

Geuremissies uit de veehouderij II

Overzichtsrapportage 2000 - 2002

G. Mol
N.W.M. Ogink

IMAG Rapport 2002-09
December 2002
€ 16,00

CIP-GEGEVENS KONINKLIJK BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

G. Mol en N.W.M. Ogink: IMAG

(Rapport 2002-09/Wageningen UR, Instituut voor Milieu- en Agritechniek; 2002)

ISBN 90-5406-214-2

NUGI 849/NUR 950

Trefw.: geuremissie, veehouderij, olfactometrie, stalsystemen, stankhinder

© 2002 IMAG, Postbus 43 - 6700 AA Wageningen

Telefoon 0317-476300

Telefax 0317-425670

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

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

Abstract

Mol, G. and N.W.M. Ogink. Odour emission from animal husbandry II. General report 2000 - 2002. Institute of Agricultural and Environmental Engineering, report 2002-09, in Dutch with summary in English.

In densely populated countries like the Netherlands, nuisance caused by odour emissions from agricultural activities is increasing. A possible remedy for this problem is the use of low emission housing systems. Until now, however, no solid data were available to verify the effectiveness of such systems. With the development in the mid 1990s of an adequate olfactometric technique to quantify odour concentrations reproducibly, the different parties involved in odour regulation decided it a necessary step to measure the odour emissions of the different housing systems for the various animal categories. In this report, the results of the second research programme to provide a quantitative basis for the odour regulatory system in the Netherlands are presented. Most of the sampled farms were regular livestock operations, some were animal compartments at research stations. In all cases, production took place under standard farm management.

Odour emissions from livestock operations proved to be highly variable both within individual farms (in time) and between farms. Even when corrected for the significant effect of ventilation rate, it was difficult to make significant distinctions between the various systems. Two major conclusions are: 1) ammonia reducing housing systems do not necessarily reduce odour emission, and 2) ammonia emission reducing housing systems are not consistent among different pig categories in their odour emission characteristics. Additional research based on paired observations with identical farm management demonstrated small significant differences between conventional and low ammonia emission housing systems for fattening pigs.

Voorwoord

Bij de uitvoering van het beleid met betrekking tot geurhinder uit de veehouderij wordt sinds 1996 de Richtlijn Veehouderij en Stankhinder gebruikt. De emissiewaarden die in deze richtlijn voor zowel conventionele als emissiereducerende stalsystemen (Groen Label) zijn opgenomen zijn op basis van destijds bekende gegevens en inzichten vastgesteld. Bij de introductie van deze richtlijn is een meetprogramma aangekondigd om te komen tot een nadere onderbouwing van de gebezigde geuremissiewaarden. In dit kader heeft IMAG in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij van 2000 tot en met 2002 een meetprogramma uitgevoerd naar de geuremissies van de meest voorkomende stalsystemen in de veehouderij. Dit onderzoek is een vervolg op een eerder uitgevoerd meetprogramma van 1996 tot 1999. Het onderzoek is begeleid door een commissie met daarin vertegenwoordigers van de ministeries van VROM en LNV, het expertisecentrum van LNV, en Infomil. In totaal is gedurende deze driejarige periode de emissie van zo'n 50 stallen en nabehandelingstechnieken gemeten. In het overgrote deel van de gevallen betrof het praktijkbedrijven, in een enkel geval een proefbedrijf. In dit rapport wordt, ter verdere onderbouwing van het geuremissiebeleid, de kern van de resultaten van deze metingen beschreven.

Dr ir. C.E. van 't Klooster
directeur IMAG bv

Begrippenlijst

Biotrickling/wasser: In een biotricklingfilter of biowasser is sprake van een anorganisch dragermateriaal met een relatief laag specifiek oppervlak. Er wordt periodiek of continu water over het materiaal versproeid en overtollige water wordt gespuid. In een biowasser of biotrickling luchtfilter wordt ammoniak door bacteriën omgezet tot nitriet en nitraat en deze omzettingproducten worden afgevoerd met het spuiwater zodat geen ophoping in het systeem optreedt.

Geurconcentratie: (OU_E/m^3): De geurconcentratie in een luchtmonster is het aantal geureenheden (OU_E) per volume-eenheid lucht (m^3).

Geuremissie: (OU_E/s): het aantal OU_E dat per tijdseenheid s door een geurbron wordt uitgestoten. De geuremissie wordt bepaald aan de hand van het product van het volume van de uitgestoten lucht per tijdseenheid (m^3/s) en de daarin voorkomende geurconcentratie (OU_E/m^3).

Ln-transformatie: een omrekening van de oorspronkelijke waarden naar hun natuurlijke logaritme met als doel om daarmee te voldoen aan de eis van normaal verdeelde data die voor veel statistische technieken geldt (verdelingen die niet normaal zijn maar scheef door een aantal wat hogere waarden worden hierdoor min of meer normaal en kunnen dan statistisch worden getoetst)

Lognormale verdeling: een verdeling behorend bij een populatie uitsluitend positieve getallen die op log-getransformeerde schaal als een normale verdeling kan worden opgevat. *Toelichting: reeksen van geuremissiewaarden gemeten aan een meetobject gedragen zich over het algemeen als zijnde afkomstig uit een lognormale verdeling. Op originele niet-getransformeerde schaal is de verdeling scheef en is het rekenkundige gemiddelde groter dan de mediaan.*

Mediaan: de middelste waarde in een naar grootte gerangschikte reeks van getallen. In een frequentieverdeling van een populatie getallen is de mediaan het getal waarvoor geldt dat de helft van de populatie een grotere waarde heeft dan dit getal en de helft een kleinere. In normale verdelingen vallen gemiddelde en mediaan samen.

Meetkundig of geometrisch gemiddelde: de antilog van het gemiddelde van een reeks log-getransformeerde getallen. Het geometrisch gemiddelde van een via een steekproef verkregen reeks getallen uit een log-normale verdeling, is een schatter voor de mediaan van die verdeling.

Nageschakelde technieken: verzamelnaam voor technieken die emissiereductie realiseren door de ventilatielucht die de stal verlaat een nabehandeling te geven, bekende voorbeelden zijn chemische en biologische wassers

Normale verdeling: een frequentieverdeling behorend bij een populatie van getallen van een variabele, die symmetrisch en klokvormig is en volgens de Gaussische curve kan worden beschreven.

Toelichting: de normale verdeling kan met zijn gemiddelde en standaardafwijking volledig worden gekarakteriseerd. Gemiddelde en mediaan vallen in een normale verdeling samen.

Olfactometrie: een meetmethode voor geurconcentraties in luchtmonsters gebaseerd op het vaststellen van de respons van een geurpanel op een (geconcentreerder wordende) reeks van verdunningen van het luchtmonster

RAV-lijst: lijst van stalssystemen opgenomen in deel LA04 Regelgeving: Handreiking Ammoniak en Veehouderij

Stal/stallocatie: gebouw voor de huisvesting van vee met voorzieningen voor ventilatie, voeding en verzorging, mestopslag en eventueel verdere behandeling en mestafvoer.

