

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVII

Vleesvarkensstal met gereduceerd
emitterend oppervlak door aangepaste
hokinrichting

J.M.G. Hol
I.H.G. Satter

Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXVII

Vleesvarkensstal met gereduceerd
emitterend oppervlak door aangepaste
hokinrichting

J.M.G. Hol
I.H.G. Satter

Rapport 98-1001

© 1998

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 59, 6700 AB Wageningen

**Alle informatie beschikbaar bij
IMAG-DLO**

**Postbus 43, 6700 AA Wageningen
Telefoon: 0317-476300
Telefax: 0317-425670**

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, 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 Stal en bedrijfsvoering	4
2.2 Metingen	5
3 Resultaten en discussie	9
4 Conclusie	12
Literatuur	13
Bijlagen	

Samenvatting

Ammoniak is naast NO_x en SO_x één van de meest belangrijke verzurende componenten in ons milieu. De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2000 en met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn. In dit kader werd onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit drie afdelingen met vleesvarkens. De ammoniakemissie reducerende werking berustte op het verkleinen van het emitterend oppervlak door de hokinrichting aan te passen. Door de aangepaste hokinrichting kan de mestplek verkleind worden.

Het onderzoek werd van 20 december 1996 tot en met 15 juli 1997 uitgevoerd op een gesloten varkensbedrijf bij drie naast elkaar gelegen identieke afdelingen met vleesvarkens. In iedere afdeling was ruimte voor 72 dieren verdeeld over acht naast elkaar gelegen hokken. Per dier was een hokoppervlak van $0,74 \text{ m}^2$ beschikbaar. Een hok was smal en diep ($1,88 \text{ m} \times 3,65 \text{ m}$). Vanaf de voergang bestond ieder hok uit een betonroostervloer ($1,10 \text{ m}$) met daarop een brijvoerbak, een bolle dichte vloer ($1,50 \text{ m}$) en een metalen driekantroostervloer ($1,05 \text{ m}$ inclusief $0,10 \text{ m}$ mestspleet). Op basis van de hokinrichting zou het achterste gedeelte van het hok de ideale mestplek zijn voor de dieren. In dat geval zal het emitterend oppervlak met 50% gereduceerd worden ten opzichte van een traditionele hokinrichting met gedeeltelijke roostervloer en daaronder een mestkelder. Achter in de hokken waren daarom metalen driekantroosters toegepast, welke gemakkelijk mest en urine doorlaten en de emissie van de roosters kunnen verlagen. Onder beide roostervloeren bevond zich een mestkelder van 54 cm diep. De mestkelder onder de metalen driekantroostervloer werd 3 maal per ronde leeggehaald (inclusief einde van de ronde). De mestkelder onder de betonnen roostervloer werd niet leeggehaald.

Van iedere afdeling werd gedurende twee ronden de ammoniakemissie bepaald. De NH_3 -emissie is het product van de NH_3 -concentratie en het ventilatiedebiet. De NH_3 -concentratie werd gemeten met behulp van een NO_x -monitor (Monitor Labs nitrogen oxydes analyzer model 8840). Om het ventilatiedebiet te meten werd onder de ventilator een meetventilator in de koker geplaatst.

De ammoniakemissie was tijdens de eerste meetperiode, uitgaande van 10% leegstand, $1,6 \text{ kg NH}_3$ per dierplaats per jaar uit afdeling 1, $1,2 \text{ kg NH}_3$ per dierplaats per jaar uit afdeling 2 en $1,3 \text{ kg NH}_3$ per dierplaats per jaar uit afdeling 3. Tijdens de tweede meetperiode was de ammoniakemissie, uitgaande van 10% leegstand respectievelijk $1,7 \text{ kg NH}_3$ per dierplaats per jaar, $1,3 \text{ kg NH}_3$ per dierplaats per jaar en $1,6 \text{ kg NH}_3$ per dierplaats per jaar.

Ondanks de identieke hokinrichting traden in beide meetperioden verschillen op tussen de ammoniakemissies uit de drie afdelingen. Een verschil tussen de afdelingen was dat de dieren niet gelijktijdig waren opgelegd, waardoor de leeftijd van de dieren verschilde bij gelijke weersomstandigheden. Vanaf 16 januari 1997 tot aan het einde van de eerste meetperiode en in de maand mei van de tweede meetperiode waren de ammoniakemissies uit afdeling 1 hoger dan afdeling 2 en 3. De hogere ammoniakemissie uit afdeling 1 trad op wanneer de periode na het leeghalen van de mestkelders gepaard ging met relatief koude ingaande lucht. Onder deze omstandigheden kon de achtergebleven mestlaag op de kelderwanden en -vloer meer ammoniak emitteren.

1 Inleiding

De meest belangrijke verzurende componenten van ons milieu zijn SO_2 , NO_x (NO en NO_2) en NH_3 , samen met hun reactieproducten, in het kort SO_x , NO_y en NH_x genoemd. In 1993 was 86% van de verzuring door NH_x uit eigen land afkomstig en kwam 92% daarvan uit de landbouw. De bijdrage van NH_x aan de totale verzuring in Nederland was in 1993 gelijk aan 46% (Heij en Schneider, 1991). De overheid heeft tot doel gesteld dat de emissie van ammoniak ten opzichte van het niveau van 1980 in het jaar 2000 met 50% en in 2005 met 70% afgenomen moet zijn (Notitie Mest- en Ammoniakbeleid, 1993). Om dit te kunnen realiseren wordt momenteel veel onderzoek verricht naar emissiearme huisvestings-systemen 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 emissiearme huisvestingssystemen, onder normale bedrijfsomstandigheden te worden gemeten. De aanvragen hiervoor komen binnen bij de Begeleidingscommissie Ammoniakemissiemetingen. Hieruit selecteert zij de aanvragen die wat betreft de vermindering van ammoniakemissie perspectief bieden. Tegelijkertijd dienen de systemen geen andere negatieve milieueffecten te veroorzaken. De begeleidingscommissie bestaat uit vertegenwoordigers van de overheid en het landbouwbedrijfsleven.

In bovenstaand kader werd door de DLO-stalmeetploeg onderzoek verricht naar de ammoniakemissie uit drie identieke afdelingen met vleesvarkens. Het emissiearme principe van deze afdelingen berustte op het verkleinen van het emitterend oppervlak door de hokinrichting aan te passen. Door de aangepaste hokinrichting kan de mestplek verkleind worden. Ten opzichte van een traditionele hokinrichting met gedeeltelijke roostervloer en daaronder een mestkelder zal het emitterend oppervlak met 50% gereduceerd kunnen worden. De gemeten ammoniakemissies werden vergeleken met de emissiefactor voor een gedeeltelijk roostervloer met daaronder een mestkelder zoals die is opgenomen in de Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij (1996). Deze emissiefactor is gelijk aan 2,5 kg NH_3 per dierplaats per jaar.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal en bedrijfsvoering

Van 20 december 1996 tot en met 15 juli 1997 werd op een gesloten varkensbedrijf gedurende twee ronden de ammoniakemissie gemeten van drie naast elkaar gelegen afdelingen met vleesvarkens (GYZ-F1 x BP). De afdelingen waren identiek van inrichting, alleen de leeftijden van de varkens varieerden tussen de afdelingen. Het emissiearme principe van deze afdelingen berustte op het verkleinen van het emitterend oppervlak door de dieren te sturen in de keuze van hun eet-, rust- en mestplek. Door het emitterend oppervlak te verkleinen wordt het contactoppervlak tussen stallucht en mestoppervlak verminderd, waardoor de ammoniakemissie kan worden gereduceerd (Aarnink *et al.*, 1993).

