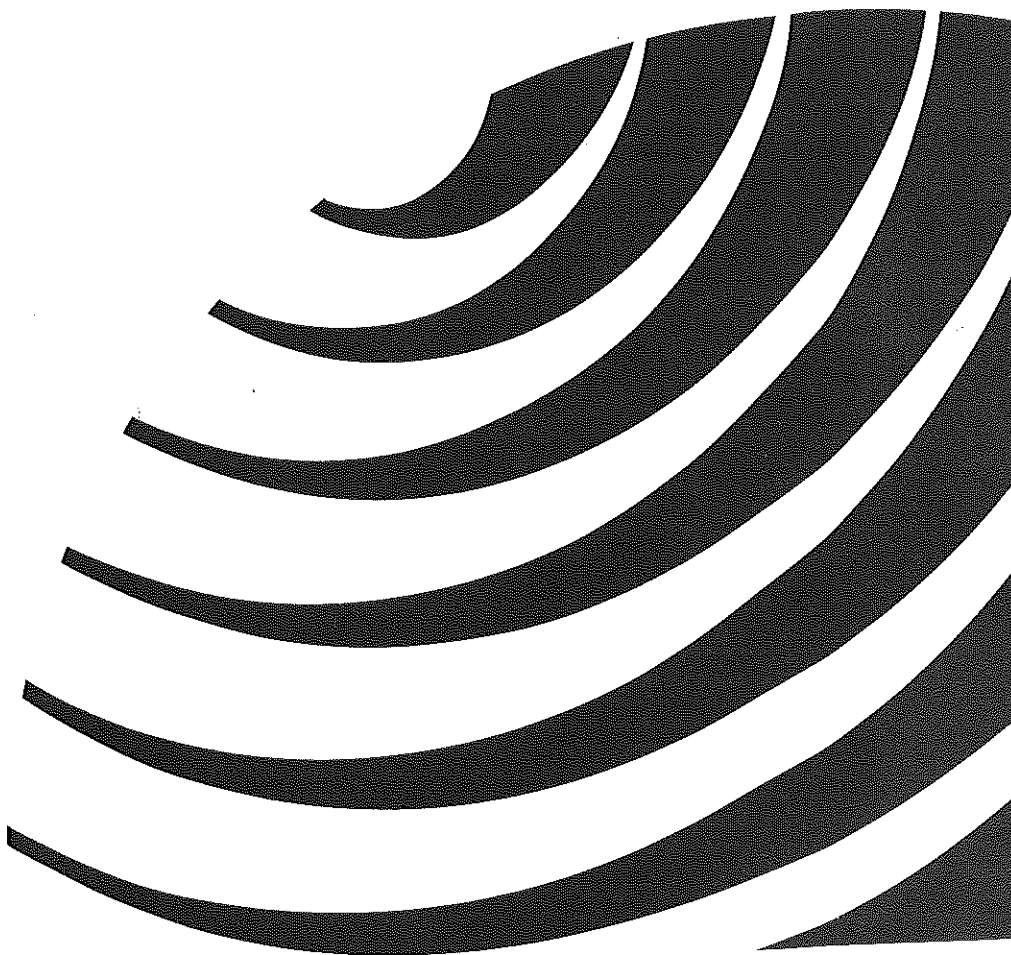


Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXII

Zeugenstal, kraamzeugenstal en
biggenopfokstal met reductie van
mestoppervlak en verdunning van mest

B. Reitsma
C.M. Groenestein
J.W.H. Huis in 't Veld

dlo



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXII

Zeugenstal, kraamzeugenstal en
biggenopfokstal met reductie van
mestoppervlak en verdunning van mest

B. Reitsma
C.M. Groenestein
J.W.H. Huis in 't Veld

Rapport 95-1005

© 1995

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59, 6700 AB Wageningen

Alle informatie beschikbaar bij
IMAG-DLO
Postbus 43, 6700 AA Wageningen
Telefoon: 08370-76300
Telefax: 08370-25670

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, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Inhoud

Samenvatting	2
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methode	4
2.1 Metingen	4
2.2 Bedrijfsvoering	5
2.2.1 Algemeen	5
2.2.2 Guste en dragende zeugen	6
2.2.3 Kraamzeugen	8
2.2.4 Biggen	10
2.2.4.1 Periode a	10
2.2.4.2 Periode b	11
3 Resultaten	14
3.1 Guste en dragende zeugen	14
3.2 Kraamzeugen	14
3.3 Biggen	16
3.3.1 Periode a	16
3.3.2 Periode b	17
4 Discussie	19
5 Conclusie	22
Literatuur	23
Bijlagen	

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXII

Zeugenstal, kraamzeugenstal en
biggenopfokstal met reductie van
mestoppervlak en verdunning van mest

B. Reitsma
C.M. Groenestein
J.W.H. Huis in 't Veld

Rapport 95-1005

© 1995

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59, 6700 AB Wageningen

**Alle informatie beschikbaar bij
IMAG-DLO
Postbus 43, 6700 AA Wageningen
Telefoon: 08370-76300
Telefax: 08370-25670**

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, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Inhoud

Samenvatting	2
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methode	4
2.1 Metingen	4
2.2 Bedrijfsvoering	5
2.2.1 Algemeen	5
2.2.2 Guste en dragende zeugen	6
2.2.3 Kraamzeugen	8
2.2.4 Biggen	10
2.2.4.1 Periode a	10
2.2.4.2 Periode b	11
3 Resultaten	14
3.1 Guste en dragende zeugen	14
3.2 Kraamzeugen	14
3.3 Biggen	16
3.3.1 Periode a	16
3.3.2 Periode b	17
4 Discussie	19
5 Conclusie	22
Literatuur	23
Bijlagen	

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x een van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het nivo in 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn. In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniakemissie van een systeem waarbij het ammoniakemissie-reducerend principe berustte op het verkleinen van het emitterend mestoppervlak en het verdunnen van de mest met het schoonmaak- en/of spoelwater.

Het onderzoek werd uitgevoerd op een vermeerderingsbedrijf voor varkens (proefbedrijf). Het emitterend mestoppervlak werd verkleind door het plaatsen van schuine wanden (goten) in de mestput en door frequent ontmesten met een rioleringsysteem (over het algemeen enkele malen per week tot één maal daags). De goten waren gemaakt van een glad materiaal om aanhechting van mest te voorkomen. Bij de gaste en dragende zeugen werd de mestput extra verkleind door de afdeling slechts gedeeltelijk te onderkelderen. Hier werden bovendien nog de roosters aangepast om het emitterend oppervlak te verkleinen. In plaats van volledig betonnen roosters werd het achterste deel vervangen door metalen driekantroosters met een extra brede spleet voor een betere mestdoorlaatbaarheid. In de zeugenafdeling met 24 zeugenplaatsen werden drie perioden gemeten. In twee identieke kraamafdelingen met elk 8 zeugenplaatsen werd gedurende twee kraamperioden gemeten. Gedurende twee meetperioden (a en b) is gemeten in twee biggenafdelingen (afdelingen 4a, 5a, 4b en 5b) met elk 70 biggenplaatsen. In meetperiode a zijn, in beide afdelingen, twee of drie opfokronden gemeten. Afdeling 4a had verticale putwanden en gold als referentie. Afdeling 5a was qua inrichting identiek maar had een mestgoot met twee gladde schuine wanden. Na deze meetperiode werden beide biggenafdelingen verbouwd. Afdeling 4b werd voorzien van één schuine gladde putwand aan de kant van de voergang. De putwand onder de mesthoek bleef verticaal. In afdeling 5b werden twee goten met steile, schuine, gladde wanden gecreëerd door een kegelvormige constructie in het midden van de put aan te brengen. Om de ammoniakemissie te reduceren werd meer dan tijdens de meetperiode a, gebruik gemaakt van het verdunningsprincipe door zowel het schoonmaak- als spoelwater (ca. 1800 liter) in de put te laten staan. Na 3 à 4 weken werd de mest, inclusief spoel- en schoonmaakwater, uit de mestput verwijderd. De concentraties in de mest waren toen, uitgaande van een gemiddelde mestproduktie van 1,5 l per big per dag, 56-63% van die van onverdunde mest.

De emissie per zeugenplaats op jaarbasis, rekening houdend met 5% leegstand was respectievelijk 2,1, 1,6 en 1,7 kg. Ten opzichte van de emissiefactor van 4,2 kg betekent dat een reductie van 50-62%.

De emissie per kraamzeugenplaats varieerde op jaarbasis, uitgaande van 10% leegstand, van 2,4-4,0 kg. Ten opzichte van de emissiefactor van 8,3 kg betekent dat een reductie van 52-71%.

De emissie per biggenplaats op jaarbasis, uitgaande van 10% leegstand was tijdens de meetperiode a in afdeling 5a voor de twee opfokronden respectievelijk 0,38 en 0,31 kg. De referentie-afdeling emitteerde gedurende drie opfokronden respectievelijk 0,39, 0,34 en 0,35 kg per jaar per biggenplaats. Hier was geen sprake van een reductie van de ammoniakemissie ten opzichte van de tegelijkertijd gemeten referentie. Tijdens meetperiode b emitteerde afdeling 4b op jaarbasis respectievelijk 0,12 en 0,13 kg per biggenplaats. Afdeling 5b emitteerde respectievelijk 0,24 en 0,20 kg per biggenplaats per jaar. Ten opzichte van de tijdens de periode a gemeten referentie-afdeling was de reductie voor afdeling 4b 61-66%, voor afdeling 5b 30-42%. Een vergelijking van de emissiecijfers en de omstandigheden in beide afdelingen, en de resultaten van de eerste meetperiode geven aan dat het emissie-reducerend principe tijdens meetperiode b vooral berustte op het verdunnen van de mest met spoel- en schoonmaakwater.

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 bedroeg in 1993 46% (Heij & Schneider, 1995). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het nivo in 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-arme huisvestingsystemen voor landbouwhuisdieren.

Behalve via onderzoek komen er 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-arme huisvestingsystemen te worden gemeten. De aanvragen hiervoor komen binnen bij de Begeleidingscommissie Ammoniakemissie-metingen, die hieruit de aanvragen selecteert die wat betreft de NH_3 -emissievermindering perspectief bieden. Deze begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid en het landbouwbedrijfsleven. Het onderzoek wordt vervolgens uitgevoerd door de DLO-meetploeg.

In bovenstaand kader werd de ammoniakemissie gemeten op een varkensproefbedrijf. Op dit bedrijf, met afdelingen voor gaste en dragende zeugen, kraamzeugen en gespeende biggen, lagen mestkanalen met schuine wanden (mestgoten) onder de roosters. Het ammoniakemissie-reducerend principe berustte op het verkleinen van het emitterend mestoppervlak onder de roosters. Een deel van de reductie werd veroorzaakt via verdunning van de mest door het schoonmaak- en/of spoelwater in de goten te laten staan. Bij de gaste en dragende zeugen was bovendien de roostervloer aangepast. De gemeten ammoniakemissies werden vergeleken met de emissiefactor zoals die is opgenomen in de Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (1994). De gemeten emissies van de afdeling voor gespeende biggen werden vergeleken met een tegelijkertijd op dezelfde locatie gemeten traditionele afdeling voor gespeende biggen.

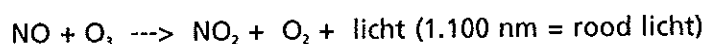
2 Materiaal en methode

2.1 Metingen

De ammoniakemissie werd gemeten op een varkensproefbedrijf met een afdeling voor guste en dragende zeugen (afdeling 1), twee identieke afdelingen voor kraamzeugen (afdeling 2 en 3) en twee afdelingen voor gespeende biggen (afdeling 4 en 5). Gedurende de metingen zijn de volgende variabelen continu gemeten:

- NH_3 -concentratie van de uitgaande lucht (mg/m^3);
- NH_3 -concentratie van de ingaande lucht (mg/m^3);
- ventilatiedebiet (m^3/uur);
- relatieve luchtvochtigheid (RH) in de afdelingen, van de ingaande lucht en de buitenlucht (%);
- temperatuur (T) in de afdelingen, van de ingaande lucht en de buitenlucht ($^{\circ}\text{C}$).