Stalsysteem: een verzameling stallocaties die zijn ingericht volgens een gelijk principe. Hierbij wordt uitsluitend onderscheid gemaakt naar diercategorieën met daarbinnen systemen met principes die de omvang en samenstelling van gasvormige emissies uit stallocaties beïnvloeden zoals omschreven in de Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (VROM en LNV, 1994)

Stochastische restterm: het niet verklaarde deel van de variantie

Variantie-analyse (ANOVA): een statistische techniek waarmee kan worden onderzocht hoeveel van de totale variabiliteit in een dataset kan worden toegeschreven aan verschillende mogelijke oorzaken

(Ventilatie)debiet (m^3 /uur): de totale hoeveelheid lucht (m^3) die een ruimte via ventilatiekanalen per tijdseenheid verlaat (uur)

Inhoudsopgave

Abstract	3
Voorwoord	4
Begrippenlijst	5
1 Inleiding en doelstellingen	9
1.1 Geurhinderbeleid en geuronderzoek in de veehouderij	9
1.2 Doelstellingen	11
2 Materiaal en Methoden	13
2.1 Algemene principes geuremissieonderzoek	13
2.2 Opzet en fasering van het onderzoek	14
2.3 Overzicht van gemeten stalsystemen	15
2.4 Monstername en metingen	17
2.4.1 Geuremissiemetingen	18
2.4.2 Ammoniakemissiemetingen	19
2.4.3 Meting van het ventilatiedebiet en het stalklimaat	20
2.5 Verwerking en analyse van de data	21
2.5.1 Berekeningsmethode voor mediaan en spreiding	21
2.5.2 Statistische analyse van de datasets van diercategorien	22
2.5.3 Berekeningsmethode voor geurreductie door luchtbehandelingsinstallaties	23
3 Resultaten en Discussie	24
3.1 Fase 1	24
3.1.1 Resultaten en Analyse van de resultaten uit fase 1	25
3.1.2 Conclusies fase 1	30
3.2 Fase 2	31
3.2.1 Resultaten en Analyse van de resultaten uit fase 2	31
3.2.2 Conclusies fase 2	33
3.3 Fase 3	33
3.3.1 Resultaten en Analyse van de resultaten uit fase 3	34
3.3.2 Conclusies fase 3	35
3.4 Slotanalyse met alle varkensdata	36
3.4.1 Systeem- en debieteffecten op de geuremissie bij varkens	36
3.5 Overige resultaten	48

3.5.1	Het effect van spoelen op de geuremissie	48
3.5.2	Het effect van het voeren van natte bijproducten op de geuremissie	49
3.5.3	Biologische wassers	50
4	Slotbespreking en conclusies	52
	Referenties	55
	Samenvatting	57
	Summary	60
	Bijlage 1	63

1 Inleiding en doelstellingen

Dit rapport geeft een samenvattend overzicht van de resultaten uit het geuremissieonderzoek dat van 2000 tot en met 2002 is uitgevoerd door IMAG in opdracht van de Ministeries van VROM en LNV. Aanleiding voor dit onderzoek was de behoefte aan meetgegevens over de geuruitstoot uit stallen in de veehouderij in het kader van de herziening en actualisering van het geurhinderinstrumentarium voor de veehouderij. In de periode 1996 - 1999 werd hiertoe voor het eerst een meetprogramma uitgevoerd waarbij met een nieuw meetprotocol de geuremissie uit een aantal gangbare stalsystemen en Groen-Labelstallen werd gemeten. Over dit onderzoek is een overzichtsrapportage uitgebracht door Ogink en Lens (2001). Als vervolg op dit onderzoek is in 2000 een ruimer opgezet meetprogramma gestart om de geuremissie uit veehouderijstallen in Nederland verder in kaart te brengen.

Het voorliggende rapport geeft een overzicht van de bevindingen van het onderzoek vanaf 2000. De resultaten uit dit vervolgonderzoek zullen tezamen met de resultaten uit de eerste onderzoeksperiode 1996-1999 op een uitgebreidere wijze worden gepubliceerd in technische deelrapporten voor de drie hoofdcategorieën in de veehouderij (varkenshouderij, pluimveehouderij en rundveehouderij) na afronding van het vervolgonderzoek in 2002.

Met nadruk wordt hier vooraf gewezen op de specifieke taak van het emissieonderzoek dat bestond uit het aanleveren van geuremissiecijfers voor stalsystemen. De vertaling van deze gegevens naar omrekeningsfactoren ten behoeve van de regulering van geurhinder valt hier buiten. De in dit rapport genoemde geuremissieniveaus hebben derhalve geen beleidsmatige status.

In de inleiding wordt nader ingegaan op de aanleiding van het geuremissieonderzoek en de samenhang met de ontwikkelingen in het geurhinderbeleid voor de veehouderij, en op de doelstellingen van dit vervolgonderzoek. Voor een uitgebreidere beschouwing van de factoren en achtergronden die een rol hebben gespeeld bij de invulling van het geuremissieonderzoek wordt verwezen naar Ogink en Lens (2001).

1.1 Geurhinderbeleid en geuronderzoek in de veehouderij

Geurhinder in de landbouw wordt veroorzaakt door twee hoofdbronnen: het uitrijden en toedienen van dierlijke mest, en de geuremissie van veehouderijgebouwen. Vanaf de jaren zeventig is regelgeving ontwikkeld om de geurhinder door emissie uit veehouderijgebouwen te beteugelen. Momenteel wordt voor veehouderijbedrijven de Richtlijn Veehouderij

en Stankhinder 1996 toegepast (VROM en LNV, 1996a); hier verder aangeduid als Richtlijn 1996. Het gebruik in de praktijk vanaf 1996 heeft geleid tot jurisprudentie waardoor anno 2002 de Richtlijn 1996 op onderdelen wordt aangevuld met de Brochure Veehouderij en Hinderwet uit 1985 (VROM en LNV, 1985) en de uitgave in de serie Lucht over de beoordeling van cumulatieve stankhinder door intensieve veehouderij (VROM, 1985). Deze uitgaven bieden de gemeenten een methode om het stankaspect op een objectieve manier te kunnen beoordelen bij de behandeling van vergunningsaanvragen voor veehouderijen. De huidige richtlijn beoogt een objectieve basis voor de invulling van het gemeentelijk milieubeleid te geven. De basis van de richtlijn vormt de afstandssystematiek met de volgende drie hoofdelementen:

- de geuremissie van een veehouderijbedrijf uitgedrukt in mestvarkeneenheden (m.v.e); voor elk veehouderijbedrijf wordt de geuremissie vastgesteld op basis van het aantal dieren op het bedrijf en de omrekeningsfactoren in de Richtlijn 1996 waarin voor elke diercategorie per huisvestingsstelsel het aantal dieren per m.v.e. is vastgesteld
- een afstandsgrafiek die de minimale afstand tot een geurgevoelig object bij een gegeven geuremissie aangeeft
- een onderverdeling van deze afstanden naar vier omgevingstypes met uiteenlopende geurhindergevoeligheid

De Richtlijn 1996 is een herziening van eerdere richtlijnen. Deze herziening bleek noodzakelijk om knelpunten in de uitvoeringspraktijk weg te nemen. Een deel van deze knelpunten hing samen met de invoering sedert het begin van de jaren negentig van emissie-arme stalsystemen (GroenLabelstallen) voor de terugdringing van de ammoniakuitstoot. Voor deze ammoniakarme stallen waren tot aan 1996 geen specifieke omrekeningsfactoren in de richtlijn opgenomen. In de Richtlijn 1996 zijn voor het eerst voor GroenLabelstallen omrekeningsfactoren opgenomen op basis van de toen bekende inzichten, waarbij dient te worden opgemerkt dat zowel voor het tot dan toe gehanteerde stelsel van m.v.e.'s als de aanvulling voor GroenLabelstallen geen systematisch opgezette basis met geuremissiemetingen voorhanden was (Ogink,2002). Het stelsel heeft een relatief karakter en is gebaseerd op een inschatting van de stankuitstoot van een diercategorie uitgedrukt t.o.v. een standaard mestvarken. Het bevat geen koppeling met absolute geuremissieniveaus omdat een gestandaardiseerde maat voor een geureenheid niet eerder dan vanaf 1995, met de invoering van de Nederlandse voornorm NVN 2820, beschikbaar was. Daarom waren ten tijde van de samenstelling van deze richtlijn geen gestandaardiseerde meetgegevens voorhanden.