Varkens willen van nature de mestplek gescheiden houden van de eet- en rustplek (Hafez en Signoret, 1969; Watson, 1985; Buré, 1986). De hokinrichting was zodanig dat dit gedrag werd gestimuleerd. De hokken waren smal en diep (1,88 m x 3,65 m). Vanaf de voergang bestond ieder hok uit een betonroostervloer (1,10 m) met daarop een brijvoerbak, een bolle dichte vloer (1,50 m) en een metalen driekanroostervloer (1,05 m; inclusief 0,10 m mestpleet). In Bijlage A wordt de hokinrichting van de drie afdelingen schematisch weergegeven. In iedere afdeling was ruimte voor 72 dieren verdeeld over acht naast elkaar gelegen hokken (9 dierplaatsen per hok). De hokken werden van elkaar gescheiden door een dichte hokafscheiding. In een hok was een oppervlak van 6,67 m² beschikbaar voor de dieren, waardoor het hokoppervlak 0,74 m² per dier bedroeg.

Volgens Marx en Buchholz (1989) kiezen de dieren de rustplek bij opleg. Op dit bedrijf werd het gebruik van de bolle dichte vloer als rustplek gestimuleerd door deze vloer bij opleg te verwarmen. Op basis van de hokinrichting zou het achterste gedeelte van het hok de ideale mestplek voor de dieren zijn. Vanuit deze optie waren achter in het hok metalen driekanroosters toegepast, welke gemakkelijk mest en urine doorlaten en de emissie van de roosters kunnen verlagen (Aarnink, 1997). In het voorste gedeelte werd een roostervloer aangebracht met daaronder een kelder om vooral morswater en eventueel mest op te vangen. Aangezien de doorlaatbaarheid van dit noodrooster minder belangrijk was, werd hier gekozen voor een betonroostervloer. Onder beide roostervloeren bevond zich een mestkelder van 54 cm diep. De mestkelder onder de metalen driekanroostervloer werd verspreid over de ronde 3 maal leeggehaald (rond dag 50, dag 80 en na het afleveren van de dieren). De mestkelder onder het zogenaamde noodrooster werd niet leeggehaald.

Indien de dieren inderdaad alleen in het achterste gedeelte van het hok mesten word het emitterend oppervlak beperkt tot de metalen driekanroostervloer en het mestoppervlak daaronder. Dit betekent dat het emitterend oppervlak ten opzichte van een traditionele hokinrichting met gedeeltelijk roostervloer en daaronder een mestkelder met 50% wordt gereduceerd.

Iedere afdeling werd geventileerd door één ventilator met een doorsnede van 45 cm (maximale ventilatie 6000 m³/uur). De lucht kwam de stal binnen via openingen aan de lange zijde van de stal boven de ruimte van de centrale gang. Voor de openingen was windbreekgaas aangebracht. Daarna ging de lucht naar de ruimte boven de afdelingen. Dit was een grootte ruimte zonder afscheidingen per afdeling. Via het geperforeerde plafond met damwandprofiel kwam de lucht de afdeling binnen. Tevens was op dit plafond een isolerende laag van circa 8 cm steenwol aangebracht. De lucht werd afgevoerd met een ventilator die boven het laatste hok was geplaatst (zie Bijlage A). Onder de ventilator was een diafragma klep aangebracht voor de regeling van het ventilatiedebiet. Het minimale ventilatiedebiet was ingesteld op 8% van het maximum. De bolle dichte vloer was voorzien van vloerverwarming. In beide ronden werden de afdelingen voor opleg van de dieren voorverwarmd met een hete luchtkanon.

De dieren konden onbeperkt voer en water (lage druk, 0,2 atm.) opnemen. De drinknippel zat onder in de brijbak. De brijbakken werden 's morgens met een voerwagen bijgevuld. In Tabel 1 is per dier de gemiddelde hoeveelheid opgenomen voer, de gemiddelde energiewaarde en het gemiddelde ruw eiwitgehalte van het voer gegeven voor beide ronden. De gemiddelde water-voerhouding was voor alle afdelingen in de eerste ronde 1,9 en in de tweede ronde 2,1.

Tabel 1. De hoeveelheid opgenomen voer per dier per ronde (kg), de energiewaarde per kg voer (EW), en het ruw eiwitgehalte (re in g/kg).

		Hoeveelheid	EW	re
RONDE 1:	startvoer	40,8	1,09	177
	tussenvoer	76,9	1,09	156
	eindvoer	85,3	1,09	150
RONDE 2:	startvoer	44,9	1,09	177
	tussenvoer	79,0	1,09	156
	eindvoer	95,2	1,09	150

De dieren werden tijdens het voeren (ongeveer 9:00 uur) en aan het einde van de middag (ongeveer 18:00 uur) gecontroleerd. De dieren kregen indien nodig individueel medicijnen toegediend. In de eerste ronde werd van 11 tot en met 14 februari oxytetracycline aan het voer van de dieren van afdeling 1 toegevoegd. Tijdens het voeren en het controleren werden de afdelingen verlicht met TL-lampen. Verder waren alle afdelingen voorzien van een raam. Tussen beide meetronden werden de afdelingen schoongemaakt.

In Tabel 2 worden de technische resultaten van de drie afdelingen gedurende beide ronden en het landelijk gemiddelde vermeld.

Tabel 2. Technische resultaten per afdeling per dier en het landelijk gemiddelde (Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1996-1997).

		Afd. 1	Afd. 2	Afd. 3	Landelijk
RONDE 1	aantal ligdagen	106	104	102	121
	gemiddeld opleggewicht (kg)	26	26	27	25
	gemiddeld aflevergewicht (kg)	109	102	100	113
	groei (g/dag)	785	734	719	725
	voeropname (kg/dag)	2,06	1,89	1,90	2,03
	Voederconversie	2,63	2,58	2,64	2,79
	EW-conversie	2,87	2,81	2,88	-
	uitval (%)	1,4	0	2,8	2,6
RONDE 2	aantal ligdagen	112	111	116	121
	gemiddeld opleggewicht (kg)	26	24	24	25
	gemiddeld aflevergewicht (kg)	112	106	106	113
	groei (g/dag)	764	738	703	725
	voeropname (kg/dag)	2,03	1,91	1,88	2,03
	voederconversie	2,66	2,58	2,67	2,79
	EW-conversie	2,90	2,81	2,91	-
	uitval (%)	1,4	0	0	2,6

Uit de tabel blijkt dat de dieren een lager aantal ligdagen en een lagere voederconversie hadden dan het landelijk gemiddelde. Waarschijnlijk werd dit veroorzaakt door het lagere ideale aflevergewicht van dit ras. De technische resultaten van de tweede ronde werden beïnvloed door de maatregelen die getroffen werden in verband met de uitbraak van klassieke varkenspest in de regio. Hierdoor konden de dieren niet op het gewenste moment worden afgevoerd, zodat het aantal ligdagen hoger was ten opzichte van de eerste ronde. In beide ronden vertoonden de dieren van afdeling 1 een hogere groei en voeropname. Door een vervoersverbod in verband met de varkenspest waren er gedurende de tweede helft van de tweede ronde meer varkens op het bedrijf aanwezig dan onder normale omstandigheden.

