere maatregelen in de mestkelder tot een verlaging van de ammoniakemissie kunnen leiden. Hierbij valt te denken aan een systeem waarbij de urine en vaste mest dagelijks wordt verwijderd, bijvoorbeeld door schuiven of spoelgoten.

De emissie bij de gespeende biggen bij hokuitvoering C (0,24 kg NH₃ per dierplaats per jaar) is lager dan de destijds geldende drempelwaarde voor Groen Label (0,30 kg). Dit is met name veroorzaakt door een betere mestdoorlaat van de roosters (12 cm spleet). De drempelwaarde voor de nieuwe AMvB Huisvesting (VROM, 2001) is gesteld op 0,20 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Deze norm geldt echter niet voor de scharrelhouderij en de biologische varkenshouderij.

Economische evaluatie

In het themaboek Scharrelvarkenshouderij (Spoolder et al., 2001) wordt een blauwdruk gegeven van een nieuwbouwbedrijf in de vermeerdering van de scharrelvarkenshouderij. In de kraamstal wordt uitgegaan van hokken van 2 m breed en 3,5 m diep. Voor in het hok ligt een 2 m diepe dichte vloer met daarachter een 1,5 m driekantroostervloer. Deze uitvoering is vrijwel gelijk aan de hokuitvoering in dit onderzoek. Zowel in de nieuwbouwsituatie als in dit onderzoek is in de mestkelder een riolering aangebracht. De extra milieukosten zijn dus alleen de schuine wanden in de mestkelder. Bij uitvoering B (zie figuur 1) betekent dit een extra investering (inclusief montage) van circa f 300,- per kraamhok. De investeringskosten per kraamhok van het nieuwbouwbedrijf (Spoolder et al., 2001) bedragen f 12.820,-. De investeringskosten nemen dus met circa 2,3% toe.

Het hoktype voor gespeende biggen in het themaboek Scharrelvarkenshouderij is: 20 biggen per hok, hok van 2 m breed en 4 m diep, achter in het hok metalen driekantrooster, per big 0,3 m² dichte vloer en 0,1 m² roostervloer. In dit onderzoek waren de hokmaten iets verschillend (1,5

breed en 4,85 lang), echter de hoeveelheid dichte vloer en roostervloer was identiek. In beide gevallen is een riolering aangebracht in de mestkelder, zodat ook hier de extra milieukosten alleen bestaan uit de schuine wanden in de mestkelder. Dit betekent circa f 12,50 (inclusief montage) extra per biggenplaats. Uitgedrukt ten opzichte van de investeringskosten per biggenplaats van het nieuwbouwbedrijf (f 819,-) is dit circa 1,5% extra.

De bovengenoemde kosten zijn indicatief. De uitvoering van de scharrelhokken in de praktijk verschilt sterk en er zijn nog weinig offertes ter vergelijking beschikbaar. Wel is duidelijk dat de extra investeringskosten van deze eenvoudige emissiebeperkende stalsystemen laag zijn.

Verder onderzoek

Uit verder onderzoek moet blijken of door het toepassen van spoelgoten in de mestkelder de ammoniakemissie verder kan worden verlaagd. Door spoelgoten wordt het emitterend oppervlak verder verkleind en de mest twee- tot viermaal per dag verwijderd, wat een positief effect heeft op de verlaging van de ammoniakemissie.

Het gebruik van stro in combinatie met metalen driekantroosters leverde tijdens dit onderzoek problemen op en is nog niet praktijkrijp. Misschien dat andere uitvoeringen van belang kunnen zijn, waarbij de roosters niet snel verstopt raken door het stro. Het uitmestsysteem vraagt tevens nader onderzoek, omdat de strokorst het rioleringssysteem gemakkelijk kan verstoppen. De verwijdering van stromest uit de mestkelder vraagt teveel onaangenaam arbeid.