De in 1995 geïntroduceerde geurnorm is gebaseerd op de zogenaamde olfactometrische methode en maakt gebruik van een geurpaneel en een verdunningsapparaat waarmee de geurconcentratie in een luchtmonster kan worden uitgedrukt in een aantal geureenheden per m³ lucht. Als gevolg van de behoefte aan methoden voor het kwantificeren van geurhinder en geuruitstoot werd olfactometrie vanaf het begin van de jaren tachtig ontwikkeld.

Metingen in de beginjaren van olfactometrie waren alleen vergelijkbaar voor zover ze door hetzelfde geurlaboratorium waren uitgevoerd en maakten het mogelijk geurbronnen relatief te vergelijken. Pas met het invoeren van een standaard voor geurmeten konden resultaten tussen geurlaboratoria worden vergeleken.

Met het beschikbaar komen van de technische mogelijkheden werd, ter onderbouwing van de regelgeving, tussen 1996 en 1999 een meetprogramma uitgevoerd voor de bepaling van geuremissiefactoren van zowel NH₃-emissiearme stalsystemen als conventionele stalsystemen. Een belangrijk uitgangspunt bij het opzetten van het geuremissie-onderzoek was dat het kon voorzien in een tabel met stalsystemen en hun geuremissiefactoren met daarbij de mogelijkheid deze uit te breiden met toekomstige, nog te ontwikkelen stalsystemen door middel van aanvullende geuremissiemetingen. Dit is alleen mogelijk wanneer gemeten wordt volgens een vastgelegde methodiek, waarin de meetstrategie wordt beschreven inclusief de bijbehorende voorwaarden voor de bedrijfsvoering, monsternamprocedure, metingen en dataverwerking. Slechts op deze wijze zijn in het verleden en heden gemeten cijfers vergelijkbaar. Door de toenmalige Werkgroep Emissiefactoren, ingesteld door de Ministeries van LNV en VROM, werd hiertoe een meetprotocol ontwikkeld en vastgelegd in het document 'Meetprotocol voor geuremissies uit stallen' (Werkgroep Emissiefactoren, 1995). Dit meetprotocol is in de onderzoeksperiode 1996-1999 geëvalueerd waarbij inzicht werd verkregen in de nauwkeurigheid waarmee de geuremissie van een stalstelsel kan worden gemeten (Ogink en Klarenbeek, 1997; Ogink en Lens, 2001). Tevens werden in deze periode de geuremissieniveaus van een beknopt aantal stalstelsels gemeten.

1.2 Doelstellingen

De resultaten uit het geuronderzoek 1996-1999 gaven voor het eerst de mogelijkheid om op basis van systematische geurmetingen de uitstoot van stallen te kwantificeren in geuremissiefactoren. Voor de verdere onderbouwing van regelgeving was er echter behoefte aan het samenstellen van een uitgebreidere lijst met geuremissies voor (vrijwel) alle stalstelsels. Hiertoe werd een driejarig vervolgprogramma opgezet met metingen conform het eerder toegepaste meetprotocol. Dit onderzoeksprogramma had de volgende hoofddoelstellingen:

- Het opbouwen van een zo compleet mogelijke dataset met geuremissiemetingen in alle in de RAV-lijst vermelde diersectoren en diercategorieën, waarbij voorkomende conventionele en NH₃-emissiereducerende stalstelsels zoveel mogelijk zijn inbegrepen.
- De beoordeling van de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de geuremissiemetingen op basis waarvan een onderbouwde systematiek voor geurhinderregulering met geuremissiefactoren kan worden opgezet.

Deze rapportage geeft een samenvattend overzicht van de resultaten en conclusies uit het geuremissie-onderzoek. In dit rapport worden in hoofdstuk 2 de toegepaste methodes en materialen voor zowel de metingen als de dataverwerking toegelicht, alsmede een algemenere uiteenzetting van de principes van het meten van geuremissies. In hoofdstuk 3 volgt een bespreking van de onderzoeksresultaten. Deze bespreking zal in vijf delen plaatsvinden omdat tijdens de periode 2000 - 2002 tweemaal een koerswijziging in het onderzoek is doorgevoerd om verworven inzichten en daaruit voorkomende nieuwe vragen te adresseren. Om dit proces recht te doen en het nodige inzicht te verschaffen wordt in hoofdstuk 3 voor elk van de drie fasen in het onderzoek een complete beschrijving gegeven van resultaten via discussie naar (deel)conclusies. In §3.4 wordt een complete analyse van alle data van de drie fasen uitgevoerd. In §3.5 ten slotte wordt een aantal losse onderwerpen behandeld zoals de effecten van spoelsystemen en voertype op de geuremissie. In hoofdstuk 4 volgt een slotbespreking waarin algemene hoofdconclusies worden getrokken.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Algemene principes geuremissieonderzoek

Alvorens over te gaan tot de specifieke bespreking van het onderzoek dat in dit rapport centraal staat volgt eerst een korte uiteenzetting van de algemene principes die de basis vormen van geuremissiemetingen in stallen. Voor een bespreking in detail wordt verwezen naar Ogink en Mol (2002).

Om het niveau van de geuremissie van een stallocatie of een stalsysteem te bepalen, uitgedrukt in OU_E/s per dier, wordt de mediaan en de spreiding van de geuremissie geschat en, indien daar aanleiding toe bestaat zoals bijvoorbeeld bij spoelgootsystemen, de hoogte van structureel optredende piekmissies. Mediaan en spreiding hebben hierbij betrekking op de verdeling van de populatie emissiegetallen die bestaat uit alle uurgemiddeldewaarden gedurende de gebruiks jaren van het meetobject. De mediaan vertegenwoordigt hier de emissie waarvoor geldt dat de helft van alle uurgemiddelde emissiewaarden hieronder blijft. De spreiding is een maat voor de bandbreedte waarbinnen het grootste deel van de geuremissies zal liggen. Zowel de mediaan als de spreiding worden geschat met behulp van een steekproef uit de geuremissiewaarden onder praktijkomstandigheden.

De op te zetten steekproef omvat het op verschillende monsterdagen meten van de geuremissie uit het betreffende stalsysteem gedurende een omschreven tijdsperiode. De steekproef wordt uitgevoerd volgens een omschreven meetstrategie, gespecificeerd naar diercategorie en doel van de meting, en vindt plaats onder standaard praktijkomstandigheden en bedrijfsmanagement. De geuremissiemeting is gebaseerd op een representatieve bepaling van de geurconcentratie in de ventilatielucht door middel van olfactometrie, en op de bepaling van het ventilatiedebiet. De geuremissies gedurende de afzonderlijke monsternameperiodes worden berekend als het product van geurconcentratie en ventilatiedebiet. Uit de aldus verkregen waarden worden vervolgens schattingen voor de mediaan en de spreiding van de geuremissie berekend.