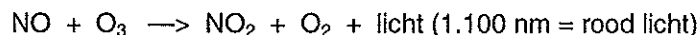
2.2 Metingen

Gedurende de meetperiode zijn de volgende variabelen continu gemeten:

- NH_3 -concentratie van de in- en uitgaande lucht per afdeling (ppm);
- ventilatiedebiet per afdeling (m^3/uur);
- relatieve luchtvochtigheid (RV) in iedere afdeling, van de ingaande- en buitenlucht (%);
- temperatuur (T) in iedere afdeling, van de ingaande- en buitenlucht ($^{\circ}\text{C}$);

Tevens werd vanaf 13 februari 1997 eenmaal per week het mestniveau van de mest in de mestkelder onder de driekantroostervloer gemeten. Tegelijkertijd werd het uiterlijk van de toplaag van de mest in de kelder bekeken en vastgelegd.

De NH_3 -concentratie werd continu gemeten met behulp van een NO_x -monitor (Monitor Labs nitrogen oxydes analyzer model 8840). 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 door een convertor worden omgezet tot NO . In de convertor passeert de luchtstroom een stoffilter waarna deze verhit wordt tot circa 775°C . Bij deze temperatuur wordt NH_3 aan een roestvrijstalen katalysator 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 metingen kunnen worden verstoord. Bij alle afdelingen was de afstand tussen convertor en monsternamepunt ongeveer gelijk. De stallucht werd continu aangezogen via teflonslangen. Om condensvorming in de slangen te voorkomen waren alle slangen met een verwarmingslint en isolatie omwikkeld. Het monsternamepunt bevond zich in iedere afdeling in de ventilatiekoker tussen de meet- en stalventilator. De NH_3 -concentratie van de ingaande lucht werd boven het plafond van afdeling 2 gemeten. Het in de convertors gevormde stabiele NO werd door teflonslangen naar de monitor geleid en gemeten. De maximaal meetbare NH_3 -concentratie was 50 ppm. De gemeten NH_3 -concentratie werd met een factor van 0,71 (bij 20°C en 1 atm.) omgerekend naar mg NH_3 per m^3 lucht (Weast *et al.*, 1986).

Om het ventilatiedebiet te meten werd onder de ventilator een meetventilator in de koker geplaatst. Per omwenteling van de meetventilator werden vier pulsen afgegeven en het aantal pulsen werd per 10 seconden geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen en het debiet werd bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans *et al.*, 1991; Scholtens en van 't Klooster, 1993). De relatie tussen het ventilatiedebiet, V (m^3/uur) en het geregistreerde aantal pulsen per 10 seconden was:

$$\begin{aligned} V &= 8,9 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 1 && (\text{afdeling 1}) \\ V &= 8,9 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 22 && (\text{afdeling 2}) \\ V &= 9,2 * (\text{aantal pulsen}/10 \text{ sec}) + 22 && (\text{afdeling 3}) \end{aligned}$$

De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid werden continu gemeten met temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic Hygromet[®]). De sensoren hingen in de afdelingen vlak naast de ventilatiekokers op ongeveer 1,3 m hoogte. De sensor van de ingaande lucht was in de ruimte boven afdeling 2 geplaatst ongeveer in het midden van de afdeling. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht werden aan de noordkant van de stal gemeten.

De meetapparatuur werd bestuurd door een programmeerbare datalogger. Alle verzamelde gegevens werden hierin opgeslagen. Eenmaal per 3,5 minuut werden alle variabelen gemeten. Na een uur werden de waarden gemiddeld en weggeschreven. Iedere week werd de apparatuur gecontroleerd, de monitor gekalibreerd en zonodig de filters van de convertors vervangen. Tevens werd de algemene situatie in de stal vastgelegd. De convertors werden voor en na iedere meetperiode geijkt. Voor aanvang van de eerste meetperiode werd gemiddeld 92% van de aangeboden NH_3 als NO gemeten; na de eerste meetperiode was dat 93%. Voor de tweede meetperiode was dit respectievelijk 93% en 92%. Hiervoor werd gecorrigeerd. De wekelijkse kalibratie van de monitor werd uitgevoerd met 39,5 ppm NO -gas. De absolute afwijking tijdens de kalibratie was gemiddeld in de eerste meetperiode 4,3% en tijdens de tweede meetperiode 2,7%. Ook hiervoor werd gecorrigeerd.

De ammoniakemissie is het product van de NH_3 -concentratie van de uitgaande lucht en het ventilatiedebiet. De NH_3 -emissies van de uitgaande lucht werden gecorrigeerd voor de NH_3 -concentratie van de ingaande lucht (= achtergrondconcentratie). De totale ammoniakemissies van de meetperiodes werden berekend door cumulatie van de uurgemiddelden. Door technische storingen of kalibraties waren er dagen waarop uurwaarnemingen ontbraken. Indien een dag minder dan 20 uurwaarnemingen had, werd deze gehele dag als missend beschouwd. De ontbrekende meetgegevens werden, ten

behoefte van de cumulatie en het berekenen van de gemiddelden, geïnterpoleerd. De meetperiode werd in principe gestart op de eerste dag na opleg waarop de dieren 24 uur aanwezig waren. De dag voordat 50% van de dieren werd afgeleverd was de laatste dag van de meetperiode. In Tabel 3 worden de data en het totaal aantal dagen van de ronden en de meetperiodes vermeld voor alle afdelingen.

Tabel 3. De datum van opleg en afleveren en het aantal ligdagen van de ronde en de start- en einddatum en de lengte van de meetperiodes per afdeling.

		Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3
Ronde 1	opleg	29-nov-96	19-dec-96	27-dec-97
	afleveren	14-mrt-97	01-apr-97	07-apr-97
	ligdagen	106	104	102
Meetperiode 1	start meting	20-dec-96	20-dec-96	28-dec-97
	einde meting	13-03-97	31-mrt-97	06-apr-97
	meetdagen	84	102	100
Ronde 2	opleg	18-mrt-97	01-apr-97	08-apr-97
	afleveren	07-jul-97	23-jul-97	01-aug-97
	ligdagen	112	111	116
Meetperiode 2	start meting	19-mrt-97	02-apr-97	09-apr-97
	einde meting	06-jul-97	15-jul-97	15-jul-97
	meetdagen	110	105	98

In de eerste meetperiode waren de dieren uit afdeling 1 18 dagen ouder dan de dieren van afdeling 2 en 28 dagen ouder dan de dieren van afdeling 3. In de tweede meetperiode was dit leeftijdsverschil respectievelijk 15 en 20 dagen. In de eerste meetperiode werden de eerste 20 dagen van afdeling 1 niet gemeten. De emissie van deze dagen werd geëxtrapoleerd door als beginwaarde de gemiddelde emissie aan het begin van de meetperiode uit afdeling 2 en 3 te veronderstellen. In de tweede meetperiode werden de metingen in afdeling 2 en 3 voortijdig gestopt in verband met de heersende varkenspest in de regio. Voor deze missende waarnemingen is geen extrapolatie toegepast, aangezien het eindniveau moeilijk was in te schatten.