De NH_3 -concentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x -monitor (Thermo Environmental Instrument's Chemiluminescence $\text{NO}-\text{NO}_2-\text{NO}_x$ Analyzer Model 42i). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentie-reactie tussen O_3 en NO :



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

Om NH_3 te kunnen meten moet het eerst omgezet worden met een convertor tot NO . In de convertor passeert de luchtstroom een filter waarna het verhit wordt tot 775°C . Bij deze temperatuur wordt NH_3 geoxideerd tot NO . De convertor is zo dicht mogelijk bij het monsternamepunt gemonteerd om het transport van NH_3 tot een minimum te beperken. NH_3 adsorbeert makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor bij een te grote afstand tussen monsternamepunt en convertor, metingen verstoord kunnen worden. De stallucht werd continu aangezogen via teflonslangen. Om condensvorming in de slangen te voorkomen werden alle slangen met een verwarmingslint en isolatie omwikkeld. De monsternamepunten bevonden zich in de ventilatiekokers tussen de meet- en stalventilator. Het monsternamepunt van de ingaande lucht bevond zich boven het gootjesplafond van één van de afdelingen. Ter controle op eventuele onvoldoende onderdruk in een afdeling, waarbij stallucht via het plafond de afdeling zou kunnen verlaten in plaats van via de ventilatiekoker, werd het monsternamepunt zo nu en dan verplaatst. Het in de convertors gevormde stabiele NO werd door verwarmde en geïsoleerde teflonslangen naar de monitor geleid en gemeten. De maximaal meetbare concentratie was 50 ppm.

Om het ventilatiedebiet te meten werd in de ventilatiekoker onder de ventilator een meetventilator geplaatst. Per omwenteling van de meetventilator werden 4 pulsen afgegeven welke werden geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen en het debiet werd bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans et al., 1991; Scholtens & van 't Klooster, 1993). De relatie tussen het ventilatiedebiet (m^3/uur) en het geregistreerde aantal pulsen van de ventilator in afdeling 1 was:

$$V = 6,9 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 165$$

De relatie tussen het ventilatiedebiet (m^3/uur) en het geregistreerde aantal pulsen in de afdelingen 2, 3, 4 en 5 was:

$$V = 4,8 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 120$$

De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Hygromer Rotronic®). De sensoren hingen op ca.

1,5 m hoogte bij de ventilator in iedere afdeling, boven het gootjesplafond van afdeling 1, 3 en 5, en buiten.

De meetapparatuur werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Alle verzamelde gegevens werden hierin opgeslagen. Eén keer per 4 minuten werden alle variabelen gemeten. Na een uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven.

Elke week werd de apparatuur gecontroleerd en de monitor gekalibreerd met 38 ppm NO gas. De absolute afwijking tijdens de kalibratie was gemiddeld 3%. Bij meer dan 5% afwijking van de monitor werden de waarden gecorrigeerd.

De NH_3 -emissie is het produkt van de NH_3 -concentratie en het ventilatiedebiet. De totale emissie van NH_3 werd berekend door cumulatie van de uurgemiddelden. Door technische storingen waren er dagen waarop sommige waarnemingen ontbraken. Bij ontbreken van meetgegevens werd ten behoeve van de cumulatie en het berekenen van de gemiddelden geïnterpoleerd.

2.2 Bedrijfsvoering

2.2.1 Algemeen

De afdelingen werden geventileerd met een centraal afzuigsysteem. In elke afdeling was een ventilatiekoker aanwezig die uitmondde in een centraal ventilatiekanaal. Hier werd de lucht afgezogen door 3 ventilatoren met een diameter van 63 cm (maximale capaciteit 10.000 m³/uur per ventilator). Deze ventilatoren werden geregeld door een instelbare onderdruk in het centrale ventilatiekanaal. De hoeveelheid ventilatielucht per afdeling werd door middel van een klep in de koker geregeld. In afdeling 1 was de diameter van de koker 40 cm, in de overige afdelingen 35 cm.

De luchtaanvoer vond plaats via een opening in de kopgevel in de centrale ruimte boven de afdelingen. Via plafondventilatie (gootjesplafond met instelbare luchtinlaatopeningen) kwam de lucht de afdeling in. Het gootjesplafond bevond zich boven de dieren; het plafond boven de werkgang was dicht. De afdelingen konden verwarmd worden door deltabuizen. In afdeling 1 hingen op ca. 2 m hoogte twee van deze buizen naast elkaar boven het uiteinde van de boxen. In afdeling 2 en 3 waren in elke afdeling op ca. 2 m hoogte twee deltabuizen onder elkaar tegen de gemeenschappelijke afdelingsmuur geplaatst. In afdeling 4 en 5 waren de deltabuizen eveneens tegen de gemeenschappelijke afdelingsmuur geplaatst. Bovendien hingen nog twee deltabuizen naast elkaar op ca. 2 m hoogte boven de hokken van de biggen.

Zoals blijkt uit bovenstaande en Bijlage A grensde afdeling 2 aan 3 en afdeling 4 aan 5. Zowel afdeling 2 en 3 als afdeling 4 en 5 beïnvloedden elkaars klimaat; het verhogen van de temperatuur in een afdeling (bij het opleggen van de dieren) had een verhoging van de temperatuur in de ernaast gelegen afdeling tot gevolg. Dit werd veroorzaakt door het lage isolerend vermogen van de gemeenschappelijke afdelingsmuur (halfsteens kalkzandsteen). Omdat de verwarmingsbuizen tegen de afdelingsmuur gemonteerd waren werd dit effect nog eens versterkt. De ventilatie, die temperatuur geregeld was, werd hierdoor ook beïnvloed. In Bijlage B is deze situatie bij het opleggen van afdeling 4 grafisch weergegeven.

In Bijlage C, D en E is voor elke afdeling schematisch weergegeven hoe de mestgoten uitgevoerd waren. Voor de biggen geldt dit voor zowel voor als na de verbouwing. De mestgoot lag horizontaal. De wanden van de mestgoot waren van glad materiaal (rekoboard, polyester of geglazuurde tegels) om vervuiling met mest te

voorkomen. Onder in de goot bevonden zich, evenredig over de lengte, een aantal afvoeropeningen voor de mest. In afdeling 1, 2 en 3 bevonden zich 9 afvoeropeningen, in afdeling 4 en 5 waren dat er 10. Via een onder de goot gelegen afvoerbuiss (ø 20 cm, afschot 3%) werd elke afdeling individueel ontmet middels het openen van de afsluiter (een apollo-kegel) die zich aan het einde van de afvoerbuiss bevond. Bij het ontmeten bleef ca. 2 cm mest in de goot staan om ophoping van de vaste fractie van de mest te voorkomen waardoor het wegstromen van de mest bemoeilijkt zou kunnen worden.

Tussen de ronden werden de afdelingen schoongemaakt en ontsmet (met Halamid). Vervolgens werd met water nagespoeld. Dit water (ca. 100 l) bleef tot de eerste keer ontmeten in de goten staan. Eén maal per week werd de werkgang in de afdelingen met water (ca. 20 à 30 l) natgespoten. Ongeveer de helft van dit spoelwater werd handmatig met een trekker in de put geschoven, de rest werd naar de centrale gang geschoven. Tijdens meetperiode b van de biggen werd geen gebruik van Halamid gemaakt en bleef zowel het schoonmaak- als spoelwater in de mestput staan.

De afdelingsmuren van de afdelingen waren gedeeltelijk voorzien van ramen. Hierdoor konden bezoekers de afdelingen bekijken. Door de week was het licht overdag aan, in het weekend alleen 's ochtends.

2.2.2 Guste en dragende zeugen

In de afdeling voor guste en dragende zeugen werd van 5 januari tot 3 februari 1994 (periode 1), van 18 juli tot 14 augustus 1994 (periode 2) en van 30 november 1994 tot 8 januari 1995 (periode 3) gemeten. In Bijlage A is een plattegrond van de afdeling weergegeven. De afdeling was 16,0 x 4,3 m en had 24 dierplaatsen. De zeugen waren gehuisvest in voerligboxen van elk 2,2 bij 0,65 m (inclusief verhoogde trog). De zeugen lagen op een dichte betonnen vloer van 1,3 m lang, met een helling van 5%. Daarachter lag een gecombineerd rooster van beton en metaal van 1,4 bij 0,65 m. In Bijlage F is de uitvoering van dit rooster weergegeven. De brede spleet (9 cm) in het rooster was aangebracht om de mestdoorlaat te verbeteren. Via deze spleet werd ook de mest, die achter de box op de roosters bleef liggen, één maal per dag in de put geschoven. De schuine wanden van de mestgoot waren van rekoboard. De achterwand van de mestgoot (tegen de werkgang) had een helling van ca. 55°, de voorwand een helling van ca. 45°. Er werd gemiddeld 5 maal per week ontmet.

Voor aanvang van de tweede meetperiode werd de uitvoering van de mestgoot veranderd. Het metalen driekantrooster achter de box werd met een houten plaat dichtgemaakt. De schuine achterwand van de mestgoot begon nu vrijwel direct achter het uiteinde van de box en had een helling van 80°, de voorwand had een helling van 55° (Bijlage C). De wanden waren bekleed met polyester. De box werd aan de achterkant dichtgemaakt. Tijdens de tweede en derde periode werd iedere dag ontmet. Het gemiddelde mestniveau in de goot was vlak voor het aflaten ca. 10 cm.

In Tabel 1 is weergegeven wat de mestoppervlakken zouden zijn bij verschillende mestnivo's in de goten ten opzichte van het mestoppervlak van 1,0 m² per zeug in een traditioneel systeem. Het roosteroppervlak in deze afdeling was kleiner dan in een traditioneel systeem omdat de werkgang in een traditionele stal voor guste en dragende zeugen onderkelderd is en uit betonroosters bestaat. De afdeling wordt, met de mestgoot in de oorspronkelijke uitvoering, afdeling 1a genoemd, daarna afdeling 1b.

Tabel 1. Roosteroppervlak en het mestoppervlak in de mestgoten bij verschillende mestnivo's (vol, halfvol en 10 cm) relatief t.o.v. het mestoppervlak van 1,0 m² in een traditioneel systeem (%) voor guste- en dragende zeugen.

	Afdeling 1a	Afdeling 1b
roosteroppervlak	90	55
vol	80	50
halfvol	45	30
10 cm	20	15

Voor aanvang van de metingen in de eerste meetperiode werd op 11 november 1993 de gehele afdeling en de mestgoot met water schoongemaakt en met Halamid ontsmet. Op 16 november werden 24 zeugen geplaatst; 6 guste en 18 dragende zeugen (waarvan 6 ca. 2 weken dragend, 6 ca. 6 weken dragend en 6 ca. 10 weken dragend). Omdat het schoonmaken van de afdeling een verlagende invloed zou kunnen hebben op de emissie werd de aanvang van periode 1 gesteld op 5 januari 1994. De tweede meetperiode vond vrijwel direct plaats nadat de uitvoering van de goot was veranderd. Een gedeelte van de zeugen (18 stuks) kwam 11 dagen voor aanvang van de metingen weer terug in de stal. Vijf dagen voor aanvang van de metingen was de stal weer volledig bezet.

Indien zeugen overgeplaatst werden naar de kraamstal werden de zes lege ligboxen en de daarachter liggende mestgoot met water schoongemaakt. Dit water, ca. 1300 l (werktijd 60 min, debiet 21 l/min) werd uit de goot verwijderd. Vervolgens werd nog 3 minuten met water nagespoeld. Dit water (ca. 60 l) bleef in de goot staan.

De zeugen werden 2 maal per dag automatisch, individueel met droogvoer gevoerd. In Tabel 2 is de gemiddelde voergift en de samenstelling van het voer voor alle perioden weergegeven. De drinkwatervoorziening bestond uit een drinknippel in de trog. Gedurende periode 2 en 3 werd de wateropname geregistreerd. Tijdens de eerste meetperiode waren de voertijden 7:45 en 11:45 uur en was om 7:30 en 11:30 uur een uur lang water beschikbaar. Tijdens de tweede en derde periode werd er om 7:30 en 10:00 gevoerd en was er vanaf dezelfde tijd gedurende een uur water beschikbaar.

Tabel 2. Gemiddelde voergift per zeug (kg/dag), energiewaarde (EW) per kg voer, eiwitgehalte (re in g/kg) en waterverbruik per zeug (l/dag) in de verschillende perioden.

	Hoeveelheid	EW	re	water
Periode 1	2,4	0,98	118	-
Periode 2	2,4	1,00	145	8,7
Periode 3	2,7	1,00	150	9,1

Tijdens de eerste periode was het eiwitgehalte van het voer lager dan tijdens de tweede en derde periode. Ten opzichte van periode 2 werd in totaal 19% minder eiwit opgenomen, ten opzichte van periode 3 zelfs 30%.