Voor systemen waar sprake is van het optreden van structurele piekmissies als gevolg van factoren in de standaardbedrijfsvoering worden aanvullende metingen verricht om deze pieken in beeld te krijgen.

Het standaardiseren van geuremissiemetingen op deze manier biedt enerzijds de mogelijkheid om veehouderijsystemen en diercategorieën goed met elkaar te vergelijken, en anderzijds om op een later tijdstip nieuwe, toekomstige systemen met hetzelfde meetprotocol door te meten en in de beoordelingssystematiek in te passen.

2.2 Opzet en fasering van het onderzoek

In overleg met de begeleidingscommissie is in eerste instantie besloten om volgens de lijst zoals vermeld in de toenmalige Uitvoeringsrichtlijn Ammoniak en Veehouderij (UAV-lijst, thans RAV, Regeling Ammoniak en Veehouderij, versie mei 2002) de meest voorkomende systemen in de verschillende diersectoren met prioriteit te meten. De hoogste prioriteit hadden daarbij de belangrijkste c.q. grootste diercategorieën. Het eerste jaar (2000) stonden derhalve met name de varkenshouderij en, in iets mindere mate, de pluimveehouderij centraal (zie voor een overzicht §2.3).

Als leidraad bij de concrete selectie van stalsystemen zijn de volgende criteria door de Werkgroep Emissiefactoren opgesteld:

- stalsystemen zijn ingedeeld volgens: meting in 2000 (A2000), meting in 2001 (B2001) of géén meting
- stalsystemen die tweemaal voorkomen in de RAV-lijst met verschillende oppervlaktetaten per dier worden bij een beperkt aantal dubbel gemeten
- stalsystemen voor zeugen worden bij een beperkt aantal zowel gemeten voor groeps-huisvesting als individuele huisvesting
- systemen met luchtwassing worden éénmaal binnen een hoofdcategorie bemeten (dus niet afzonderlijk voor b.v. gespeende biggen, vleesvarken etc.)

Naast de selectie uit de RAV-lijst zijn ook enkele extra metingen verricht. Het betreft hier enerzijds metingen aan perspectiefvolle stalsystemen die (nog) niet in de RAV-lijst zijn opgenomen en anderzijds metingen aan stallen waarin de dieren natte bijproducten worden gevoerd (vleesvarkens en gespeende biggen). Op basis van overleg met de opdrachtgevers werd voor elk van de vier varkenscategorieën ook extra onderzoek uitgevoerd naar de effecten van het wegspoelen van mest zoals dat gebeurt in het spoelgotensysteem. Het meten aan deze piekmissies vond plaats daags voor of na de reguliere (niet piek) metingen die aan dit systeem werden uitgevoerd.

Als gevolg van de analyse van de resultaten in 2000 (zie §3.1) werd in het tweede jaar een koerswijziging ingezet. Besloten werd tot herhalingsmetingen omdat, vanwege grote spreiding in de geurmeetresultaten, het onderscheidend vermogen onvoldoende is om systemen op het detailniveau van de RAV-lijst van elkaar te onderscheiden. Naar het onderzoek in 2000 en 2001 wordt verder verwezen als respectievelijk fase 1 en fase 2. De analyse van de resultaten uit fase 2 (zie §3.2) gaven aanleiding tot een tweede koerswijziging; de resterende capaciteit werd in fase 3 (2002) besteed aan het in beeld brengen van het systeemeffect zonder verstoring van factoren als management, voer en omgevingsinvloeden. Daartoe is gemeten op bedrijven die twee systemen hanteren, een emissiereducerend systeem en een conventioneel systeem, waarbij het conventionele systeem diende als referentie.

2.3 Overzicht van gemeten stalsystemen

Alvorens over te gaan tot de bespreking van de materialen en methoden die bij het geuronderzoek werden gebruikt volgt eerst een aantal overzichtstabellen waarin alle systemen staan vermeld die binnen dit project zijn bemeten. Voor iedere diersector is een aparte tabel opgenomen met een beschrijving van de systemen die zijn bemeten per diercategorie en de bijbehorende RAV-code, en het jaar waarin gemeten is (Tabel 2.1 en Tabel 2.2). De nageschakelde technieken zijn opgenomen in Tabel 2.3.

Voor de eindanalyse van de stallen in de varkenssector (zie §3.4) is, in aanvulling op de gegevens uit dit onderzoek, gebruik gemaakt van alle beschikbare datasets die volgens het hierna beschreven geurmeetprotocol zijn gemeten. Het betreft hier de resultaten uit het voorafgaande geuronderzoek tussen 1996 en 1999 (Ogink en Lens, 2001) en de geurmetingen verricht in het kader van het ammoniakemissie onderzoek door IMAG. Deze staan vermeld in tabel 2.4.

Tabel 2.1 Overzicht per diercategorie van de in dit onderzoek in de varkenssector bemeten stalsystemen, de bijbehorende RAV-code (versie mei 2002), en het jaar waarin het onderzoek aan dit systeem is uitgevoerd.

Diercategorie	RAV-code	Stalsysteem	Jaar
Biggen	D1.1.11.2	Koeldekstelsysteem (150% koelopp.) hokopp. > 0,35 m ²	2000
	D1.1.12.1	Opfokhok met schuine putwand, em. mestopp. max. 0,07 m ² ongeacht groepsgrootte	2000
	D1.1.4.1	Ondiepe mestkelder met mest/waterkanaal, hokopp. max. 0,35 m ²	2000
	D1.1.5.1	Halfrooster met verkleind mestopp. (max 60% hokopp roostervloer), hokopp. max 0,35 m ²	2000
	D1.1.2.1	Spoelgotensysteem met dunne mest en gedeeltelijke roostervloer, hokopp. max 0,35 m ²	2000
	D1.1.2	Spoelgotensysteem met dunne mest en volledige roostervloer	2000
	D1.1.3.1	Mestgoot met schuine wand en ontmestingssysteem, hokopp. max 0,35 m ²	2000
	D1.1.3.1	Mestgoot met schuine wand en ontmestingssysteem, hokopp. max 0,35 m ² , natte bijproducten	2000
	D1.1.11.2	Koeldekstelsysteem, hokopp. > 0,35 m ²	2001
	Vleesvarkens	D3.2.12.1	Gedeeltelijke roostervloer, spoelgotensysteem met metalen roosters, hokopp. max. 0,8 m ²
D3.2.7.2.1		Gedeeltelijke roostervloer, mestkelders met mest/waterkanaal, max 0,18 m ² em. mestopp., rooster mestkan. anders dan metalen driekant.	2000

Diercategorie	RAV-code	Stalsysteem	Jaar
	D3.4	Conventioneel, natte bijproducten	2000
	D3.2.12	Spoelgotensysteem	2001
		Conventioneel en IC-V op zelfde bedrijf	2002
		Conventioneel en IC-V op zelfde bedrijf	2002
		Conventioneel en IC-V op zelfde bedrijf	2002
		Conventioneel en Koeldekstelsysteem op zelfde bedrijf	2002
		Conventioneel en Koeldekstelsysteem op zelfde bedrijf	2002
Kraamzeugen	D1.2.12	Koeldekstelsysteem (150% koeloppervlak)	2000
	D1.2.6	Ondiepe mestkelders met mest- en waterkanaal	2000
	D1.2.1	Spoelgotensysteem met dunne mest	2000
	D1.2.5	Mestgoot met mestafvoersysteem	2000
	D1.2.13	Mestpan/bak onder kraamhok	2000
	D1.2.5	Mestgoot met mestafvoersysteem	2001
	D1.2.16	Conventioneel, standaard huisvesting	2001
	D1.2.13	Mestpan/bak onder kraamhok	2002
Dragende zeugen	D1.3.8.2	Koeldekstelsysteem(135% koeloppervlak), groepshuisvesting	2000
	D1.3.3	Spoelgotensysteem met dunne mest, natte bijproducten	2000
	D1.3.1	Smalle ondiepe mestkanalen, metalen driekantroostervloer, riolering (individuele huisvesting)	2000
	D1.3.3	Spoelgotensysteem met dunne mest (groepshuisvesting)	2000
	D1.3.2	Mestgoot met combinatierooster, frequente mestafvoer (individuele huisvesting)	2000
	geen code	Stroestal, groepshuisvesting	2001
	D1.3.3	Spoelgotensysteem, groepshuisvesting	2001
	D1.3.8	Koeldekstelsysteem (135%), groepshuisvesting	2001