In Tabel 4 zijn de gemiddelde temperaturen en de ventilatiedebieten per gemiddeld aanwezig dier tijdens beide meetperiodes weergegeven.

Tabel 4. Gemiddelde temperatuur (°C) van de in- en uitgaande lucht en buiten en het gemiddelde ventilatiedebiet (m³/uur per gemiddeld aanwezig dier).

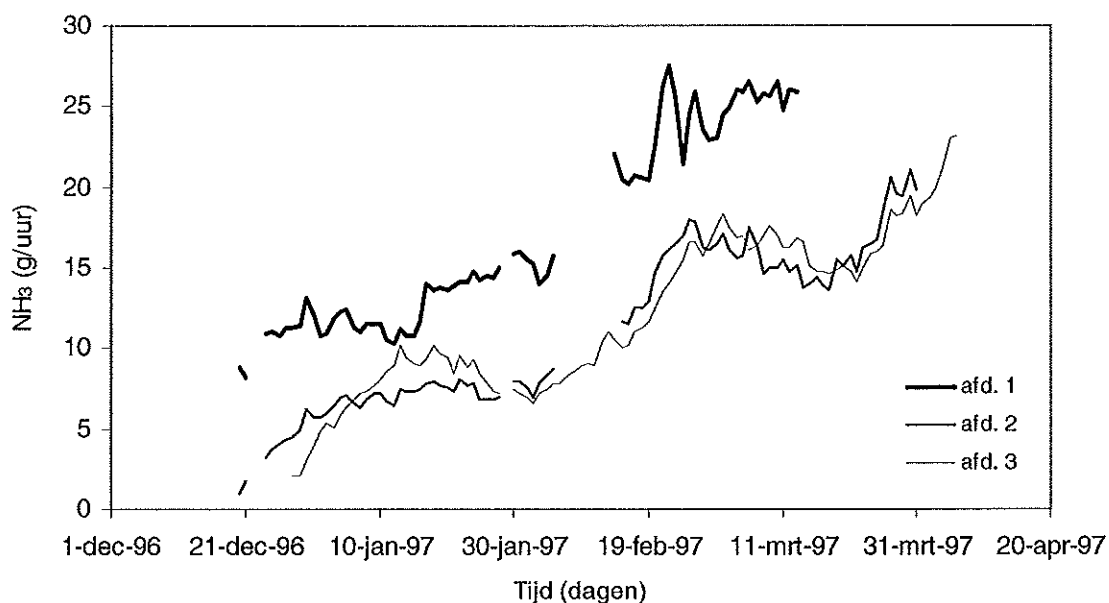
		Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3
Meetperiode 1	temperatuur afdeling	22,2	21,7	21,6
	temperatuur ingaande lucht	3,6	4,5	5,1
	buitentemperatuur	1,7	2,6	3,4
	ventilatiedebiet	18,6	19,4	20,0
Meetperiode 2	temperatuur afdeling	23,9	23,6	24,0
	temperatuur ingaande lucht	12,2	13,7	14,2
	buitentemperatuur	12,0	13,7	14,2
	ventilatiedebiet	28,5	32,3	31,3

De eerste meetperiode vond plaats in de winter en de tweede meetperiode kon aangemerkt worden als een zomerperiode. Tijdens de tweede meetperiode waren de temperaturen in de afdelingen ook hoger dan in de eerste meetperiode. Aangezien dit waarschijnlijk mede werd veroorzaakt door de ventilatieregeling zal de regeling nader worden toegelicht. In de winter werd het ventilatiedebiet nooit hoger dan 50% van het maximum en in de zomer was dit maximaal 60%. De bandbreedte van de staltemperatuur werd in afhankelijkheid van de buitentemperatuur ingesteld om grote variaties in het ventilatiedebiet te voorkomen. Tevens was de ventilatieregeling gebaseerd op het handhaven van een minimale gewenste temperatuur, te weten 20 °C. De ventilatieregeling was zodanig ingesteld dat de luchtbeweging langs de dieren langzaam was. Door deze instellingen zal de staltemperatuur vanaf de minimale gewenste temperatuur meelopen met de buitentemperatuur. Een ander gevolg van de gekozen ventilatieregeling was dat het gemiddelde ventilatiedebiet per dier in de zomerperiode laag was (36% van het maximum).

Tijdens beide meetperioden was de buitentemperatuur voor de dieren van afdeling 1 gemiddeld lager. Dit werd veroorzaakt doordat de dieren van deze afdeling eerder werden opgelegd en dus langer in de koude perioden vertoefden.

3 Resultaten en discussie

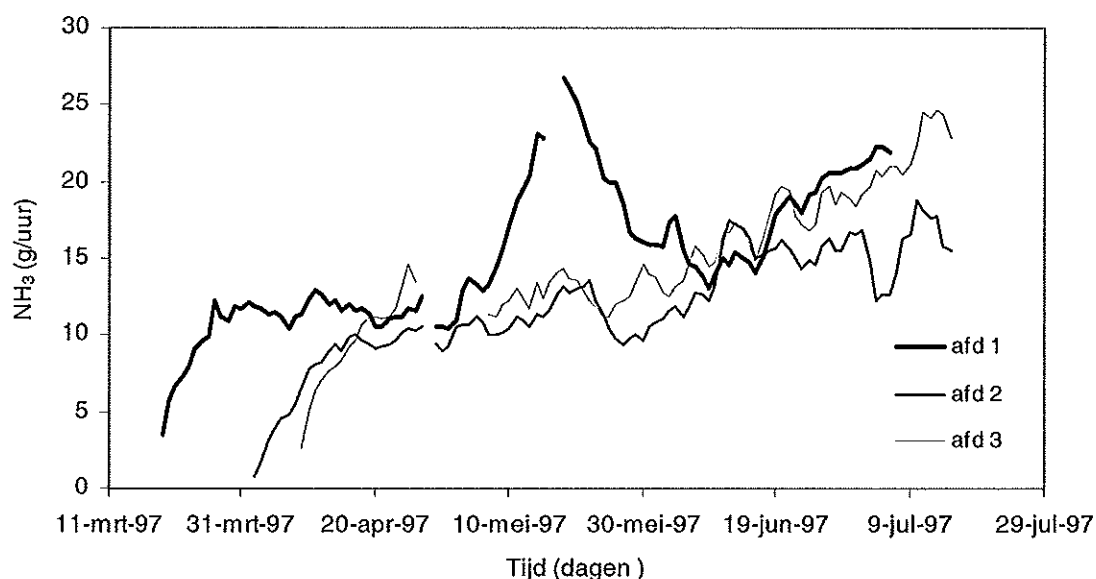
In Bijlage B en C worden respectievelijk de uurgemiddelden van de ventilatiedebieten, de achtergrondconcentratie en de NH_3 -concentraties van de drie afdelingen tijdens de eerste meetperiode weergegeven. Figuur 1 geeft het verloop van de dagelijkse ammoniakemissie van afdeling 1, 2 en 3 tijdens meetperiode 1 weer.