Tabel 3 toont gemiddelden van de temperatuur en het ventilatiedebiet tijdens alle drie de perioden. Halverwege zowel periode 2 als 3 was de afdeling gedurende vijf dagen niet volledig bezet (18 zeugen in plaats van 24). Deze dagen zijn niet meegenomen in de berekeningen.

Tabel 3. Gemiddelde temperatuur (°C) en ventilatiedebiet (m³/uur per zeug) gedurende periode 1, 2 en 3.

	Periode 1	Periode 2	periode 3
Temperatuur afdeling	21,3	27,0	22,4
Temperatuur ingaande lucht	12,1	23,6	13,0
Temperatuur buiten	3,9	22,7	3,2
Ventilatiedebiet	46	85	36

Bij ijking van de convertors die gebruikt werden in afdeling 1 bleek dat voor aanvang van de metingen in de verschillende perioden gemiddeld 97% van de aangeboden NH₃ als NO_x werd gemeten; na de metingen werd gemiddeld 92% gemeten.

2.2.3 Kraamzeugen

Van 24 november 1993 tot en met 2 maart 1994 werd gedurende twee kraamperiodes in twee identieke afdelingen (afdeling 2 en 3) gemeten. De afdelingen waren 16,0 m lang en 3,6 m breed en boden elk plaats aan 8 zeugen. De kraamhokken waren 1,98 m breed en 2,35 m diep. De zeugen stonden in een rechte opstelling en waren niet aangebonden. De hokken waren voorzien van een gedeeltelijk roostervloer met metalen driekantrooster. Het dichte vloergedeelte (1,98 x 0,80 m) had een helling van 5,5% en was voorzien van vloerverwarming.

De wanden van de mestgoot in afdeling 2 waren van rekoboard en in afdeling 3 van polyester. In beide afdelingen had de achterwand van de mestgoot (tegen de werkgang) een helling van ca. 55°, de voorwand had een helling van ca. 35° (Bijlage D). Er werd variërend van 2 tot 17 dagen na het opleggen voor de eerste maal ontmest. Vervolgens werd de ontmestingsfrequentie verhoogd tot gemiddeld eens in de 2 à 3 dagen.

In Tabel 4 is weergegeven wat de mestoppervlakken zouden zijn bij verschillende mestnivo's in de goten ten opzichte van het mestoppervlak in een traditioneel systeem.

Tabel 4. Roosteroppervlak en het mestoppervlak in de mestgoten bij verschillende mestnivo's (vol, halfvol en 10 cm) t.o.v. het mestoppervlak (%) in een traditioneel systeem voor kraamzeugen.

	Afdeling 2 en 3
roosteroppervlak	100
vol	90
halfvol	50
10 cm	25

De zeugen werden 7 tot 11 dagen voor werpen opgelegd. Ca. twee dagen na opleg werden de zeugen met groene zeep gewassen en ontschurft. Het water, ca. 300 l (werktijd 30 min, debiet 10 l/min) bleef in de goot staan. De mest die achter de

zeug lag werd 's ochtends onder de zeug gebracht zodat het door de roosters getrapt kon worden. De biggen werden op een leeftijd van ca. vier weken gespeend.

De zeugen werden drie maal per dag om 7:30, 11:30 en 15:30 uur automatisch, individueel met droogvoer gevoerd. De biggen werden ad lib. gevoerd met speenvoer. In Tabel 5 worden de hoeveelheden en samenstellingen van de verstrekte voeders gegeven. Er was ad lib. water beschikbaar. De drinkwatervoorziening voor de zeug bestond uit een drinknippel in de trog, voor de biggen was er een drinknippel zonder morsbakje boven de roosters.

Tabel 5. Voerschema met hoeveelheid voer (kg) per kraamzeugenplaats per dag, energiewaarde (EW) per kg voer en het eiwitgehalte (re) in g/kg.

Voer	Hoeveelheid	EW	re
Zeugenvoer	4,4	1,03	165
Speenvoer	<0,01	1,14	176

In Tabel 6 worden de gemiddelde resultaten per afdeling over de twee ronden, de resultaten op bedrijfsnivo op jaarbasis (1993) en het landelijke gemiddelde weergegeven.

Tabel 6. Bedrijfsresultaten van beide kraamafdelingen, op bedrijfsnivo op jaarbasis (1993) en het landelijk gemiddelde (Handboek voor de varkenshouderij; TEA - zeugenhouderij 1992).

	Afdeling 2	Afdeling 3	Bedrijf	Landelijk
Aantal levend geboren	11,3	11,6	11,2	10,1
Uitval (%)	5,1	3,8	9,0	-
Aantal gespeende biggen per worp	10,0	9,9	10,2	9,2
Worpindeks	-	-	2,36	2,22
Aantal biggen per zeug per jaar	-	-	23,6	20,5

Tabel 7 toont voor beide afdelingen de gemiddelden van de temperatuur en het ventilatiedebiet tijdens de verschillende ronden.

Tabel 7. Gemiddelde temperatuur (°C) en ventilatiedebiet (m³/uur per kraamzeug) gedurende ronde 1 en 2.

	Afdeling 2		Afdeling 3	
	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 1	Ronde 2
Temperatuur afdeling	23,6	23,6	24,0	23,4
Temperatuur ingaande lucht	13,3	13,1	13,3	13,4
Temperatuur buiten	3,9	1,2	3,2	3,9
Ventilatiedebiet	79	82	67	66

De aanvang van de kraamperiode werd, wat de ammoniakemissie betreft, gesteld op vijf dagen voor de gemiddelde werpdatum. Het einde van de kraamperiode was de dag dat de biggen van twee of meer kraamzeugen gespeend werden (minimale bezetting 85%).

Bij ijkking van de convertors die gebruikt werden in afdeling 2 en 3 werd voor aanvang van de metingen 98% gemeten; na de metingen was dat 93%.

2.2.4 Biggen

Gedurende twee meetperiodes werd in twee afdelingen (afdeling 4 en 5) gemeten. Tijdens meetperiode a (nov '93 - mrt '94) werd in afdeling 4a gedurende drie en in afdeling 5a gedurende twee opfokperiodes gemeten. Na een verbouwing waarbij de vorm van beide mestputten werd veranderd vond van november '94 tot en met maart '95 meetperiode b plaats. Tijdens deze meetperiode werd in beide afdelingen (4b en 5b) gedurende twee opfokronden gemeten. De afdelingen waren 16,0 m lang en 2,7 m breed. In elke afdeling werden 80 biggen geplaatst in 10 biggenopfokhokken die 1,60 m breed en 1,50 m diep waren. Op basis van een minimaal beloopbaar oppervlak van 0,30 m² per big (Varkensbesluit, 1994) waren er 70 dierplaatsen. Voor het berekenen van het beloopbaar oppervlak wordt het oppervlak waar de voerbak staat van het hokoppervlak afgetrokken. De hokken waren voorzien van een volledig roostervloer. Rond de voerbak was het rooster van kunststof (1,15 m²), het overige deel was metalen driekantrooster. Tegen de achterwand was een spleet van 6 cm gelaten om mestophoping te voorkomen. De biggen werden ad lib. met droogvoer gevoerd. Er was ad lib. water beschikbaar via een drinknippel zonder morsbakje. Het einde van de biggenopfokperiode was, wat de ammoniakemissie betreft, wanneer de bezetting onder de 50% kwam.

2.2.4.1 Periode a

In afdeling 5a lag onder de roosters een goot met schuine wanden (ca. 45°, Bijlage D) van geglazuurde tegels (0,5 x 0,5 m). In afdeling 4a lag onder de roosters een mestkanaal met verticale betonnen wanden (traditioneel). Gemiddeld werd ca. 7 dagen na opleg voor de eerste maal ontmest. Vervolgens werd de ontmestingsfrequentie verhoogd tot gemiddeld eens in de 3 à 4 dagen. In afdeling 4a werd de tweede en derde ronde niet meer ontmest, alleen bij aanvang van de tweede opfokronde. Dit betekende dat het water waarmee de hokken na de tweede opfokronde werden schoongemaakt niet verwijderd werd en de mest de derde ronde verdund was. Op basis van een gemiddeld gebruik van 6,8 l schoonmaakwater per big bij volledige roostervloer (Roelofs et al., 1993) en een gemiddelde mestproduktie van 1,5 l per big per dag betekent dat bij aanvang van ronde 3 een concentratieverlaging van 12% ontstond ten opzichte van onverdunde mest. Aan het eind van de derde ronde was de reductie afgenomen tot 6% ten opzichte van de onverdunde mest tijdens ronde 1 en 2.

In Tabel 8 is weergegeven wat de mestoppervlakken zouden zijn bij verschillende mestnivo's in de goten ten opzichte van het mestoppervlak in een traditioneel systeem.

Tabel 8. Roosteroppervlak en het mestoppervlak in de mestgoten bij verschillende mestnivo's (vol, halfvol en 10 cm) t.o.v. het mestoppervlak (%) in een traditioneel systeem voor biggen.

	Afdeling 4a	Afdeling 5a
roosteroppervlak	100	100
vol	100	90
halfvol	100	50
10 cm	100	20

In Tabel 9 worden de hoeveelheden en samenstellingen van de verstrekte voeders gegeven.

Tabel 9. Voerschema met gemiddelde hoeveelheid voer (kg) per big per ronde, energie-waarde (EW) per kg voer en het eiwitgehalte (re) in g/kg.

Voer	Hoeveelheid	EW	re
Speenvoer	4,9	1,14	176
Babybiggenvoer	20,6	1,07	182

In Tabel 10 worden de gemiddelde bedrijfsresultaten per afdeling tijdens de metingen weergegeven. Tevens zijn de gerealiseerde resultaten op bedrijfsnivo op jaarbasis (1993) en het landelijke gemiddelde weergegeven.

Tabel 10. Bedrijfsresultaten van beide biggen-afdelingen, op bedrijfsnivo op jaarbasis (1993) en het landelijk gemiddelde (Handboek voor de varkenshouderij, 1993).

	Afdeling 4a	Afdeling 5a	Bedrijf	Landelijk
Aantal opgelegd	80	80	-	-
Opleggewicht	8,0	8,4	-	-
Aflevergewicht	23,3	26,0	24,8	-
Groei (g/dag)	438	459	480 ^a	425 ^b
Voerverbruik	23,7	28,5	27,4	29
Voederconversie	1,55	1,61	1,61 ^a	1,7
Uitval (%)	1,2	3,8	1,9	-

a: berekend met een opleggewicht van 8 kg.

b: berekend met een opfok van 8 tot 25 kg in 40 dagen.

Tabel 11 toont voor beide afdelingen de gemiddelden van de temperatuur en het ventilatiedebiet tijdens de rondes.

Tabel 11. Gemiddelde temperatuur (°C) en ventilatiedebiet (m³/uur per big) gedurende ronde 1, 2 en 3.

	Afdeling 4a			Afdeling 5a	
	ronde 1	ronde 2	ronde 3	ronde 1	ronde 2
Temperatuur afdeling	24,7	24,4	25,1	24,0	24,9
Temperatuur Ingaande lucht	12,0	12,0	12,9	12,4	12,2
Temperatuur buiten	1,7	4,2	2,5	4,0	1,7
Ventilatiedebiet	7,1	6,2	7,0	6,6	5,2

Bij ijking van de convertors in afdeling 4a en 5a bleek dat voor aanvang van de metingen gemiddeld 99% van de aangeboden NH₃ als NO_x werd gemeten; na de metingen werd 95% gemeten.

2.2.4.2 Periode b

In afdeling 4b was onder de roosters, aan de zijde van de werkgang, één schuine wand in het mestkanaal aangebracht (ca. 55°, Bijlage E). Deze wand was afgewerkt met een polyesterlaag om te voorkomen dat mest en urine op de plaat vast bleven kleven waardoor het emitterend oppervlak zou worden vergroot. Het eventueel vergroten van het emitterend oppervlak was ook de reden dat aan de achterzijde van de mestput géén schuine wand was aangebracht. Omdat de biggen met name

in het achterste gedeelte van de hokken mesten, zou de kans op vervuiling hier het grootst zijn.

Onder de roosters in afdeling 5b lagen twee goten met schuine wanden (Bijlage E). De wand aan de zijde van de werkgang had een helling van 45°. De schuine wand aan de achterzijde had een helling van ca. 50°. De twee goten werden gecreëerd door een kegelvormige constructie op de bodem van de mestput met een basis van 33 cm en een hoogte van 26 cm. De schuine zijden van de kegel hadden een helling van 58°. Zowel de schuine wanden als de kegel waren afgewerkt met geglazuurde tegels (0,5 x 0,5 m).