Tabel 2.2 Overzicht per diercategorie van de in dit onderzoek in de pluimveesector bemeenten stalsystemen, de bijbehorende RAV-code, en het jaar waarin het onderzoek aan dit systeem is uitgevoerd.

Diercategorie	RAV-code	Stalsysteem	Jaar
Opfokhennen	E1.8	Volierestal	2000
Leghennen	onbekend	Scharrelstal, conventioneel	2000
	onbekend	Scharrelstal met beun en strooisel	2000
Ouderdieren van vleeskuikens	E4.7	Conventioneel	2000
	onbekend	Grondhuisvesting zonder strooiseldroging	2000
	onbekend	Extra leefvloer en mest/strooiseldroging	2000
Vleeskuikens	E5.5	Grondhuisvesting met vloerverwarming en koeling	2000

Tabel 2.3 Overzicht van de nageschakelde technieken die zijn doorgemeten op de efficiëntie wat betreft de verwijdering van geur en ammoniak uit de stallucht en de diercategorie waar ze gemeten zijn. Gegevens uit dit onderzoek en uit eerder onderzoek door Ogink en Lens (2001).

Type techniek	Diercategorie	Jaar
Biowasser	Varkens	2001
Biowasser	Varkens	2001
Biowasser	Varkens	2001
Chemische wasser	Varkens	1996 – 1999

Tabel 2.4 Overzicht van de stallen die aanvullend zijn meegenomen in de eindanalyse van de gegevens uit de varkensstallen in §3.4, afkomstig uit onderzoeksprogramma 1996-1999 (Ogink en Lens, 2001).

Diercategorie	RAV-code	Stalsysteem	Aantal locaties
Biggen	onbekend	Eilandensysteem	1
	D1.1.15	Conventioneel	2
Vleesvarkens	D3.2.6	Koeldeksysteem	1
	D3.2.13	Spoelgotensysteem	1
	D3.2.7	IC-V systeem	1
	D3.4	Conventioneel	4
Kraamzeugen	D1.2.16	Conventioneel	1
Dragende zeugen	onbekend	Groepshuisvesting met voerstation	1
	D1.3.12	Conventioneel (standaard huisvesting)	4

2.4 Monstername en metingen

De belangrijkste aspecten van het nemen en meten van geurmonsters zullen in dit hoofdstuk kort de revue passeren. Naast een paragraaf over het meten van geur wordt in dit hoofdstuk ook een paragraaf gewijd aan de methode die in dit onderzoek is gebruikt om de ammoniakemissie te bepalen. Verder wordt nog kort aandacht besteed aan het meten van het ventilatiedebiet. Uitgangspunt voor het onderhavige onderzoek was een adequate installatie van meetventilatoren en geurleidingen waarbij is voldaan aan belangrijke aandachtspunten zoals zo kort mogelijke verbindingen tussen stal en bemonsteringsruimte, en isolatie van de leiding om condensatie tegen te gaan. De binnen dit project gebruikte uitgangspunten, meetstrategieën, meettechnieken, meetinstrumenten etc. zijn eerder in meer uitgebreide vorm beschreven in de rapportage 1996-1999 (Ogink en Lens, 2001) en in de publicatie over een geurmeetprotocol voor de veehouderij (Ogink en Mol, 2002). De toegepaste methoden zijn uitgevoerd conform de gestandaardiseerde aanpak die in de meetperiode

1996-1999 is toegepast, uitgezonderd wijzigingen in de meetstrategie die in 2001 (fase 2) en 2002 (fase 3) zijn doorgevoerd en die hieronder zullen worden toegelicht.

2.4.1 Geuremissiemetingen

Het nemen van een geurmonster bestond eruit dat tussen 10 en 12 uur 's ochtends continue en met constant debiet (500 ml/min) een zak van 60 liter werd volgezogen met stallicht. Dit gebeurde volgens de zogenaamde longmethode waarbij in het vat waarin de zak zich bevond een onderdruk werd gecreëerd waardoor de zak die was aangesloten op de leiding uit de stal (en die aanvankelijk dus leeg was) zich langzaam vulde met stallucht. Alle vaten waren uitgerust met verwarmingslint dat indien nodig kon worden aangezet om condensvorming te voorkomen. Sommige geurcomponenten hebben namelijk de neiging op te lossen en verdwijnen daardoor uit de lucht, hetgeen ongewenst is.

Bij het inlaatpunt van de monsternaleiding in de stalruimte was een stoffilter (1 mm poriegrootte) geplaatst om de leidingen schoon te houden, en vervuiling van de geurmonsterzak en de olfactometer met stof te voorkomen. Voor een deel van de onderzoeksobjecten om ging het om stofrijke omgevingen. Zie voor een toelichting bijlage 1.

Het monster werd direct na bemonstering naar het geurlaboratorium vervoerd om binnen 30 uur gemeten te worden conform de Nederlands voornorm NVN2820/A1. Bij het meten van een geurmonster werd de zogenaamde geurdrempel vastgesteld. Voor deze meting werd gebruik gemaakt van een olfactometer. Dit apparaat bestaat grofweg uit twee delen, een verdunningsapparaat en een paneltafel. Het verdunningsapparaat zorgde er voor dat het monster kon worden verdund met geurvrije omgevingslucht die vervolgens aan het geurpanel (bestaande uit 4-6 personen) werd aangeboden. De personen die deel uitmaakten van het geurpanel waren getest met behulp van een referentiegas (butanol) waarbij de eis was dat zij in een bepaald gevoeligheidsgebied vielen, extremen (zowel extreem goede als extreem slechte neuzen) werden niet goedgekeurd als geurpanellid. Tijdens de geuraanbieding zaten de panelleden aan de tafel met ieder twee met de olfactometer verbonden bekers voor zich waarbij gerandomiseerd uit de ene beker geurvrije en uit het andere de geurbevattende lucht kwam. Panelleden moesten aan beide ruiken en aangeven uit welke beker de geur kwam alsmede of zij dit zeker wisten, of zij gokten, of dat zij nog twijfelden. De geuraanbieding voor het bepalen van de geurdrempel begon met de hoogste verdunning waarbij praktisch gezien geen enkele neus in staat was de lucht met geur te onderscheiden van de geurvrije lucht. De concentratie liep bij iedere aanbieding op (de verdunningsfactor wordt gehalveerd) net zolang tot alle panelleden hem met zekerheid onderscheidde van de geurvrije lucht. De berekening van de geurdrempel was vervolgens de bepaling van een gemiddeld verdunningsniveau voor het panel. Deze verdunningsfactor leverde lucht op die

per definitie 1 geureenheid per kubieke meter bevat. De oorspronkelijke lucht bevatte dus zoveel geureenheden als de verdunningsfactor aangaf.