Figuur 1. Gemiddelde ammoniakemissie per dag van afdeling 1, 2 en 3 gedurende de eerste meetperiode.

Toen de eerste meetperiode begon waren de dieren van afdeling 1 al 20 dagen aanwezig, waardoor de waarnemingen van deze dagen missen. De overige missende waarnemingen in Figuur 1 waren het gevolg van technische storingen aan de meetapparatuur. In Figuur 1 is te zien dat de ammoniakemissies uit alle afdelingen een stijgend verloop hadden. Ook de buitentemperatuur (Bijlage D) en de ventilatiedebieten (Bijlage B) vertoonden tijdens de eerste meetperiode een stijgend verloop. De ammoniakemissies uit afdeling 2 en 3 waren gedurende de gehele meetperiode van een vergelijkbaar niveau en patroon. Daarentegen was het niveau van de emissie uit afdeling 1 gedurende de gehele meetperiode hoger. Indien werd gecorrigeerd voor de leeftijd van de varkens bleef de emissie uit afdeling 1 vanaf half januari een hoger niveau houden dan de andere afdelingen. Uit Bijlage B en D blijkt dat bij de ventilatiedebieten en de afdelingstemperaturen nauwelijks verschillen tussen de afdelingen optraden. Hiermee kon het verschil in emissie dus niet worden verklaard.

In Bijlage E en F worden respectievelijk de uurgemiddelden van de ventilatiedebieten, de achtergrondconcentratie en de NH_3 -concentraties van de drie afdelingen tijdens de tweede meetperiode weergegeven. Figuur 2 geeft het verloop van de dagelijkse ammoniakemissie van afdeling 1, 2 en 3 tijdens meetperiode 2 weer.



Figuur 2. Gemiddelde ammoniakemissie per dag van afdeling 1, 2 en 3 gedurende de tweede meetperiode.

Ook tijdens de tweede meetperiode vertoonden alle ammoniakemissies een stijgend verloop. In Figuur 2 is te zien dat de ammoniakemissies van de drie afdelingen met uitzondering van de maand mei van een vergelijkbaar niveau waren. In de maand mei was de ammoniakemissie van afdeling 1 hoger dan afdeling 2 en 3. Indien werd gecorrigeerd voor de leeftijd van de varkens bleef de ammoniakemissie uit afdeling 1 in de bovengenoemde periode een hoger niveau houden dan de andere afdelingen. Uit Bijlage E en G blijkt dat de ventilatiedebieten en de afdelingstemperaturen van een vergelijkbaar niveau waren. Ook in de tweede meetperiode konden de verschillen in emissie tussen de afdelingen dus niet verklaard worden met deze variabelen.

In Tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de ammoniakemissie uit de drie afdelingen tijdens beide meetperioden.

Tabel 5. Ammoniakemissie voor afdeling 1,2 en 3 per dierplaats per dag en per dierplaats per jaar voor beide meetperioden

		Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3
Meetperiode 1	lengte meetperiode (dagen)	103*	102	100
	totale NH ₃ -emissie (kg)	36,3*	26,6	28,8
	NH ₃ -emissie (g/dag)	353*	261	289
	NH ₃ -emissie per dierplaats (kg/jaar), met 10% leegstand	1,6*	1,2	1,3
Meetperiode 2	Lengte meetperiode (dagen)	110	105	98**
	totale NH ₃ -emissie (kg)	40,3	29,8	34,4**
	NH ₃ -emissie (g/dag)	366	284	351**
	NH ₃ -emissie per dierplaats (kg/jaar), met 10% leegstand	1,7	1,3	1,6**

*De metingen zijn 20 dagen na opleg van de dieren gestart, deze missende waarnemingen zijn via extrapolatie verkregen.

**De metingen zijn vroegtijdig afgebroken in verband met varkenspest in de regio.

In Tabel 5 is te zien dat gedurende meetperiode 1 (winterperiode) de ammoniakemissie uit afdeling 1, 2 en 3 respectievelijk gelijk was aan 1,6, 1,2 en 1,3 kg NH₃ per dierplaats per jaar. In de tweede meetperiode was dit respectievelijk 1,7, 1,3 en 1,6 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Gemiddeld werd de ammoniakemissie met 45% (winterperiode) en met 39% (zomerperiode) gereduceerd ten opzichte van de emissiefactor van een traditionele hokinrichting met gedeeltelijk roostervloer en daaronder een mestkelder. In het onderhavige onderzoek werd, uitgaande van een reductie van 50% van het emitterend oppervlak, de ammoniakemissie niet met een evenredig percentage verlaagd. In de

afdelingen kon het emitterend oppervlak echter vergroot zijn doordat niet alle mest en urine in het achterste gedeelte van het hok terecht kwam. Daarnaast konden de kelderwanden bij het leeghalen van de mestkelder het emitterend oppervlak ook tijdelijk vergroten (Groenestein en Montsma, 1991).

Ondanks de identieke hokinrichting traden in beide meetperioden verschillen op tussen de ammoniakemissies uit de drie afdelingen. Het kan zijn dat deze verschillen deels veroorzaakt werden doordat de leeftijd van de dieren verschilde bij gelijke weersomstandigheden. Een andere mogelijke oorzaak zou de verharde toplaag van de mest in de kelder kunnen zijn. De indicatieve waarnemingen gaven aan dat in het algemeen de toplaag van de mest in de kelder dikker was, hetgeen varieerde van een dun vlies tot een verdroogde harde korst. Tevens werden op gelijke tijdstippen verschillen tussen de toplagen in de kelders van de drie afdelingen waargenomen. Uit de indicatieve metingen was echter geen eenduidige relatie af te leiden tussen de verharde toplaag en het verloop van de ammoniakemissie. Hierdoor bleef het effect van de toplaag van de mest op de emissie onduidelijk. De indicatieve metingen van het mestniveau gaven aan dat de kelders van alle afdelingen ongeveer op dag 50 en 80 werden leeggehaald.

Vanaf 16 januari 1997 tot aan het einde van de eerste meetperiode en in de maand mei van de tweede meetperiode was de ammoniakemissie uit afdeling 1 verhoogd. Deze verhoogde emissies begonnen beide perioden na het leeghalen van de mestkelder bij een temperatuur van de ingaande lucht rond 0 °C (omstreeks 16 januari 1997 en 6 mei 1997). Het leeghalen van de kelder bij afdeling 2 en 3 en de overige aantal keren bij afdeling 1 gingen niet gepaard met koude ingaande lucht. Monteny en Lamaker (1997) lieten zien dat een ingaande lucht die kouder is dan de lucht in de kelder de luchtbeweging kan veranderen. Onder deze omstandigheden is de ingaande lucht zwaarder dan de lucht in de kelder en zal deze een luchtstroming door de kelder veroorzaken. Hierdoor kan de ammoniakemissie uit de kelder toenemen. De beschreven luchtstroming neemt toe bij een afnemende temperatuur van de ingaande lucht. Wanneer in het onderhavige onderzoek de periode na het leeghalen van de kelder gepaard ging met relatief koude ingaande lucht, dan zou de achtergebleven mestlaag op de kelderwanden en -vloer hierdoor meer ammoniak kunnen emitteren. De extra ammoniakemissie van afdeling 1 gedurende deze perioden kwam ongeveer overeen met de berekende potentiële uitstoot van ammoniak door de achtergebleven mestlaag op kelderwanden en -vloer (Mulder en Huijsmans, 1994). De verhoogde ammoniakemissie uit afdeling 1, tijdens de bovengenoemde perioden, kon dus mogelijk veroorzaakt zijn door de relatief koude ingaande lucht na het leeghalen van de kelder.