De tweede helft van de opfokronde werden de putten één of twee keer geleegd. Het moment van ontmesten werd bepaald aan de hand van de toename van de ammoniak-concentratie in de afdelingen.

Op het moment dat de biggen werden opgelegd in afdeling 4b stond 12 cm schoonmaak- en spoelwater in de mestgoot. Met behulp van de hokmaten en de hellingshoek van de schuine wand was te berekenen dat het volume van dit water ca. 1800 l was. Er werd aangenomen dat het schoonmaakwater wat in de goten in afdeling 5b bleef staan hetzelfde volume had. In Tabel 12 is een overzicht gegeven van de verdunningen in de mestput tot en met de eerste vier weken na opleg. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde mestproduktie gedurende de gehele opfokperiode van 1,5 l per big per dag. Deze schattingen zullen vooral in het begin de reële verdunning onderschatten omdat de mestproduktie lager was dan het gemiddelde van 1,5 l per dag.

Tabel 12. Concentraties in de mest ten gevolge van 1800 l schoonmaak- en spoelwater (totale volume/mestvolume^a) tot vier weken na aanvang van de biggenopfokperiode ten opzichte van onverdunde mest (%).

dag 7	32
dag 14	48
dag 21	58
dag 28	65

a: uitgaande van 80 biggen en een gem. mestproduktie van 1,5 l/dag per big

De verhouding van de emitterende oppervlakken van de beide afdelingen ten opzichte van een traditioneel systeem is weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13. Roosteroppervlak en het mestoppervlak in de mestgoten bij verschillende mest-nivo's (vol, halfvol en 10 cm) t.o.v. het mestoppervlak (%) in een traditioneel systeem voor biggen.

	Traditioneel	Afdeling 4b	Afdeling 5b
roostervloer	100	100	100
vol	100	90	90
halfvol	100	80	57
10 cm	100	65	4

In Tabel 14 worden de hoeveelheden en samenstellingen van de verstrekte voeders gegeven. De samenstelling van het voer kwam overeen met hetgeen tijdens meetperiode a werd gevoerd.

Tabel 14. Voerschema met gemiddelde hoeveelheid voer (kg) per big per ronde, energie-waarde (EW) per kg voer en het eiwitgehalte (re) in g/kg.

Voer	Hoeveelheid	EW	re
Speenvoer	4,6	1,14	176
Babybiggenvoer	19,6	1,07	182

De gemiddelde bedrijfsresultaten per afdeling tijdens meetperiode b, zijn in Tabel 15 weergegeven. In dezelfde tabel zijn ook de gerealiseerde resultaten op bedrijfs-nivo op jaarbasis (1994) en het landelijke gemiddelde weergegeven.

Tabel 15. Bedrijfsresultaten van beide biggen-afdelingen, op bedrijfsnivo op jaarbasis (1994) en het landelijk gemiddelde (Kwantitatieve Informatie Veehouderij, 1993).

	Afdeling 4b	Afdeling 5b	Bedrijf	Landelijk
Aantal opgelegd	80	80	-	-
Opleggewicht	8,4	8,2	-	-
Aflevergewicht	24,4	24,6	24,8	-
Groei (g/dag)	487	467	454 ^a	425 ^b
Voerverbruik	24,6	23,9	25,5	29
Voederconversie	1,53	1,46	1,52 ^a	1,7
Uitval (%)	2,5	0,0	2,6	-

a: berekend met een opleggewicht van 8 kg en een opfokronde van 37 dagen.

b: berekend met een opfok van 8 tot 25 kg in 40 dagen.

De resultaten van afdeling 4 en 5 waren gedurende deze meetperiode beter dan het bedrijfsgemiddelde. Vooral afdeling 5 had een laag voerverbruik en geen uitval.

De gemiddelde temperaturen en ventilatiedebieten tijdens de ronden staan vermeld in Tabel 16.

Tabel 16. Gemiddelde temperatuur (°C) en ventilatiedebiet (m³/uur per big) gedurende ronde 1 en 2.

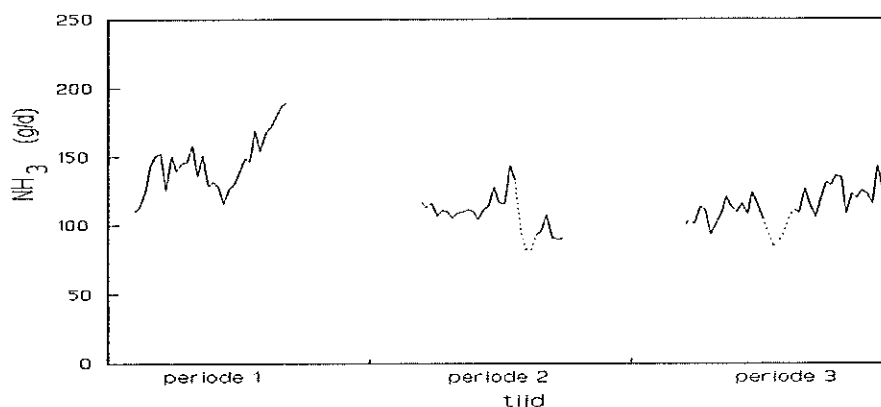
	Afdeling 4b		Afdeling 5b	
	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 1	Ronde 2
Temperatuur afdeling	23,9	23,9	23,8	24,1
Temperatuur ingaande lucht	12,2	12,7	11,8	13,0
Temperatuur buiten	3,6	5,3	2,7	6,2
Ventilatiedebiet	6,5	5,5	6,3	7,3

Bij ijkking van de convertors in afdeling 4 en 5 bleek dat voor aanvang van de metingen gemiddeld 97% van de aangeboden NH₃ als NO_x werd gemeten; na de metingen werd 94% gemeten.

3 Resultaten

3.1 Guste en dragende zeugen

Figuur 1 geeft het verloop van de dagelijkse emissie van afdeling 1 gedurende alle drie de perioden weer. De stippellijnen tijdens periode 2 en 3 geven de perioden weer waarin de afdeling niet volledig bezet was (18 zeugen i.p.v. 24 zeugen) en gedeeltelijk werd schoongemaakt. Bij het berekenen van de emissie is deze periode niet meegenomen (paragraaf 2.2.2). De emissie was tijdens de eerste periode hoger dan tijdens de tweede en derde periode. Gedurende de laatste twee perioden werd weliswaar meer eiwit gevoerd maar er werd iedere dag ontmest en het mestoppervlak was kleiner (Tabel 1).



Figuur 1. Daggemiddelden van de NH_3 -emissie uit afdeling 1 met guste- en dragende zeugen gedurende drie perioden (stippellijn: perioden waarin een kwart van de stal niet bezet was).

In Tabel 17 zijn de gemeten emissiecijfers per dag en per jaar weergegeven. In de Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (1994) wordt voor guste en dragende zeugen een emissiefactor gegeven van 4,2 kg per dierplaats per jaar. Bij het vaststellen van deze emissiefactor is een leegstandsperiode van 5% ingecalculerd.

Tabel 17. Ammoniakemissie per periode, per zeug per dag en per zeug per jaar.

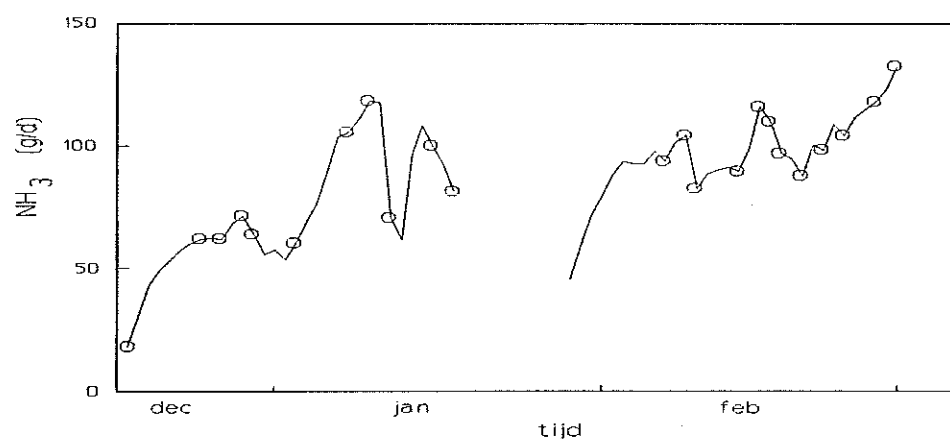
	Periode 1	Periode 2	Periode 3
Lengte periode (dagen)	30	23	35
Totale NH_3 -emissie (kg)	4,4	2,5	4,1
NH_3 -emissie per zeug (g/dag)	6,1	4,6	4,8
NH_3 -emissie per zeug (kg/jaar, 5% leegstand)	2,1	1,6	1,7

Uit bovenstaande Tabel blijkt dat de ammoniakemissie tijdens de eerste periode 50% lager was dan de emissiefactor. Tijdens de tweede en derde periode was de emissie respectievelijk 62 en 60% lager dan de emissiefactor.

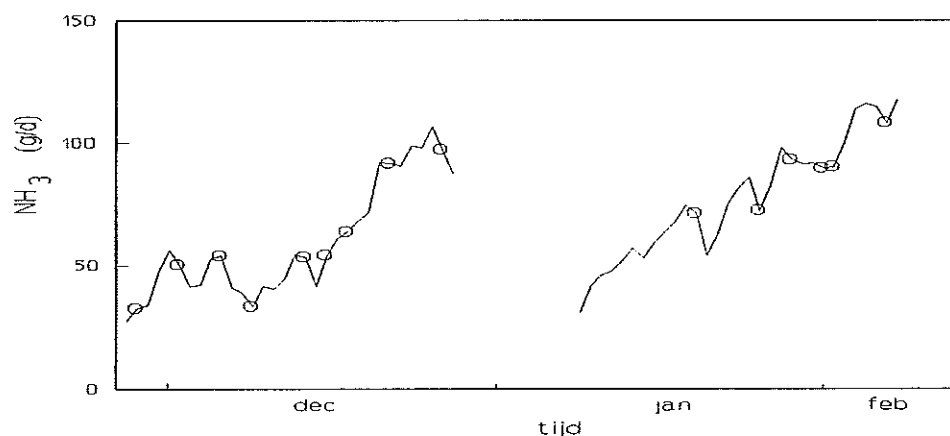
3.2 Kraamzeugen

In Figuur 2 is het verloop van de dagelijkse emissie van afdeling 2 gedurende twee kraamperioden weergegeven. Figuur 3 geeft het verloop van de dagelijkse emissie van afdeling 3 gedurende twee kraamperioden weer. Het tijdstip van ontmesten

van de goot is weergegeven met een "O".



Figuur 2. Daggemiddelden van de NH_3 -emissie uit afdeling 2 met kraamzeugen gedurende twee kraamperiodes en ontmesten van de goot ("O").



Figuur 3. Daggemiddelden van de NH_3 -emissie uit afdeling 3 met kraamzeugen gedurende twee kraamperiodes en ontmesten van de goot ("O").

Het ontmesten had geen zichtbaar effect op de emissie. Het globale verloop van de emissie tijdens alle kraamperiodes was vergelijkbaar; het emissienivo is het laagst bij aanvang van de kraamperiode en neemt vervolgens toe met het hoogste nivo op het einde van de kraamperiode. Het emissieverloop van afdeling 2 tijdens periode 1 wijkt hier iets vanaf omdat ca. een week voor het einde van de kraamperiode de emissie kortstondig daalde. Dit werd veroorzaakt door een breuk in de waterleiding in een van de hokken, waardoor er ca. 1 dag lang water in de put stroomde. Bij het berekenen van de gemiddelde emissie is hiervoor gecorrigeerd.

In Tabel 18 zijn de gemeten emissiecijfers per dag en per jaar weergegeven. In de Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (1994) wordt voor kraamzeugen (incl. biggen tot spenen) een ammoniakemissie gegeven van 8,3 kg per dierplaats per jaar. Hier is een leegstandperiode van 10% ingecalculeerd.

Tabel 18. Ammoniakemissie per ronde, per kraamzeug per dag en per kraamzeug per jaar.