5 Conclusies

De ammoniakemissie in de kraamafdeling uitgevoerd met het scharrelkraamhok 'Raalte' is tijdens uitvoering A (ronde 1 en 2) en uitvoering B (3 tot en met 6) gemiddeld respectievelijk 6,92 en 5,84 kg per zeug per jaar. De reductie van de ammoniakemissie in de afdeling was respectievelijk 17 en 30% vergeleken met de traditionele norm voor kraamzeugen (8,3 kg NH₃ per zeug per jaar). De drempelwaarde voor het vroegere instrument Groen Label (3,3 kg NH₃ per zeug per jaar) en de drempelwaarde voor de toekomstige AMvB Huisvesting (2,9 kg NH₃) werd niet gehaald.

De ammoniakemissie in de afdeling voor gespeende scharrelbiggen met tien dieren per hok is tijdens uitvoering A (ronde 1 en 2) en uitvoering B (ronde 3 tot en met 7) gemiddeld respectievelijk 0,42 en 0,47 kg per dierplaats per jaar. De traditionele norm voor gespeende biggen is 0,6 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De reductie van de ammoniakemissie in de afdeling was respectievelijk 30 en 22% vergeleken met de traditionele norm.

De ammoniakemissie in de afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok is tijdens uitvoering A (ronde 1 tot en met 3) en uitvoering B (ronde 4 tot en met 8) gemiddeld respectievelijk 0,32 en 0,39 kg per dierplaats per jaar. De traditionele norm voor gespeende biggen is 0,6 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De reductie van de ammoniakemissie in de afdeling was respectievelijk 47 en 35% vergeleken met de traditionele norm.

De ammoniakemissie in de afdeling voor gespeende scharrelbiggen met 18 dieren per hok is tijdens uitvoering C (ronde 9 en 10) gemiddeld 0,24 kg per dierplaats per jaar. De traditionele norm voor gespeende biggen is 0,6 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De reductie van de ammoniakemissie met deze hokvorm was 60% vergeleken met de traditionele norm.

Bij de gespeende biggen werd duidelijk dat een opening tussen de spijlen van 12 mm een duidelijke verbetering van de doorlaat van de (stro)mest door de metalen roosters gaf dan bij een opening tussen van 10 mm.

Literatuur

Anonymus, 1998. Wijzigingsbesluiten van het Varkensbesluit. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden. Jaargang 1998, nummers 213 en 214.

Boer, M. de, 1998. Wijziging Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij. Staatscourant 132, donderdag 16 juli, P.10-11.

Huiskes, J.H., J.G. Plagge, P.F.F.M. Roelofs, H.M. Vermeer, M.C. Vonk, G.P. Binnendijk en C.E.P. van Brakel, 1998. Kraamhoktype en uitmestfrequentie bij scharrelvarkens: technische resultaten, arbeid en ammoniakemissie. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen. Proefverslag P1.199

Klooster, C. E. van 't, B.P. Heitlager en J.P.B.F. van Gastel, 1992. Measurement systems for emissions of ammonia and other gasses at the Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen. Intern report P3.92.

PVV, 1996. Algemene voorwaarden PVV-regeling Scharrelvarkens. Productschappen Vee en Vlees, Rijswijk, ingangsdatum 1 juli 1996

Spoolder, H.A.M., J.G. Plagge, H.M. Vermeer, M.F. Mul, J.H. Huiskes, J.J.H. Huijben, M.G.A.M. van Asseldonk, I. Vermeij, P.F.M.M. Roelofs en F. Bouwkamp, 2001. Scharrelvarkenshouderij: themaboek. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

Van der Hoek, K.W., W.J. Bruins, G.J. Greutink, H.J.M. Hendriks, W. Scherphof, J.H.G. Tuinte, A.M. van de Weerdhof en C.J.G. Wever, 1999. Beoordelingsprotocol emissies uit stalsystemen. Werkgroep Emissiefactoren, concept versie d.d. 8 april 1999

Verdoes, N., 1992. Wanneer treedt ammoniak uit de mestvloeistof? Interne notitie Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen

VROM, 2001. Ontwerp-Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij. Staatscourant 23 mei 2001, nr. 99/pag. 13