Door de maatregelen die waren genomen in verband met de varkenspest is geen onderzoek naar de mogelijke invloedsfactoren worden uitgevoerd. Daarom zijn geen waarnemingen over luchtbewegingen in de afdeling beschikbaar. Tevens kon geen nader onderzoek worden verricht naar de waargenomen toplaag op de mest en de invloed van deze laag op de ammoniakemissie.

4 Conclusie

Afdeling 1 emitteerde op jaarbasis de eerste meetperiode 1,6 kg NH_3 per dierplaats en de tweede meetperiode 1,7 kg NH_3 per dierplaats, rekening houdend met 10% leegstand.

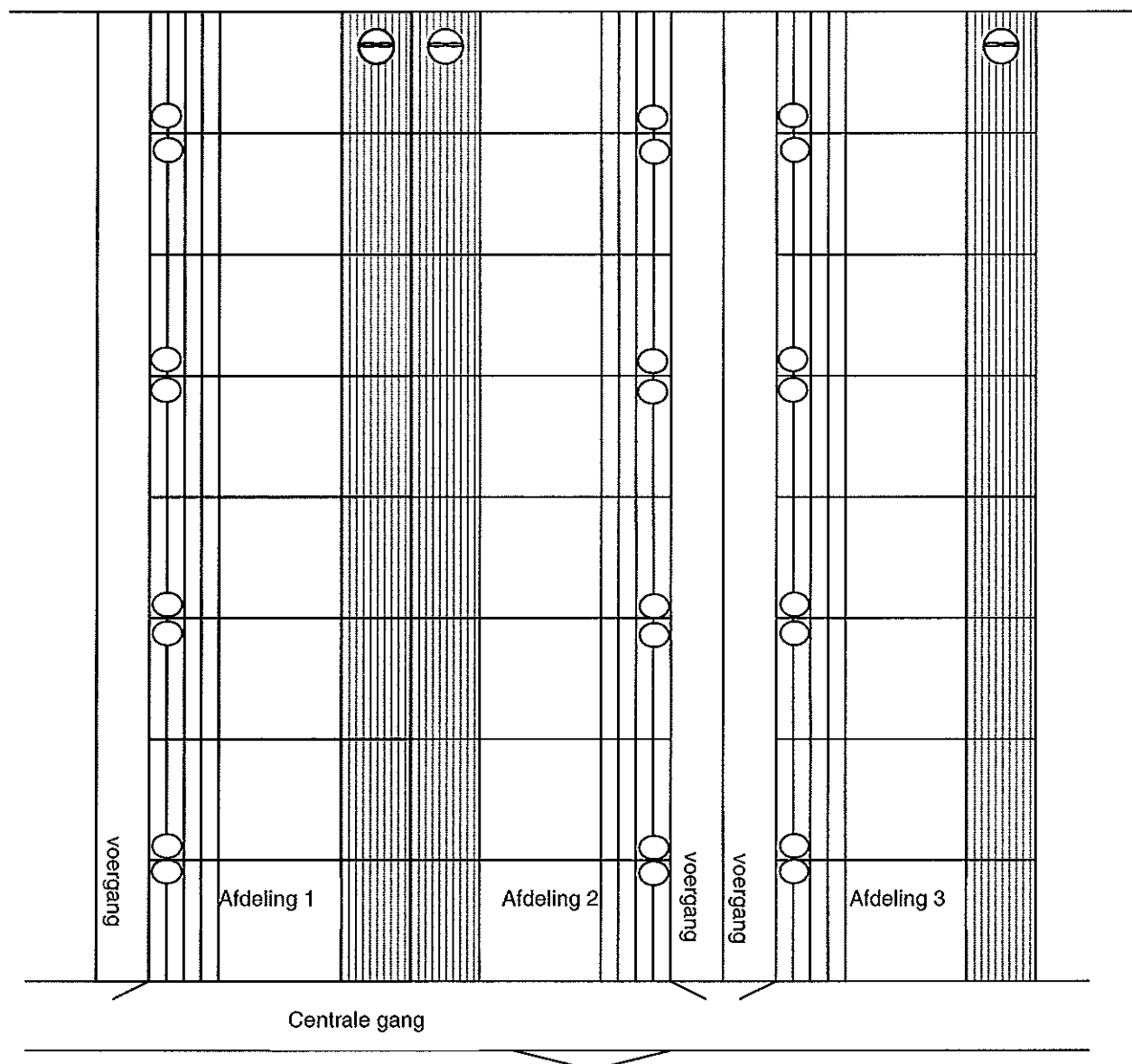
Afdeling 2 emitteerde op jaarbasis de eerste meetperiode 1,2 kg NH_3 per dierplaats en de tweede meetperiode 1,3 kg NH_3 per dierplaats, rekening houdend met 10% leegstand.

Afdeling 3 emitteerde op jaarbasis de eerste meetperiode 1,3 kg NH_3 per dierplaats en de tweede meetperiode 1,6 kg NH_3 per dierplaats, rekening houdend met 10% leegstand.