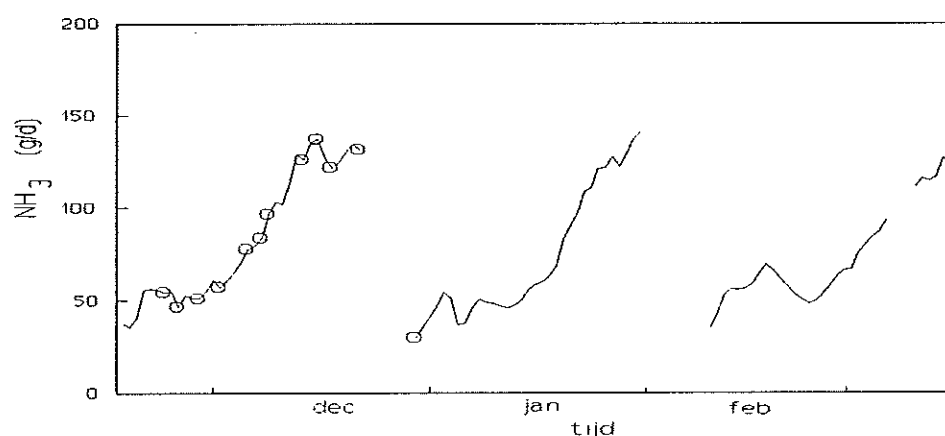
	Afdeling 2		Afdeling 3	
	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 1	Ronde 2
Lengte periode (dagen)	32	32	32	31
Totale NH ₃ -emissie (kg)	2,4	3,1	1,9	2,4
NH ₃ -emissie per zeug (g/dag)	9,5	12,0	7,4	9,7
NH ₃ -emissie per zeug (kg/jaar, 10% leegstand)	3,1	4,0	2,4	3,2

Ten opzichte van de emissiefactor werd de ammoniakemissie 52 tot 71% gereduceerd. Opvallend zijn de grote verschillen onderling; de emissie in afdeling 3 gedurende ronde 1 is 40% lager dan de emissie in afdeling 2 gedurende ronde 2. Weliswaar was de ventilatie 20% lager, maar dit gold ook voor de 2^e ronde van afdeling 3 die slechts 20% minder emitteerde.

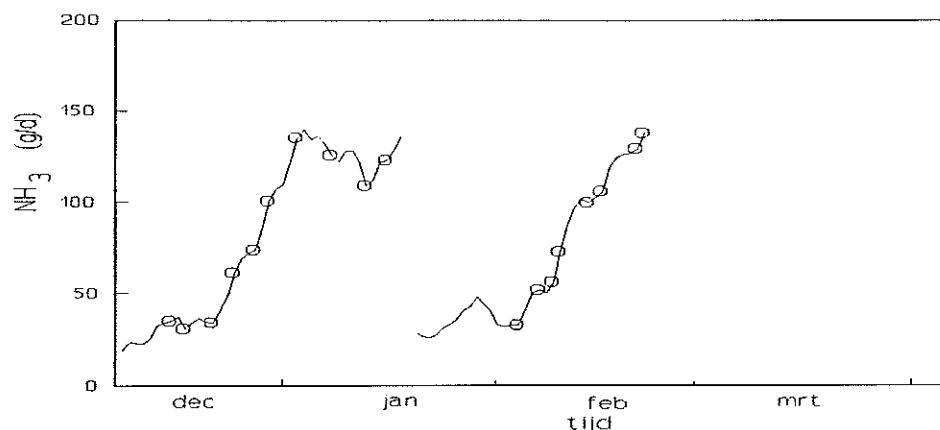
3.3 Biggen

3.3.1 Periode a

Figuur 4 geeft het verloop van de dagelijkse emissie van afdeling 4 gedurende 3 perioden weer. Het ontmesten van het kanaal is weergegeven door middel van een "O". In Figuur 5 is het verloop van de dagelijkse emissie van afdeling 5 gedurende 2 opfokperioden weergegeven. Het algemene emissieverloop is voor beide afdelingen en voor alle perioden vergelijkbaar; het emissienivo is laag bij aanvang van de periode en neemt vervolgens toe met het hoogste nivo op het einde van de periode. De eerste ronde van afdeling 5 wijkt hier iets vanaf omdat de emissie ca. 2 weken voor het einde van de ronde begint te dalen. De emissie bereikt het laagste punt daags nadat er enkele biggen afgeleverd waren. Ook de dip op het einde van de eerste ronde in afdeling 4 komt overeen met het afleveren van een aantal biggen (Figuur 4). Het ontmesten had geen zichtbaar effect op de emissie.



Figuur 4. Daggemiddelden van de NH₃-emissie uit biggen-afdeling 4a (traditioneel) gedurende drie opfokperioden en ontmesten van het kanaal ("O").



Figuur 5. Daggemiddelden van de NH_3 -emissie uit biggen-afdeling 5a (mestgoot) gedurende twee opfokperioden en ontmesten van de goot ("O").

In Tabel 19 zijn de gemeten emissiecijfers per jaar weergegeven. Tijdens de eerste ronde van afdeling 5 was de opfokperiode ongeveer een week langer dan de overige ronden. Het aflevergewicht was ook hoger (Tabel 10). Om de cijfers beter onderling te kunnen vergelijken is berekend wat de NH_3 -emissie na 35 dagen was in deze afdeling. Deze cijfers zijn tussen haakjes weergegeven.

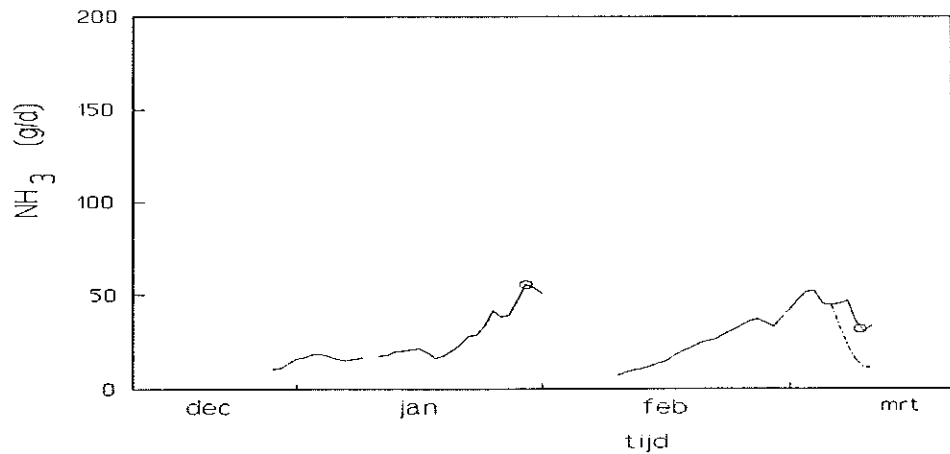
Tabel 19. Ammoniakemissie per big en per biggenplaats per jaar tijdens periode a.

	Afdeling 4a (traditioneel)			Afdeling 5a	
	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 1	Ronde 2
Lengte periode (dagen)	35	33	35	41	34
NH_3 -emissie per big (kg/jaar, 10% leegstand)	0,34	0,30	0,31	0,34 (0,31)	0,27
NH_3 -emissie per biggenplaats (kg/jaar, 10% leegstand)	0,39	0,34	0,35	0,38 (0,35)	0,31

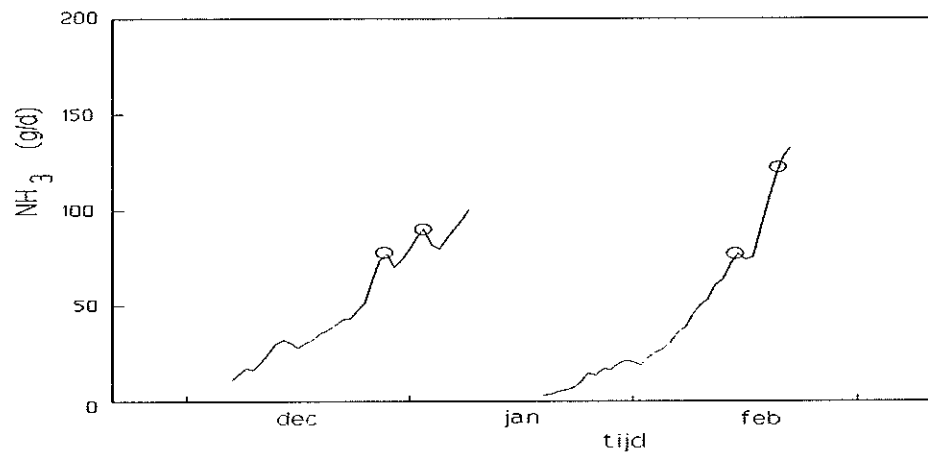
Opvallend is dat de emissie voor zowel de afdeling met de mestgoten als voor de referentie afdeling voor alle ronden rondom hetzelfde nivo ligt. Dit betekent dat de mestgoten in deze situatie geen ammoniakemissie-reducerend effect hadden.

3.3.2 Periode b

Het verloop van de dagelijkse emissie van afdelingen 4b en 5b is weergegeven in de figuren 6 en 7. Het ontmesten van de mestput is aangegeven door middel van een "O". Figuur 6 laat zien dat aan het eind van de tweede opfokronde in afdeling 4b een afname van de emissie plaatsvond (stippellijn). Vanaf dag 28 nam de concentratie af door een technisch defect aan de monitor. Voor het berekenen van de emissie is daarom aangenomen dat de concentratie de laatste vijf dagen niet daalde (doorgetrokken lijn). De extra afname na dag 30 is te verklaren door het afleveren van 27 biggen en een daaropvolgende daling van het ventilatiedebiet.



Figuur 6. Daggemiddelden van de NH_3 -emissie uit biggen-afdeling 4b gedurende twee opfokperioden en ontmetsten van de goot ("O").



Figuur 7. Daggemiddelden van de NH_3 -emissie uit biggen-afdeling 5b gedurende twee opfokperioden en ontmetsten van de goten ("O").

In Tabel 20 zijn de gemeten emissiecijfers per jaar weergegeven.

Tabel 20. Ammoniakemissie per big en per biggenplaats per jaar tijdens periode b.

	Afdeling 4b		Afdeling 5b	
	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 1	Ronde 2
Lengte periode (dagen)	35	33	35	35
NH_3 -emissie per big (kg/jaar, 10% leegstand)	0,10	0,12	0,22	0,18
NH_3 -emissie per biggenplaats (kg/jaar, 10% leegstand)	0,12	0,14	0,25	0,21

Vergelijking van de cijfers met de tijdens meetperiode a gemeten referentieafdeling geeft voor afdeling 4b een reductie van 61-66%, voor afdeling 5b 30-42%. (Afwijkende percentages bij berekeningen met de getallen uit Tabel 19 en 20 worden veroorzaakt door afrondingen.)

4 Discussie

Voor de verschillende mestnivo's kan berekend worden hoeveel mest in de goten kan worden opgeslagen. Wanneer de mestproduktie van de dieren bekend is, kan berekend worden om de hoeveel dagen de mest afgelaten moet worden om niet boven een bepaald mestnivo uit te komen. Dit is voor de eerder genoemde mestnivo's uitgevoerd en weergegeven in Tabel 21. Er is uitgegaan van een mestproduktie van 10 l per dag voor guste en dragende zeugen, 15 l per dag voor kraamzeugen en 1,5 l per dag voor biggen.

Tabel 21. Mestopslagcapaciteit van de mestgoten bij verschillende mestnivo's, voor de verschillende categorieën varkens, uitgedrukt in dagen.

	vol	halfvol	10 cm
Zeugen afdeling 1a	30	9	2
Zeugen afdeling 1b	30	9	1
Kraamzeugen	66	20	4
Biggen afdeling 4a*	120	60	20
biggen afdeling 5a*	64	19	3
biggen afdeling 4b*	72	45	3,6
biggen afdeling 5b*	44	13	6,4

*: zonder schoonmaak- en/of spoelwater

Uit de Tabel blijkt dat de opslagcapaciteit van de goot groot genoeg was om gedurende een maand de mest van de zeugen op te slaan, en van een gehele kraamperiode en biggenopfokronde. Als, voor periode b van de biggen, de totale hoeveelheid schoonmaakwater wordt meegerekend dan wordt de opslagcapaciteit 17 dagen minder. Dit betekent voor afdeling 5b dat de opslagcapaciteit niet toereikend is voor één opfokronde.