Per te bemeten stalsysteem werd in fase 1 volgens het protocol gemeten, d.w.z. op één stallocatie, in twee periodes die per diersoort verschillend zijn en die staan vermeld in het 'Meetprotocol voor geuremissies uit stallen' (Werkgroep Emissiefactoren, 1995). Per periode werden 5 metingen verricht wat een totaal van 10 metingen opleverde. In afwijking van het meetprotocol werden de metingen in enkelvoud uitgevoerd omdat uit eerder onderzoek bleek dat herhalingen op dit niveau weinig extra nauwkeurigheid opleverden (Ogink en Lens, 2000). De meetperiodes werden afgestemd op het verkrijgen van een representatief beeld van de variaties in geuremissie die over de seizoenen heen kan optreden. In fase 2 werd de meetstrategie gewijzigd en werd de bemonstering beperkt tot één reguliere meetperiode met 5 metingen per stallocatie om op deze wijze sneller informatie te kunnen verkrijgen over de systeemeffecten. In fase 3 werd de meetstrategie afgestemd op een paarsgewijze vergelijking van een emissiearme dierafdeling en een conventionele dierafdeling per bedrijf waarbij versturende omgevingsfactoren zoveel mogelijk gelijk werden verondersteld. De metingen werden hierbij in de zomer en het najaar van 2002 over een periode van 5 weken verricht met daarin 10 metingen over de meetperiode verdeeld.

2.4.2 Ammoniakemissiemetingen

De ammoniak metingen die voor dit onderzoek zijn uitgevoerd dienden een tweeledig doel. Enerzijds vormden zij een soort controlemiddel voor de geurmetingen waarbij in geval van extreme ammoniak niveaus met extra aandacht naar de representativiteit van de geurmetingen werd gekeken. Anderzijds zijn de ammoniak metingen gebruikt om een eventueel verband tussen ammoniak en geur te kunnen vaststellen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de methode die werd gebruikt niet dezelfde is als de methode die gebruikelijk is binnen de praktijk van de ammoniakemissiemetingen. De resultaten zijn over het algemeen echter wel goed vergelijkbaar wat betreft de niveaus die worden bepaald, maar omdat het geen continue meting betreft ontbreekt het verloop van de emissie in de tijd. Deze resultaten zullen worden gerapporteerd in de bijbehorende technische achtergrondrapporten die per diersector worden opgesteld.

De ammoniakmetingen aan het merendeel van de stallen in dit onderzoek werden uitgevoerd met een nat chemische methode (Wintjens, 1993) waarbij stallucht met een debiet van 2000 ml/min gedurende twee uur (eveneens van 10 tot 12 's ochtends) door twee in serie geschakelde opvangflesjes met 0,1 M zwavelzuur werd geborreld. Beide flesjes werden op ammonium concentraties geanalyseerd (NEN 6472). Doorgaans bleek dat het eerste flesje vrijwel alles opgevangen had, een enkele keer had wat doorslag naar het tweede flesje plaatsgevonden. Met het bekende debiet, de hoeveelheid vloeistof in de flesjes en de am-

moniumconcentraties in de vloeistof was vervolgens de ammoniak concentratie in de stal- lucht terug te berekenen. Voor sommige stallen werd wel gebruik gemaakt van de appara- tuur die gebruikelijk is bij de ammoniakmetingen voor de RAV-lijst omdat deze op hetzelf- de bedrijf tegelijkertijd plaatsvonden. Ammoniak werd dan on-line gemeten met behulp van een auto-analyzer (NOx-monitor) die op locatie aanwezig bleef en daar een (semi-) continue meting uitvoert (Bleijenberg en Ploegaert, 1994).

2.4.3 Meting van het ventilatiedebiet en het stalklimaat

Voor het berekenen van zowel de geur- als de ammoniakemissie zijn naast de geur- en ammoniak concentraties ook de ventilatiedebieten van de stalafdelingen nodig (zie §2.5). In de praktijk komen in de veehouderij grofweg twee soorten ventilatie voor, namelijk mecha- nische ventilatie en natuurlijke ventilatie. Een derde mogelijkheid wordt gevormd door de zogenaamde hybride systemen waarbij een mengeling van mechanische en natuurlijke ven- tilatie wordt toegepast. De bepaling van het ventilatiedebiet is voor deze vormen van venti- latie verschillend.

In het grootste deel van de in deze studie bemeten stallen was sprake van volledig mecha- nische ventilatie. In die situaties werd het ventilatiedebiet bepaald met behulp van een meet- ventilator die in de ventilatiekokers was geplaatst. Wanneer het ventilatiedebiet op deze ma- nier werd bepaald, werd tijdens de bemonsteringsperiode (van 10 tot 12 in de ochtend) het aantal omwentelingen van de meetventilator geregistreerd door de datalogger. De datalog- ger registreerde daarnaast ook de signalen van de temperatuur/vochtigheidssensoren (Rotronic Hygromer®) die binnen en buiten hingen. Na afloop van de metingen in de stal- len werd de meetventilator op de windtunnel in het luchtlaboratorium van IMAG gekali- breerd. De procedure staat nader beschreven in Bleijenberg en Ploegaert (1994). Met de gekalibreerde relatie tussen het ventilatiedebiet V (m^3 /uur) en het geregistreerde aantal pulsen kon aan het eind van meetperiode worden bepaald wat de ventilatiedebieten tijdens de bemonsteringsperioden zijn geweest.

In situaties waarbij van een complexere ventilatiesituatie sprake was, werd in dit onderzoek gebruik gemaakt van twee benaderingen. In sommige gevallen werd de stalsituatie zodanig aangepast dat op min of meer normale wijze de mechanische methode kon worden toege- past. Hierbij werd altijd in het oog gehouden dat de wijzigingen niet zo groot mochten worden dat de situatie onvergelykbaar werd met de normale ventilatiesituatie. In gevallen waarin dit niet mogelijk was, werd gebruikt gemaakt van een tracergas methode, de zoge- naamde ratio methode. Bij deze methode werd nabij de bron (bijvoorbeeld de roostervloer) gelijkmatig verdeeld over de stal een vaste hoeveelheid tracergas per seconde vrijgelaten. Nabij de uitlaat, veelal boven in de stal, werd de stallucht bemonsterd. Dit gebeurde meestal met een mengmonsterleiding om de stallucht gelijkmatig te bemonsteren. In deze

uitgaande lucht werden zowel de concentraties van het tracergas (SF₆) als die van ammoniak en geur gemeten. Deze verhouding werd verondersteld hetzelfde te zijn bij de bron omdat de aanname is dat de verschillende gassen zich hetzelfde gedragen. Uit deze verhouding was de bronsterkte te berekenen. De exacte beschrijving van de hierbij gevolgde procedure wordt in een protocol vastgelegd (Mosquera et al., 2002).

2.5 Verwerking en analyse van de data

De metingen en de verwerking en analyse van de resultaten was gericht op het vaststellen van het niveau en de variatie in de geuremissies uit veehouderijgebouwen. Daartoe werden respectievelijk de mediaan en de spreiding van de geuremissieresultaten per bemeten locatie bepaald. Enkele verwerkingstechnieken die hierbij werden aangewend worden in deze paragraaf beschreven.