De afdelingen hadden een identieke hokinrichting en alleen de leeftijd van de dieren was per afdeling verschillend. Door de maatregelen die waren genomen in verband met de varkenspest kon nauwelijks onderzoek naar de mogelijke invloedsfactoren op de ammoniakemissie (onder andere toplaag op de mest, luchtbeweging in de afdeling) worden uitgevoerd.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., M.J.M. Wagemans en A. Keen, 1993. Factors affecting ammonia emission from housing for weaned piglets. In: M.W.A. Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen en J.H.M. Metz (Eds.): Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. EAAP Publication No. 69, Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, The Netherlands, p. 286-294.
- Aarnink, A.J.A., 1997. Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. IMAG-DLO Rapport 97-03, Wageningen, 175 pp., PhD-thesis.
- Berckmans, D., Ph. Vandenbroeck en V. Goedseels, 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3: 323-336.
- Buré, R.G., 1986. Die Auswirkung der Buchtenstruktur auf das Liege- und Ausscheidungsverhalten von Schweinen. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemässen Tierhaltung 1986, KTBL-Schrift 319, Darmstadt-Kranichstein, p. 83-91.
- 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.
- Hafez, E.S.E. en J.P. Signoret, 1969. The behaviour of swine. In: The behavior of domestic animals, ed. E.S.E. Hafez, Bailliere, Tindall and Cassell, London, p. 349-390.
- Heij, G.J. en T. Schneider, 1991. Dutch priority programme on acidification. Final report second phase Dutch priority programme on acidification no. 200-09.
- Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1996-1997. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, KWIV-V augustus 1996, Lelystad, Drukkerij Cabri b.v., 368 pp.
- Marx, D. and M. Buchholz, 1989. Verbesserungsmöglichkeiten der Haltung junger Schweine im Sinne der Tiergerechtigkeit anhand der Untersuchungen von Einflussfaktoren auf das Verhalten. *Tierhaltung*, Band 19, p. 55-67. Birkhauser Verlag.
- Monteny, G.J. en E.J.J. Lamaker, 1997. Factors influencing air velocity in and ammonia volatilization from a slurry pit in cubicle dairy cow houses. In: Proceedings of the International Symposium "Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities" in October 6-10-1997, Vinkeloord, p. 57-68.
- Mulder, E.M. en J.F.M. Huijsmans, 1994. Beperking ammoniakemissie bij mesttoediening. Overzicht metingen DLO-veldmeetploeg 1990-1993. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 18, DLO, Wageningen, p. 20.
- Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase, 1993. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 19882, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage, 55 pp.
- Scholtens, R., 1993. NH₃-converter + NO_x-analyzer. In: E.N.J. Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 19-22.
- Scholtens, R. en C.E. van 't Klooster, 1993. Meetventilator. In: E.N.J. Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.
- Waest, R.C., M.J. Astle and W.H. Beyer, 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th Edition. Florida, CRC Press Inc.
- Watson, T.S., 1985. Development of eliminative behaviour in piglets. In: *Applied animal behaviour science*, 14, p. 365-377.
- Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij, 1996. Interimwet Ammoniak en Veehouderij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant 177, Den Haag.



Betonroostervloer, onderkelderd
(1,10 m)



metalen driekantroostervloer, onderkelderd
(1,05 m inclusief 0,10 m mestspleet)



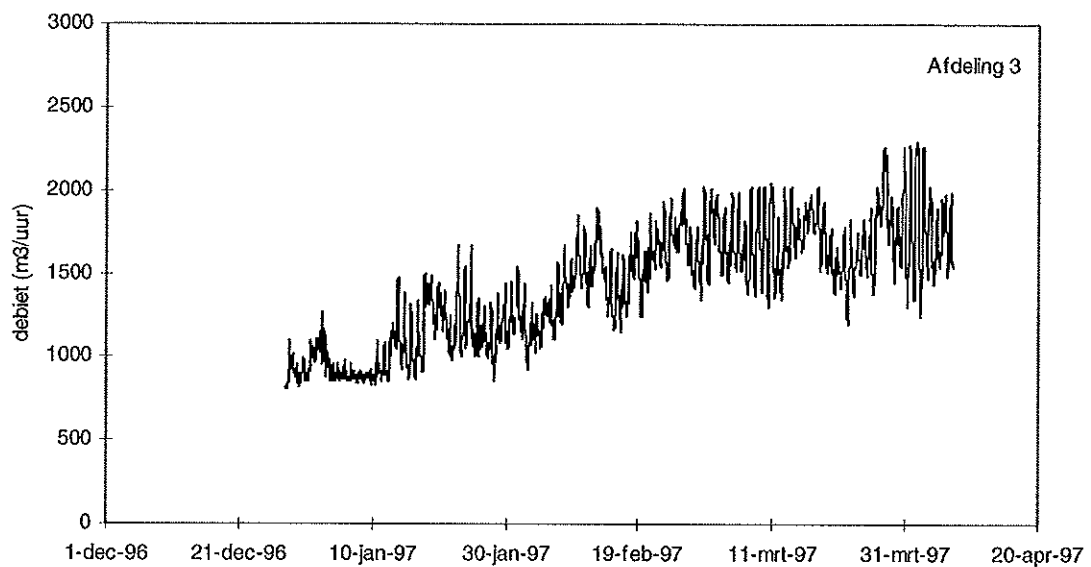
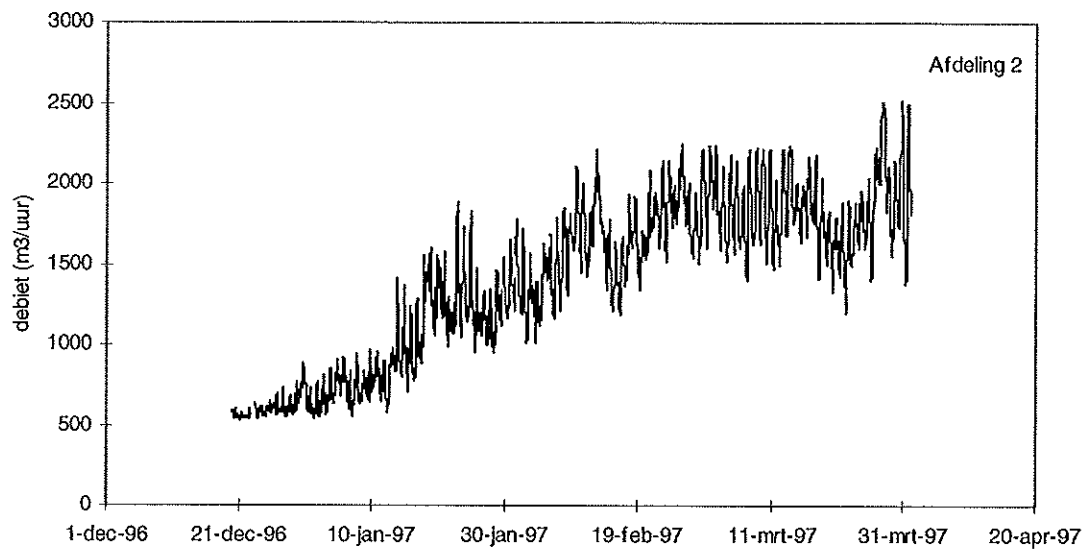
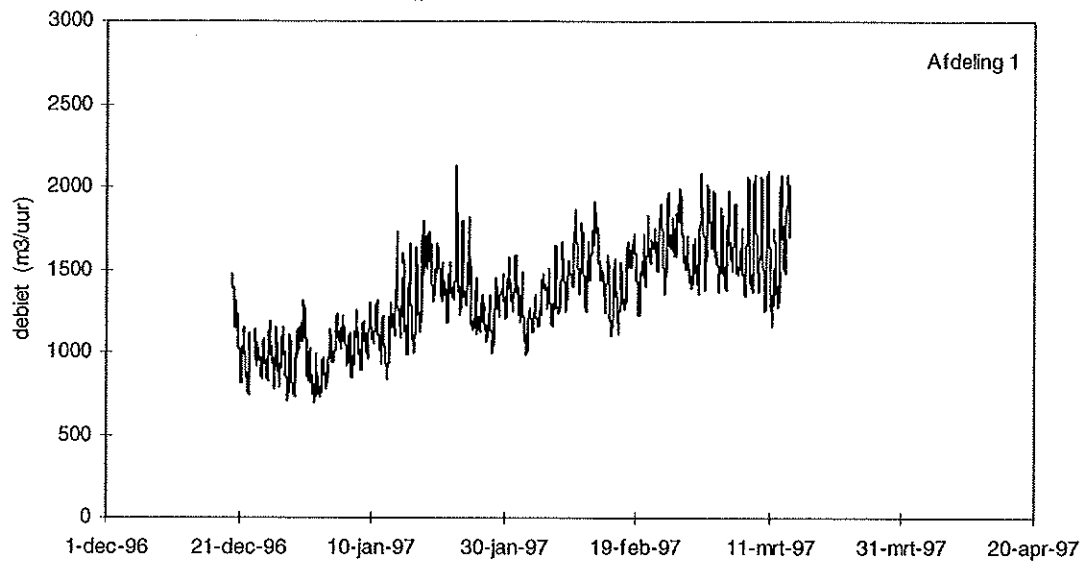
bolle dichte vloer, niet onderkelderd
(1,50 m)