In de afdeling voor guste en dragende zeugen werd tijdens de tweede en derde periode iedere dag ontmet. Dat betekent dat het nivo altijd ca. 10 cm of minder was. Het mestoppervlak in deze afdeling was ten opzichte van een traditionele stal minder dan 15%. Uit Figuur 2 tot en met 5 blijkt dat de afdelingen voor kraamzeugen en de biggen tijdens periode a regelmatig werden ontmet. De goten tijdens onderhavig onderzoek zijn nooit meer dan half vol geweest en het streven was om een maximum nivo van ± 10 cm te handhaven. Dit betekent dat tijdens dit onderzoek het mestoppervlak over het algemeen 20-25% was ten opzichte van een traditioneel systeem. Tijdens periode b werd bij de biggen werd minder ontmet zoals de Figuren 6 en 7 laten zien. Tot het moment dat de afdelingen voor de eerste maal werden ontmet was het mestoppervlak van afdeling 4b ca. 80% en afdeling 5b ca. 70% ten opzichte van een traditioneel systeem. Na de eerste maal ontmeten werd het mestoppervlak veel geringer en bedroeg in afdeling 4b ca. 60% en in afdeling 5b slechts 4% van het mestoppervlak van een traditioneel systeem.

Periode 2 van de guste en dragende zeugen vond plaats in een zomerperiode en periode 3 in een winterperiode. Tijdens periode 2 was de staltemperatuur ruim 4°C hoger dan tijdens periode 3 en was het ventilatiedebiet ruim tweemaal zo hoog. De verwachting was dat in de periode met hogere temperaturen en een hoger ventilatiedebiet de emissie hoger zou zijn (Elzing et al., 1992). De emissies waren echter tijdens beide perioden vergelijkbaar. Het valt niet uit te sluiten dat tijdens periode 2 de relatief schone afdeling een verlagend effect had op de emissie. De goot was pas verbouwd en de afdeling was pas volledig bezet vijf dagen voor aanvang van de metingen.

In tegenstelling tot bij de kraamzeugen en de zeugen had het verkleinen van het mestoppervlak door de schuin aflopende mestgoot bij de biggen geen reducerend effect op de emissie ten opzichte van de tegelijkertijd gemeten traditionele afdeling (Figuur 4 en 5 en Tabel 19). Een verschil tussen de zeugen en de biggen was dat door de fixatie van de zeugen slechts een klein deel van de schuine wanden bevuild werden met mest. Bij de biggen kwam meer mest op de schuine wand terecht omdat de mesthoek van de biggen zich boven een van de schuine wanden bevond. Bovendien is de vaste fractie van de mest kleveriger als die van zeugen. Hierdoor zal deze meer op de schuine wand achterblijven, temeer daar de urinehoeveelheid van de biggen te klein is om de faeces van de wand te spoelen. Het netto resultaat van het verkleinen van het mestoppervlak door de mestgoot zal niet groot zijn. Als deze theorie geldig is zou dat betekenen dat meer effect kan worden bereikt wanneer de wand van de mestput onder de mesthoek verticaal zou blijven. De metingen van periode b bevestigen deze theorie: immers afdeling 5b met twee schuine wanden en een kleiner mestoppervlak emitteerde meer dan afdeling 4b met slechts één schuine wand aan de voorzijde van de mestput en een groter mestoppervlak. Ondanks het kleinere mestoppervlak kan het totaal emitterend oppervlak, met name door vervuiling van de achterste schuine wand, groter zijn geweest.

Bij de biggen werd tijdens de eerste ronde van periode a de mest in de traditionele afdeling (verticale betonnen putwanden) regelmatig verwijderd. De twee daaropvolgende ronden bleef de mest in het kanaal staan (Figuur 4). Het verschil in emissie was klein (Figuur 4 en Tabel 19). Groenestein en Montsma (1991) vonden bij het verwijderen van de mest in een grupstal met drijfmest-systeem een tijdelijke verhoging van de emissie. De verklaring hiervoor was dat het emitterend oppervlak tijdelijk werd vergroot doordat de mest op de wanden achterbleef. Dit effect werd tijdens dit onderzoek niet waargenomen. Een verschil tussen beide onderzoeken is dat de toename van het emitterend oppervlak in de grupstal vele malen groter was dan in onderhavige biggenstal door het grote mestvolume bij de verwijdering van de mest in de grupstal (grotere mestproductie per dag en lagere frequentie van ontmesten). Ook bij de kraamzeugen was het mestvolume bij het verwijderen klein. Hier kwam nog bij dat het lage drogestofgehalte van zeugemest tot gevolg kon hebben dat minder mest aan de wand bleef kleven en dus geen extra emitterend oppervlak ontstond. Dit kan ook de reden zijn voor het feit dat in de laatste week van de biggenopfokronde tijdens meetperiode b minder ammoniak emitteerde dan tijdens de laatste week van periode a, terwijl in beide situaties sprake was van opslag van (bijna) onverdunde mest. Door de opslag van de verdunde mest tijdens meetperiode b in de periode daarvóór, zou minder mest aan de wanden kunnen kleven.

De kraamzeugen werden een paar dagen na het opleggen gewassen. Bij de 100 l van het schoonmaken van de afdeling kwam daardoor nog zo'n 300 l extra in de mestgoot terecht. Tijdens de eerste periode werd dit water met de tot dan toe geproduceerde mest direct na aanvang van de meetperiode verwijderd. Het emissie-reducerend effect door verdunning van de ammoniak-concentratie was daarom beperkt. De tweede periode werd in de afdelingen 2 en 3 pas respectievelijk 12 en 14 dagen na het wassen van de zeugen voor het eerst mest afgelaten (Figuur 2 en 3). Dit was respectievelijk 9 en 11 dagen na aanvang van de meetperiode. Hier zal het verdunningseffect wel degelijk een invloed hebben gehad. De kraamzeugen produceren ongeveer 15 l mest per dag. Voor de afdeling betekende dat een mestproductie van 120 l per dag. De eerste dag is ammoniak-concentratie ruim vier maal zo laag als die van onverdunde mest. Na 10 dagen was de concentratie nog steeds 75% van die van de onverdunde mest. Deze gegevens duiden erop dat het reducerende effect van dit water op de emissie substantieel was en dat de gemeten waarden van 4,0 en 3,2 kg NH₃ gedurende de tweede periode relatief lage schattingen zijn.

Tijdens periode a werden de afdelingen, voor het opleggen van de biggen, schoon-

gemaakt en bleef zo'n 100 l water in de goot achter. De 80 biggen produceerden gemiddeld tijdens de biggenopfokperiode 120 l mest per dag. Dit is een gemiddelde over de gehele periode, de mestproduktie zal tijdens de eerste week van de opfokperiode lager zijn. Dit hield in dat aan het eind van de eerste dag in verhouding meer schoonmaakwater dan mest in de mestgoot aanwezig was. De ammoniak-concentratie en de ammoniakemissie zijn lineair gerelateerd (Muck en Steenhuis, 1981; Elzing & Kroodsmā, 1993). Dit impliceert dat de emissie vanuit de mestput die dag minstens twee maal zo laag zal zijn geweest als zonder die 100 l schoonmaakwater. Zelfs na een week zou er nog sprake kunnen zijn van een verdunnings-effect. Bij de biggen was, zoals al is aangegeven, mogelijk een gedeelte van de emissie afkomstig van de mest die op de schuine wanden bleef kleven en dan zal het emissie-verlagend effect van het water in de mestgoot op de totale emissie minder zijn.

Opvallend was de lage emissie van de traditionele afdeling voor biggen. Uit eerdere metingen aan traditionele systemen met een volledig rooster bleek een ammoniakemissie van rond de 600 g per biggenplaats op jaarbasis (Montsma en Groenestein, 1992; Groenestein en Montsma, 1993; Hol en Groenestein, 1994). In het kader van dit onderzoek kon geen verklaring worden gevonden voor dit verschil.

In periode b was het verdunningseffect vele malen groter. Na drie à vier weken werd voor de eerste maal ontmest. Met behulp van de verdunningsfactoren uit Tabel 12 en het gegeven volgens Muck en Steenhuis (1981) en Elzing en Kroodsmā (1993) kan voor de vier achtereenvolgende weken een potentiële emissie-reductie uit de mestput berekend worden van respectievelijk 68%, 52%, 42% en 35% ten opzichte van die van onverdunde mest zoals in afdeling 4a voornamelijk het geval was (zie hoofdstuk 2.2.4.1). Na de eerste ontmesting was geen sprake meer van verdunning met schoonmaakwater (slechts wat spoelwater, zie hoofdstuk 2.2.1) en berustte het emissie-reducerend principe met name op het verkleinen van het mestoppervlak met 75-80%. Periode a heeft niet uitgewezen dat dit aspect substantieel bijdroeg aan de emissiereductie. Dat het effect van een kleiner mestoppervlak ook tijdens het verdunnen van de mest een ondergeschikte rol speelde bij de emissiereductie blijkt uit het feit dat afdeling 4b minder emitterde dan afdeling 5b terwijl het mestoppervlak juist groter was. Blijkbaar betekent het verkleinen van het mestoppervlak door de schuine wanden van de mestput niet per definitie het verkleinen van het emitterend oppervlak.

5 Conclusie

De emissie per zeugenplaats op jaarbasis, rekening houdend met 5% leegstand was respectievelijk 2,1, 1,6 en 1,7 kg. Ten opzichte van de emissiefactor van 4,2 kg betekent dat een reductie van 50-62%.

De emissie per kraamzeugenplaats varieerde op jaarbasis, uitgaande van 10% leegstand, van 2,4-4,0 kg. Ten opzichte van de emissiefactor van 8,3 kg betekent dat een reductie van 52-71%.

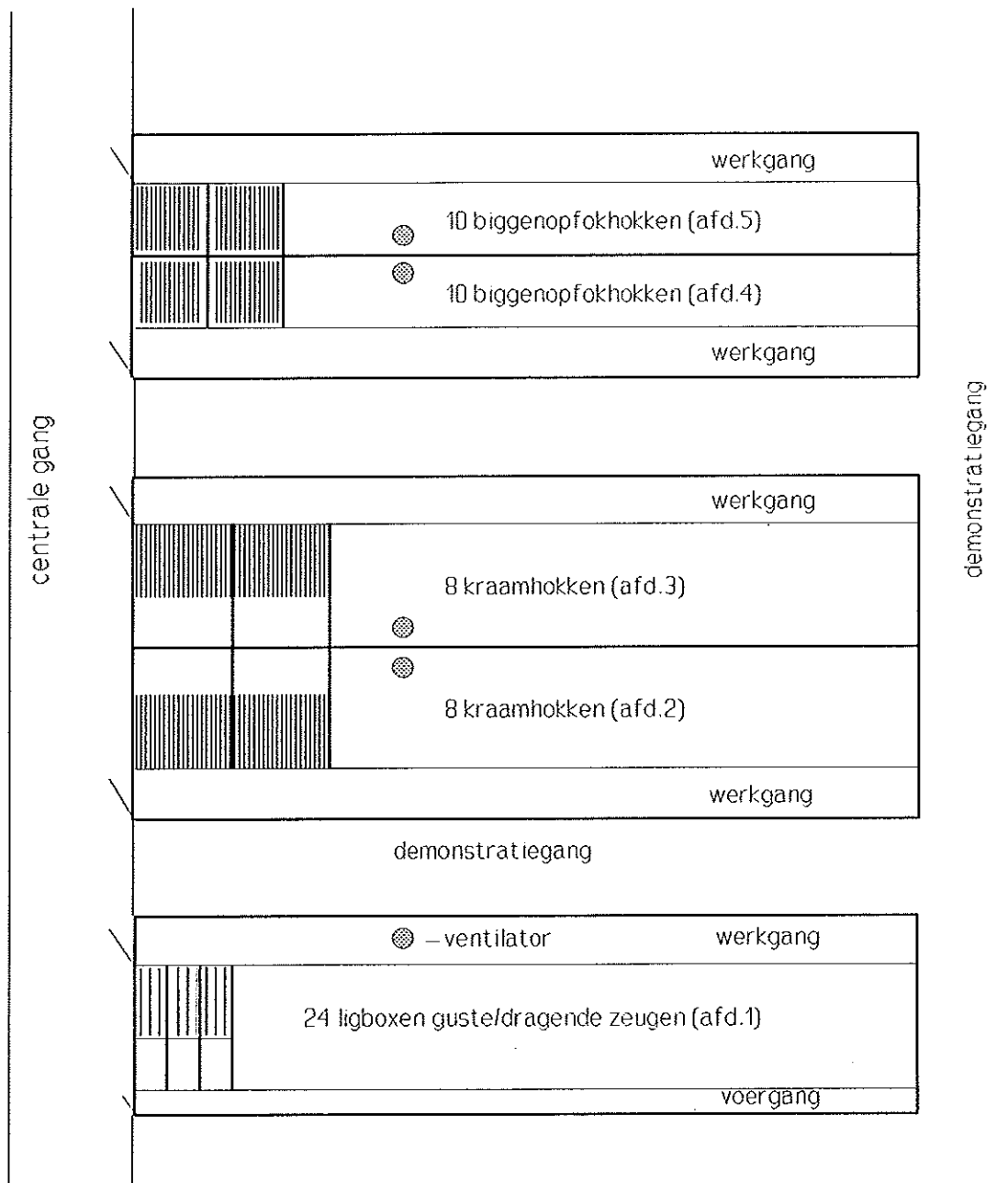
De emissie was per biggenplaats in afdeling 5a op jaarbasis, uitgaande van 10% leegstand voor de twee perioden respectievelijk 0,38 en 0,31 kg. De referentie-afdeling emitteerde gedurende drie perioden respectievelijk 0,39, 0,34 en 0,35 kg per jaar per biggenplaats. Hier was geen sprake van een reductie van de ammoniakemissie ten opzichte van de tegelijkertijd gemeten referentie. Tijdens periode b was de emissie per biggenplaats op jaarbasis voor afdeling 4b respectievelijk 0,12 en 0,14 kg en voor afdeling 5b respectievelijk 0,21 en 0,25 kg. De reductie van de emissie ten opzichte van de tijdens periode a gemeten referentie-afdeling bedroeg 61-66% voor afdeling 4b en 30-42% voor afdeling 5b. Het belangrijkste emissie-reducerend principe tijdens periode b was verdunning van de mest met schoonmaak- en spoelwater.