2.5.1 Berekeningsmethode voor mediaan en spreiding

De geuremissie is gelijk aan het product van de geurconcentratie van de uitgestoten ventilatielucht en het totale debiet van deze stroom.

$$GE = Q_v * C_G$$

Met: $GE =$ Geuremissie in $OU_E/(s.dier)$
 $Q_v =$ Ventilatie-debiet in $m^3/(s.dier)$
 $C_G =$ Geurconcentratie in OU_E/m^3

Voor elke stallocatie wordt de geuremissie op deze wijze voor de 10 meetdagen afzonderlijk berekend. Per meetdag wordt hierbij de gemiddelde waarde genomen van het gemeten ventilatie-debiet tijdens de twee uur durende monsternamen. Het aantal dieren in de berekening is gelijk aan het aantal dat volgens de geldende milieuvergunning maximaal mag worden gehouden en dat vooraf in de afsprakenlijst over de bedrijfsvoering is vastgelegd.

Vervolgens wordt de mediaan van de geuremissie van de stallocatie geschat door middel van het geometrische gemiddelde van de emissies op de 10 meetdagen, met als uitgangspunt dat geuremissies van een bedrijf volgens een lognormale distributie zijn verdeeld. De mediaan is te interpreteren als die waarde waarbij 50% van de optredende emissies (tussen 10 en 12 uur) onder deze waarde ligt en 50% daarboven. De berekening van het geometrische gemiddelde is gebaseerd op de volgende procedure:

- transformeer de dagemissies naar ln-waarden (natuurlijke logaritme)
- bereken het gemiddelde van de ln-waarden

- reken het ln-gemiddelde om naar de originele schaal en eenheid m.b.v. de exponentiële functie; dit getal is de geschatte mediaan

De spreiding wordt berekend als de standaarddeviatie van de ln-waarden. Op de oorspronkelijke originele schaal kan deze spreidingsmaat worden uitgedrukt in de vorm van een variatiecoëfficiënt, en daarmee opgevat worden als een procentuele standaarddeviatie rond de mediaan. Omdat de spreiding op ln-schaal symmetrisch wordt verondersteld is deze op originele schaal scheef. Bij de berekening van de variatiecoëfficiënt wordt hier rekening mee gehouden door het gemiddelde te nemen van de procentuele afwijking naar beneden en naar boven. De berekening vindt als volgt plaats:

- bereken de geschatte standaarddeviatie op ln-schaal (s), gebruik hiervoor de $n-1$ benadering omdat het hier een steekproef uit een verzameling betreft
- transformeer $+s$ en $-s$ beide naar originele schaal m.b.v. de exponentiële functie
- bereken voor beide getransformeerde waarden de absolute afwijking van 1
- neem het gemiddelde van beide afwijkingen en vermenigvuldig met 100.

In het geval van piekgeuremissies dient het geometrisch gemiddelde van de metingen aan piekmissies en de bijbehorende spreiding te worden berekend volgens dezelfde procedure.

2.5.2 Statistische analyse van de datasets van diercategorieën

Met behulp van statistische modellen is het mogelijk om, met gebruikmaking van de gehele betreffende dataset, binnen diercategorieën geuremissieniveaus van stalsystemen en hun nauwkeurigheid te schatten. Bovendien kunnen met dergelijke modellen de verschillen tussen stallen worden getoetst op significante onderlinge afwijkingen. Daarbij kan rekening worden gehouden met omgevingsvariabelen die, naast de verschillen in stalstelsysteem, een deel van de waargenomen variatie kunnen verklaren, zoals bijvoorbeeld het ventilatiedebiet. De procedure is gebaseerd op toepassing van variantie-analyse modellen met daarin opgenomen de effecten van de stalstelsystemen (factoren) en van het ventilatiedebiet (covariabele). In eerdere analyses bleek dat ventilatiedebiet de enige gemeten covariabele is die bijdraagt aan het verklaren van de variatie (Ogink en Lens, 2001). De analyse wordt op de ln-getransformeerde emissiewaarden uitgevoerd omdat dan voldaan wordt aan de voorwaarden met betrekking tot een normaal verdeelde distributie. De relatie tussen geuremissie en de covariabele ventilatiedebiet wordt in het model beschreven in de vorm van een lineaire regressie van de ln-waarden van ventilatiedebiet op de ln-waarden van de geuremissie. Het model kan op de volgende wijze beschreven worden:

$$y_{ijk} = c + S_i + b \times (VD_{ijk} - VDg) + s \times e_{ijk}$$

met:

y_{ijk}	=	de ln-getransform. geuremissie van systeem i, bedrijf j, op meetdag k
c	=	overall gemiddelde van alle waarnemingen bij het gemiddelde debiet
S_i	=	effect van stalsysteem i t.o.v. c bij een gemiddeld debiet
b	=	regressiecoëfficiënt
VD_{ijk}	=	ventilatie-debiet van bedrijf j met stalsysteem i op meetdag k, uitgedrukt op ln-schaal
VDg	=	het overall gemiddelde ventilatie-debiet, uitgedrukt op ln-schaal
σ	=	de standaarddeviatie van het niet verklaarde deel van y
e_{ijk}	=	stochastische restterm, standaard normaal verdeeld, gemiddeld 0

De schattingen van de modelparameters worden op basis van de kleinste-kwadraten methode gegenereerd m.b.v. het softwarepakket Genstat 5. De schattingen voor de systeemeffecten kunnen worden uitgedrukt op originele schaal zoals uiteengezet in 2.5.1. De significantie van de modelparameters zijn met F-toetsen beoordeeld. Onderlinge verschillen tussen de systemen zijn met t-testen beoordeeld.

2.5.3 Berekeningsmethode voor geurreductie door luchtbehandelingsinstallaties

De dataset van een meting op één locatie is in dit geval opgebouwd uit 2 geurmetingen per meetdag, namelijk die van de onbehandelde (C_{in}) en die van de behandelde lucht (C_{uit}). De geurreductie kan als volgt worden berekend:

- bereken per meetdag de procentuele reductie als: $[(C_{in} - C_{uit})/C_{in}] \times 100$
- bereken het (normale) rekenkundige gemiddelde van de reducties op de 10 meetdagen en de bijbehorende standaarddeviatie tussen de meetdagen

3 Resultaten en Discussie

De structuur van dit hoofdstuk wijkt, zoals in hoofdstuk 1 reeds opgemerkt, iets af van wat gebruikelijk is in hoofdstukken over resultaten. Dit is enerzijds het gevolg van het specifieke verloop van dit onderzoek dat gekenmerkt wordt door twee koerswijzigingen naar aanleiding van tussentijdse data-analyses. Anderzijds vindt de verslaglegging van dit hele proces in één rapport plaats waardoor de verschillende fasen van het onderzoek in één document worden beschreven. Om het verloop, en met name de koerswijzigingen, recht te doen en de lezer het nodige inzicht te verschaffen, vindt de bespreking in vier delen plaats. In het eerste deel wordt de oorspronkelijke opzet behandeld. In de delen twee en drie wordt toegelicht waarom en hoe de koerswijzigingen zijn vormgegeven. In het vierde deel wordt de analysemethode uit de eerste fase nogmaals toegepast, maar nu op alle beschikbare gegevens uit de varkenscategorieën, d.w.z. inclusief de gegevens van fase twee en drie. Van deze analyse worden in het vierde deel de resultaten in tabelvorm beschreven en verder toegelicht met figuren. Elk van de beschreven fasen wordt besproken volgens het stramien Resultaten en Analyse, Conclusies. De conclusies van de fasen één en twee verklaren daarbij telkens de noodzaak om de onderzoeksopzet te wijzigen. Deze gewijzigde opzet wordt uiteengezet aan het begin van de bespreking van de volgende fase.