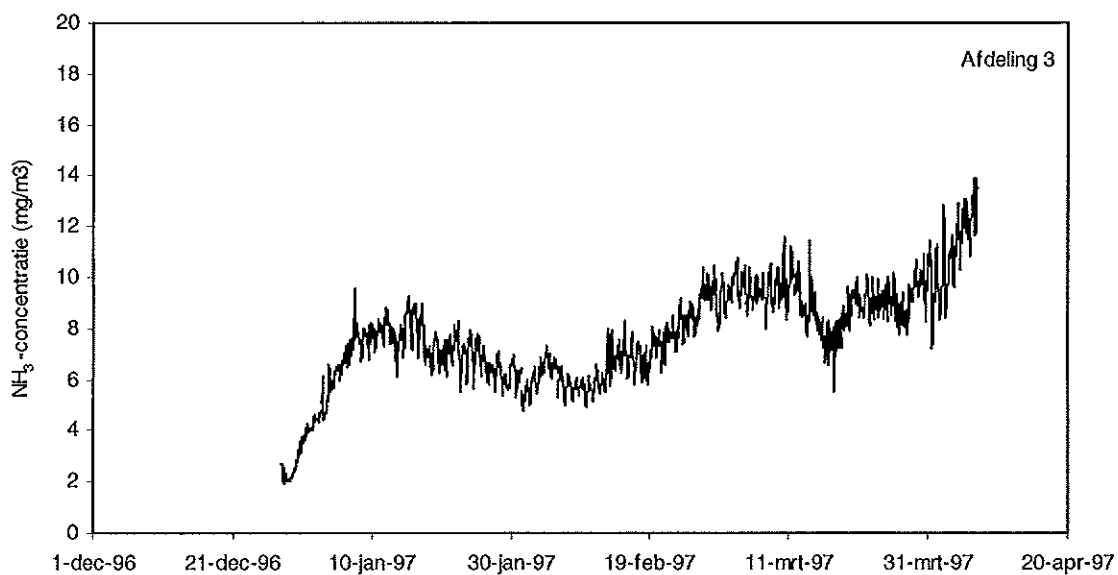
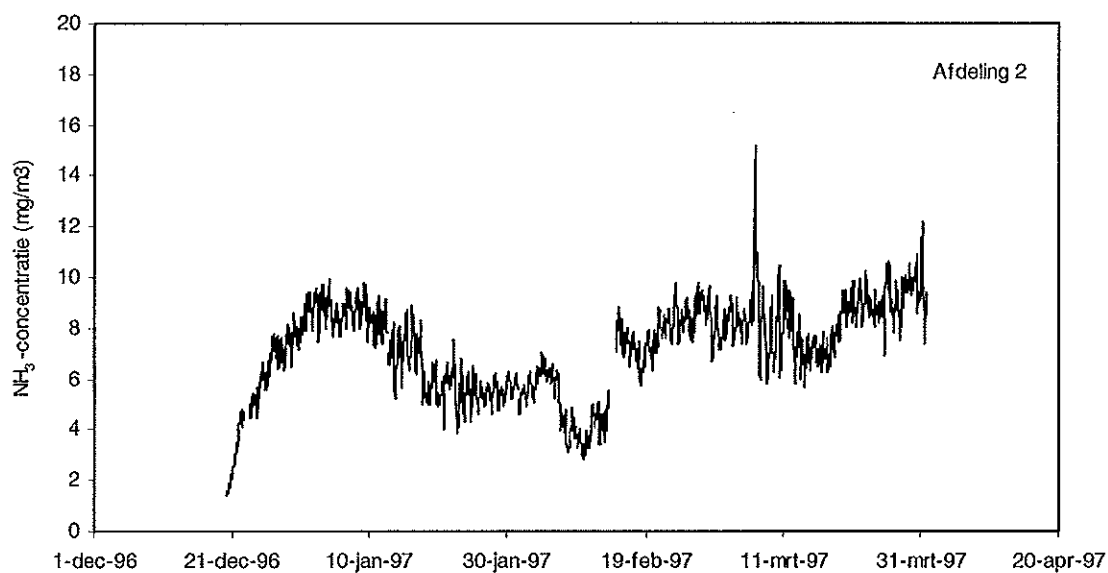
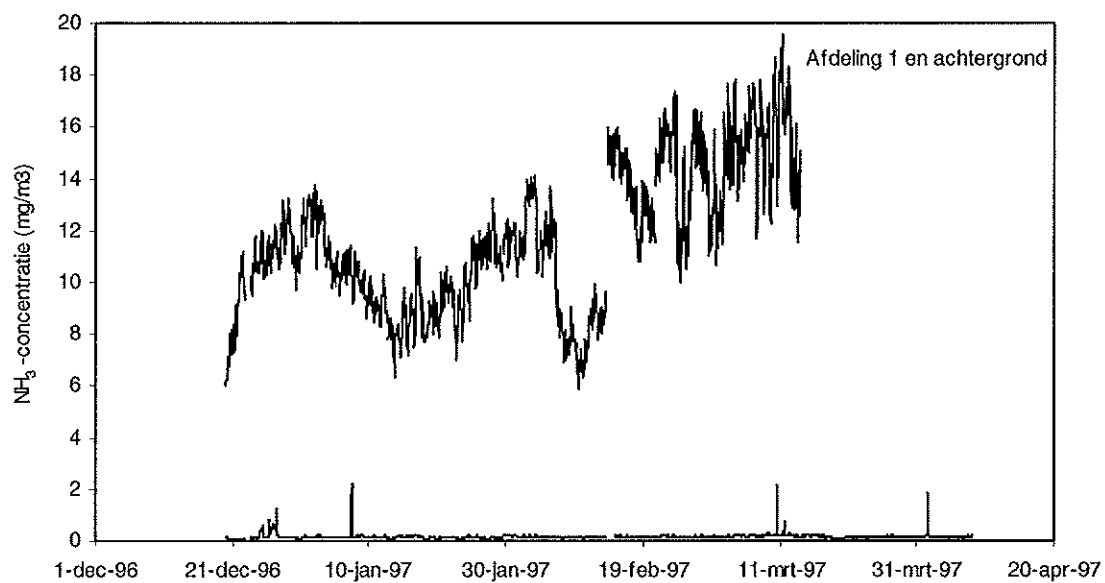


brijbak



ventilator





Bijlage D Relatieve luchtvochtigheid (---) en temperatuur (—) van afdeling 1, afdeling 2, afdeling 3 en buitenlucht tijdens de eerste meetperiode.