Literatuur

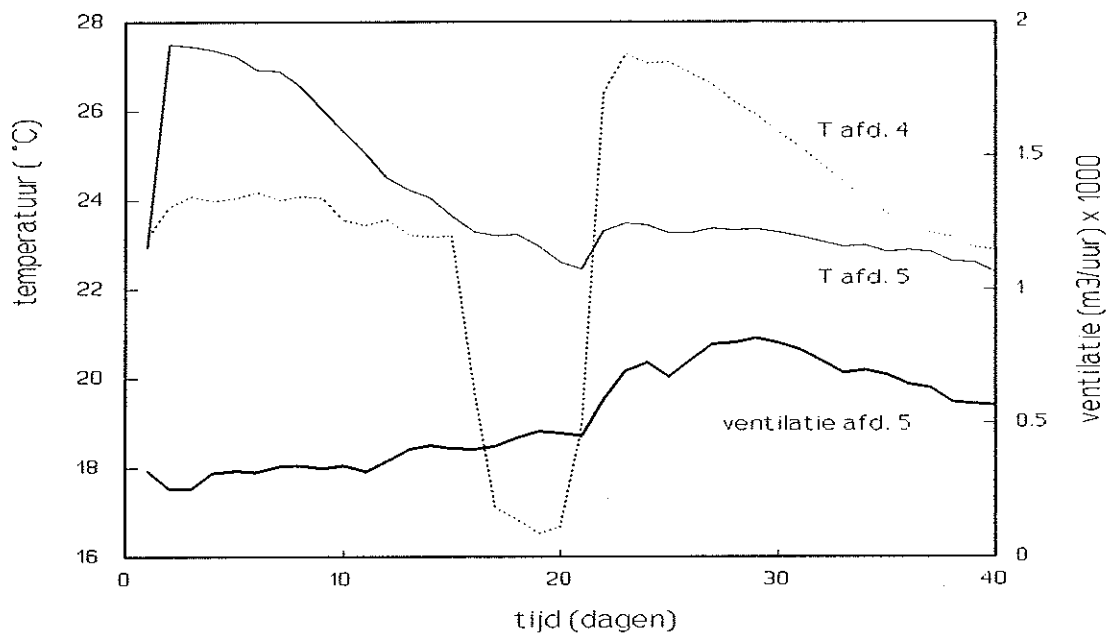
- Berckmans, D., Ph. Vandenbroeck & V. Goedgeels, 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3, p.323-336.
- Elzing, A. en W. Kroodsmā, 1992. De relatie tussen ammoniakemissie en stikstofconcentratie in de urine van melkvee. IMAG-DLO Rapport 93-3, Wageningen, 22 pp.
- Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen II: grupstal voor melkvee. Wageningen, DLO, Rapport 91-1002, 14pp (ex. bijl.).
- Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IIIa: aanvullend onderzoek aan een biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO, Rapport 93-1001, 9 pp (ex. bijl.).
- Handboek voor de varkenshouderij, 1992. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Publicatie nr. 37, Ede, 362 pp.
- Heij, G.J. & T. Schneider, 1995. Dutch priority programme on acidification. Final report third phase Additional programme on acidification no. 300-05, 160 pp.
- Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIV: biggenopfokstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten. Wageningen, DLO, Rapport 94-1005, 12 pp. excl. bijlage.
- Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1993-1994. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Publicatie nr. 6-93, Ede, 259 pp.
- Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1992. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III: biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO, Rapport 92-1001, 12 pp (ex. bijl.).
- Muck, R.E. en T.S. Steenhuis, 1981. Nitrogen losses in free stall dairy barns. *Livestock Waste: A renewable Resource*. ASAE: 406-409.
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 1982, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.
- Roelofs, P.F.M.M., A.I.J. Hoofs & G.P. Binnendijk, 1993. De invloed van inweekmethode, waterduk, debiet en nozzle op waterverbruik en werktijd voor het reinigen van varkensstallen met een hogedrukreiniger. Rosmalen, Proefstation voor de varkenshouderij, proefverslag nummer P1.103, 48 pp.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyzer. 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.
- Scholtens, R. & C.E. van 't Klooster, 1993. Meetventilator. 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. 59-62.
- Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij, 1994. Interimwet ammoniak en veehouderij. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, St.crt.nr 162, Den Haag.

BIJLAGE A

Plattegrond van de stal



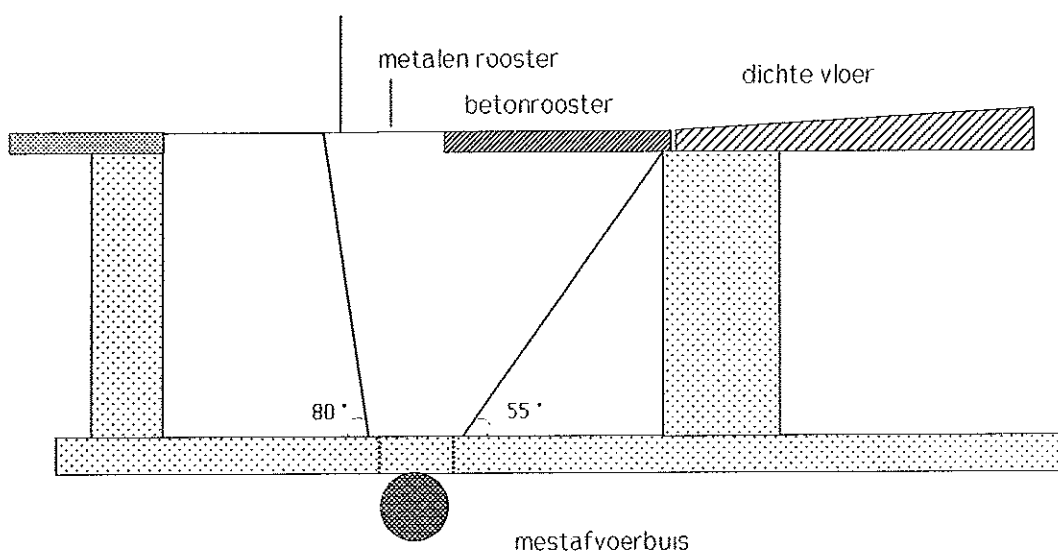
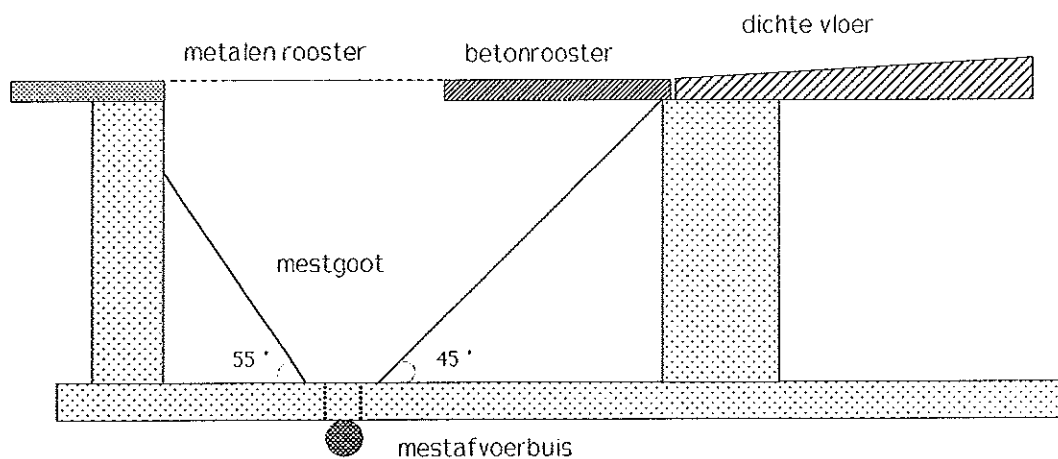
BIJLAGE B



Figuur 1. Verloop van het ventilatiedebiet en de temperatuur tijdens de eerste biggenopfokronde in afdeling 5. De stippellijn geeft het verloop van de temperatuur in de aangrenzende afdeling (afdeling 4) weer. Op dag 16 werden de biggen uit afdeling 4 verwijderd. Op dag 22 begon een nieuwe opfokronde; de temperatuur werd verhoogd tot ruim 26 °C. Dit had een stijging van de temperatuur en het ventilatiedebiet in afdeling 5 tot gevolg.

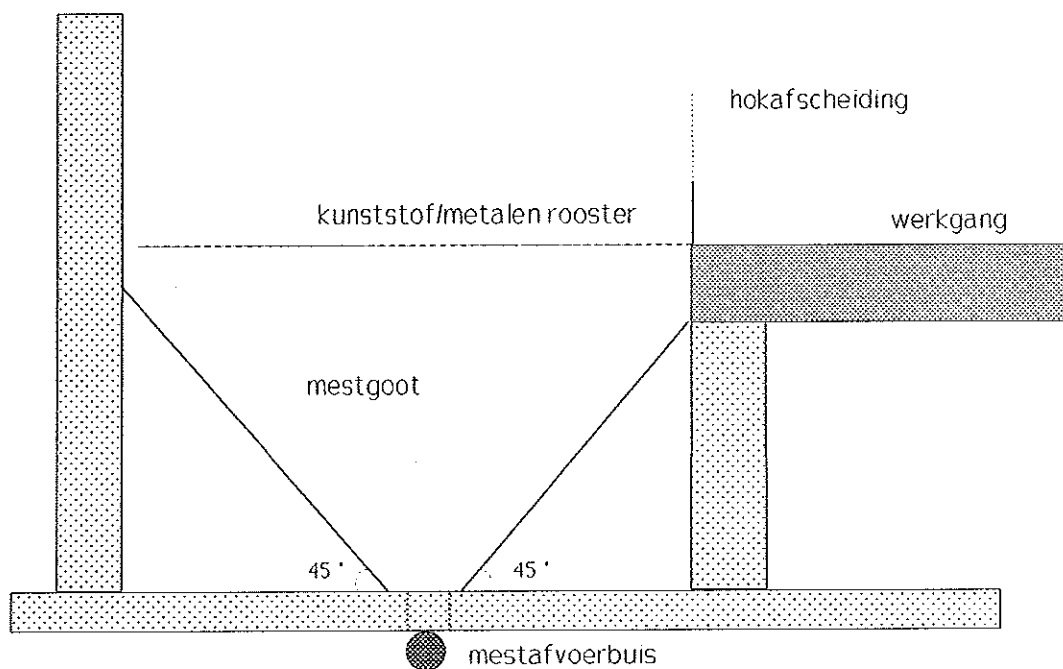
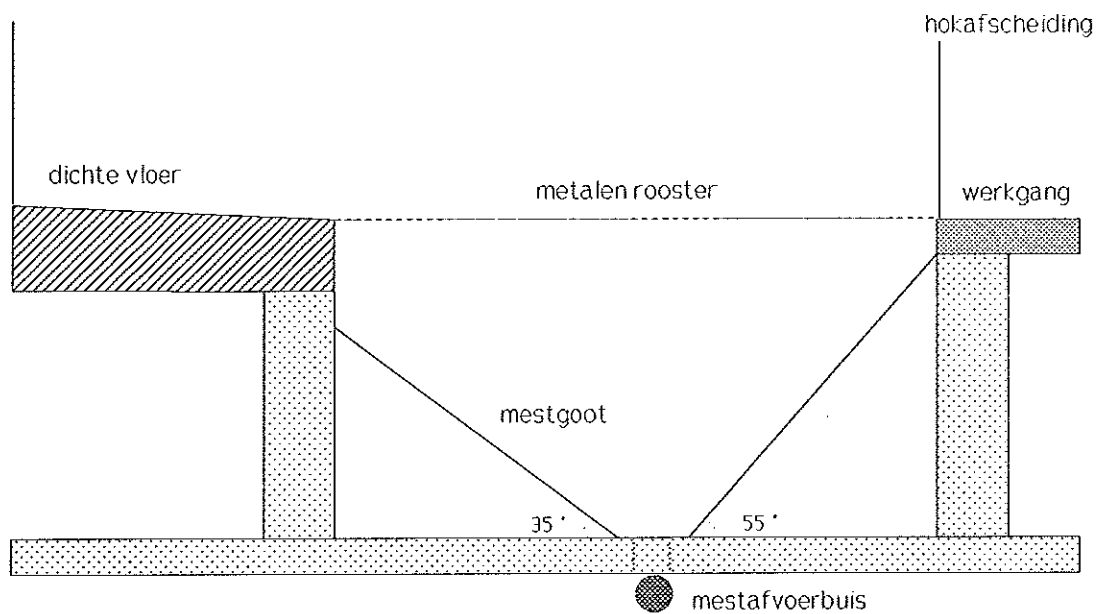
BIJLAGE C

Schematische weergave van de dwarsdoorsnede van de zeugen-afdeling 1 met de oorspronkelijke uitvoering van de mestgoot (boven) en na de verbouwing (onder).



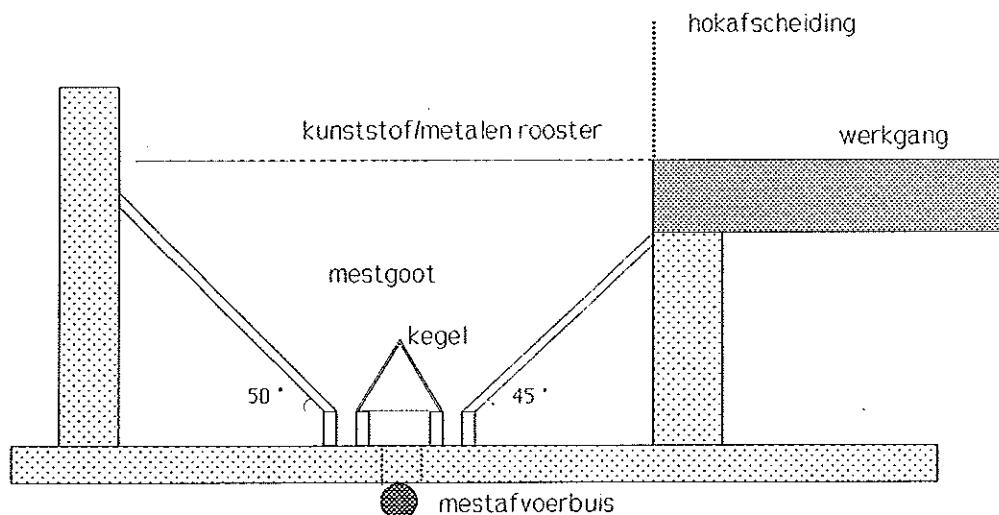
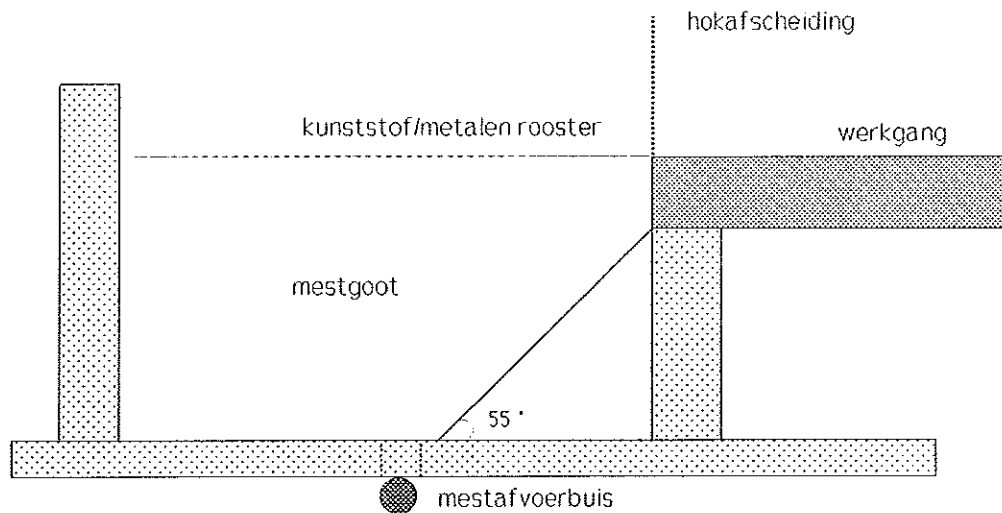
BIJLAGE D

Dwarsdoorsnede van de kraam-afdeling 2/3 (boven) en biggen-afdeling 5a (onder) tijdens meetperiode a.



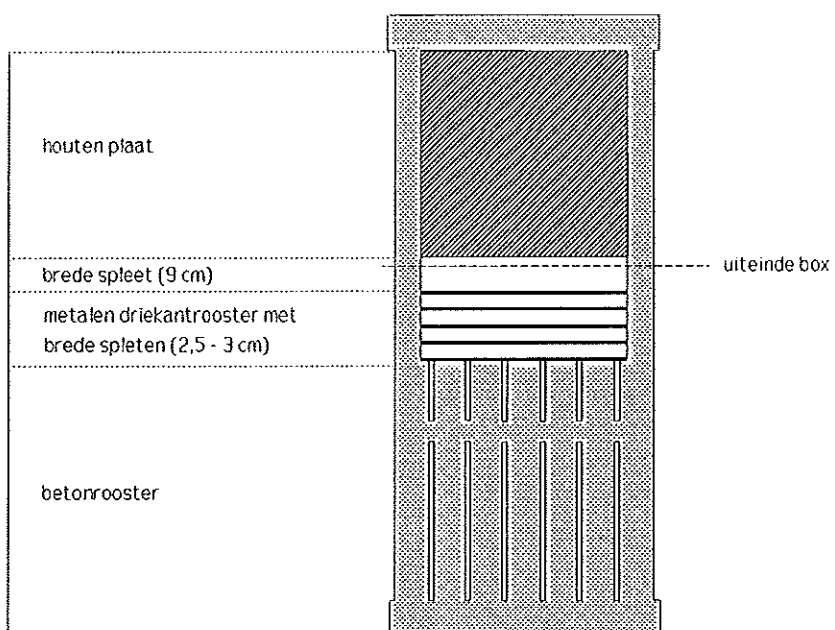
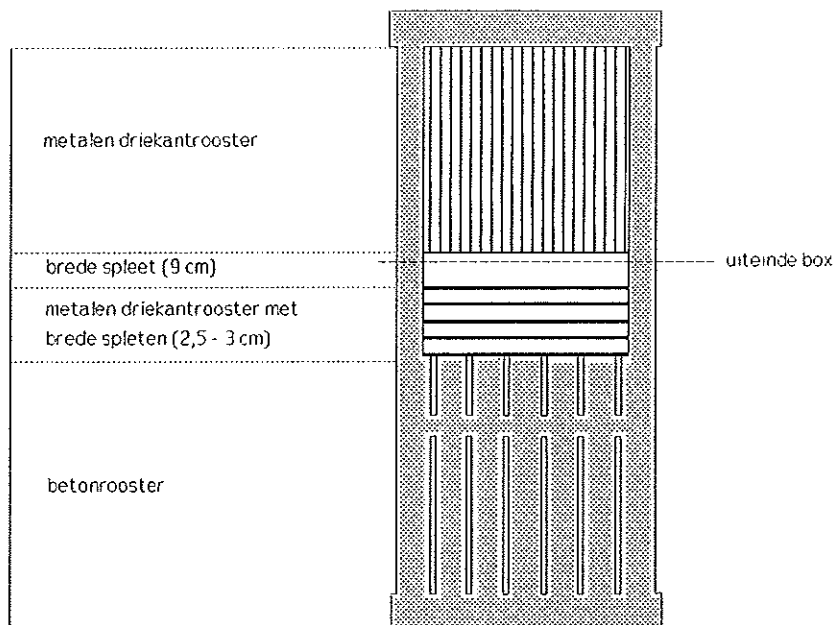
BIJLAGE E

Schematische weergave van de dwarsdoorsnede van biggen-afdeling 4b (boven) en biggen-afdeling 5b (onder) tijdens meetperiode b.



BIJLAGE F

Bovenaanzicht van het rooster in zeugen-afdeling 1 tijdens periode 1 (boven) en tijdens periode 2 en 3 (onder).



Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen

publikatieoverzicht

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen I: slachtkuikenstal met vloerventilatie. Wageningen, DLO, Rapport 91-1001, 14 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen II: grupstal voor melkvee. Wageningen, DLO, Rapport 91-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen III: biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO, Rapport 92-1001, 12 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IIIa: aanvullend onderzoek aan een biggenopfokstal met frekwente en restloze mestverwijdering. Wageningen, DLO Rapport 93-1001, 9 pp excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IV: kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven. Wageningen, DLO, Rapport 92-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IVa: aanvullend onderzoek aan een kraamopfokstal met gladde hellende vloer, giergoot en mestschuiven. Wageningen, DLO, Rapport 94-1003, 13 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen V: vleesvarkensstal met dikstrooiselsysteem. Wageningen, DLO, Rapport 92-1003, 18 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1992 - Praktijkonderzoek naar de ammoniak uit stallen VI: vleesvarkensstal met diepstrooiselsysteem. Wageningen, DLO, Rapport 92-1004, 20 pp. excl. bijlage.

Montsma, H. en C.M. Groenestein, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VII: konijnenstal met mestscheiding, frekwente mestverwijdering en luchtafzuiging boven de giergoot. Wageningen, DLO Rapport 93-1002, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen VIII: vleesvarkensstal met overdrukventilatie en luchtverdeling via slangen. Wageningen, DLO Rapport 93-1003, 14 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen IX: kraamzeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten. Wageningen, DLO Rapport 93-1004, 13 pp.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1993 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen X: potstal voor melkvee.
Wageningen, DLO, Rapport 93-1005, 15 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.M.G. Hol, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XI: zeugenstal met gereduceerd roosteroppervlak.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1001, 12 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XII: kraamzeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1002, 11 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M., 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIII: zeugenstal met mestverwijdering door schuiven over een gecoate putvloer.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1004, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIV: biggenopfokstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO Rapport 94-1005, 12 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XV: potstal voor zoogkoeien.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1006, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., J.M.G. Hol en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVI: vleesvarkensstal met mestverwijdering door schuifsystemen.
Wageningen, DLO, Rapport 94-1007, 19 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G., R. Bleijenberg en C.M. Groenestein, 1994 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVII: vleeskuikenouderdierenstal met halfroostervloer.
Wageningen, DLO Rapport 94-1008, 11 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XVIII: compactbatterij voor leghennen met tweemaal daags verwijderen van natte mest.
Wageningen, DLO Rapport 95-1001, 11 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XIX: hellingstal voor vleesvarkens.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1002, 13 pp. excl. bijlage.

Hol, J.M.G. en C.M. Groenestein, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XX: stal voor guste en dragende zeugen met mestopslag onder betonroosters.
Wageningen, DLO Rapport 95-1003, 10 pp. excl. bijlage.

Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXI: zeugenstal met mestverwijdering door spoelen met dunne mestfractie via spoelgoten.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1004, 14 pp. excl. bijlage.

Reitsma, B., C.M. Groenestein en J.W.H. Huis in 't Veld, 1995 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXII: zeugenstal, kraamzeugenstal en biggenopfokstal met reductie van mestoppervlak en verdunning van mest.
Wageningen, DLO, Rapport 95-1005, 23 pp. excl. bijlage.