Tot slot van dit hoofdstuk worden in afzonderlijke paragrafen overige resultaten besproken die buiten de ontwikkelingslijn van de opeenvolgende fasen vallen. Het gaat hier om de effecten van het spoelen van mest op de geuremissie, de effecten van natte bijproducten in de voeding op de geuremissie, en tenslotte het geurverwijderingsrendement van biologische wassers.

3.1 Fase 1

Bij aanvang van het onderzoek was de leidende gedachte dat, om een compleet overzicht te krijgen van de geuremissies uit stallencomplexen, een vergelijkbare aanpak kon worden gevolgd als voor de vaststelling van stalemissiefactoren voor ammoniak. Deze aanpak hield in dat bij vrijwel alle op de RAV-lijst onderscheiden systemen een geuremissiemeting werd uitgevoerd aan één stallocatie. Het grootste deel van deze systemen heeft tot doel de emissie van ammoniak te verminderen, verder bevat de lijst ook alle conventionele systemen. Sommige systemen of diercategorieën zijn zo verwant dat werd besloten om hiervoor een schatting te hanteren op basis van een wel bemeten, verwante situatie.

In de praktijk hield deze aanpak in dat op systematische wijze de hele lijst met conventionele en emissiereducerende stalsystemen in alle diercategorieën zou worden afgewerkt in de periode 2000 - 2002. In het eerste jaar, het jaar waarin de grootste meetinspanning was

gepland, werden ongeveer 25 stalsystemen geselecteerd en gemeten volgens de in hoofdstuk 2 beschreven procedure. Na deze meetinspanning is een tussentijdse data-analyse gedaan op basis waarvan tot een wijziging in de meetstrategie is besloten. De resultaten van deze eerste fase alsmede de discussie en de (deel)conclusies worden in deze paragraaf beschreven.

3.1.1 Resultaten en Analyse van de resultaten uit fase 1

In tabel 3.1 staan de resultaten vermeld van de stallen die in fase 1 van het onderzoek zijn gemeten. Vergeleken met de metingen uit eerder onderzoek (Ogink en Lens, 2000) blijken de resultaten wat betreft de niveaus en de spreiding van de geuremissie voor de diverse diercategorieën goed vergelijkbaar. Zo blijkt voor bijvoorbeeld Biggen dat Ogink en Lens (2000) geuremissiewaarden vinden van 4,5, 5,6, en 16,3 terwijl in dit onderzoek de Biggen geuremissiewaarden laten zien die over het algemeen tussen 5 en 10 liggen. Ook voor Vleesvarkens liggen de in dit onderzoek gemeten geuremissies in de range die door Ogink en Lens (2000) is gemeten. Dit bevestigt dat de olfactometrische methode om geurconcentraties te bepalen inmiddels is geëvolueerd tot een goede, reproduceerbare techniek die bruikbaar is voor het goed onderbouwen van het Nederlandse geurhinderbeleid. Een opvallend, ook in dit onderzoek terugkerend, fenomeen bij het meten van geuremissies, is de grote spreiding van de resultaten, zowel binnen de diverse locaties als tussen de verschillende locaties/stalsystemen per diercategorie. De variatiecoëfficiënten variëren, net als in het onderzoek van Ogink en Lens (2000), grosso modo tussen 40 en 100%.

Tabel 3.1 Overzicht van de in fase 1 uitgevoerde geurmetingen. Weergegeven staan de diercategorie, het stalsysteem, de geometrisch gemiddelde geuremissie (OU_E/s per dierplaats), de minimum en maximum geuremissie, de standaarddeviatie op ln-schaal, en de variatiecoëfficiënt (%).

Dier categorie	Systeem	Geur emissie	Min. - Max.	Stand. deviatie	VC
Biggen	Koeldek (grote groepen)	10,4	4,0 - 17,9	0,53	55
	Schuine plaat in put	9,1	2,7 - 16,0	0,51	53
	Mest/waterkanaal (ondiep)	7,9	2,1 - 27,2	0,86	97
	Verkleind mestoppervlak	5,9	2,6 - 13,2	0,59	63
	Spoelgoten (half rooster)	4,5	1,6 - 9,8	0,62	67
	Spoelgoten (volledig rooster)	6,6	4,0 - 14,2	0,39	40
	Mestgoot schuine wand (natte bijproducten)	5,9	0,9 - 14,6	0,89	101
	Mestgoot (BB95.12.031)	0,8	0,2 - 2,3	0,69	74
Vleesvarkens	Spoelgoten (natte bijprod.)	15,7	10,2 - 28,4	0,33	34

Dier categorie	Systeem	Geur emissie	Min. - Max.	Stand. deviatie	VC
	IC-V systeem	45,1	18,3 - 73,1	0,46	48
	Conventionele stal (natte bijprod.)	22,4	5,8 - 80,3	0,74	81
Kraam zeugen	Koeldek	23,6	12,2 - 40,5	0,42	43
	Mest/waterkanaal (ondiep)	39,2	11,1 - 78,9	0,63	67
	Spoelgoten	31,9	12,8 - 63,7	0,48	49
	Mestgoot (BB94.06.022)	10,7	5,8 - 27,7	0,44	45
Dragende zeugen	Koeldek (groepshuisvesting)	36,4	8,6 - 76,5	0,61	64
	Spoelgoten (groepshuisvesting)	14,9	4,5 - 52,9	0,89	101
	Mestgoot (combinatierooster)	18,2	4,1 - 47,6	0,69	75
	Spoelgoten (natte bijprod.)	40,4	19,3 - 124,6	0,55	58
Vleeskuiken ouderdieren	Mest/waterkanaal (ondiep)	31,2	19,4 - 73,2	0,40	41
	Conventionele grondhuisvesting	1,00	0,52 - 2,15	0,56	59
	Scharrelstal, grondhuisvest. geen droging	0,89	0,47 - 2,04	0,62	67
	Scharrelstal, extra leefvloer met mest/strooiseldroging	1,38	0,55 - 2,75	0,74	81
Vleeskuikens	Strooiselkoeling en verwarming	0,46	0,15 - 1,85	0,85	95
Opfokhennen	Volièrestal	0,18	0,07 - 0,43	0,67	72

Om de aanzienlijke variatie in de metingen en de stalsituaties (denk bijvoorbeeld aan het gebruikte ventilatiedebiet) beter inzichtelijk te maken is een statistische analyse uitgevoerd. Deze analyse is uitgevoerd op de stalsystemen die in de varkenshouderij zijn gemeten omdat in deze fase de meerderheid van de metingen in deze sector heeft plaatsgevonden. De analyse is per varkensdiercategorie gedaan, dat wil zeggen apart voor Biggen, Dragende Zeugen, Kraamzeugen en Vleesvarkens. Om zoveel mogelijk beschikbare informatie aan te wenden werd in de analyse niet alleen gebruik gemaakt van de metingen uit 2000, maar ook van de gegevens die zijn verzameld in de periode 1996 - 1999 (Ogink en Lens, 2000). De methode die is gehanteerd om de variatie op verschillende punten wat beter in beeld te krijgen staat beschreven in hoofdstuk 2.

Uit de analyse blijkt dat voor alle varkensdiercategorieën een significant debieteffect optreedt. Dit betekent dat als het ventilatiedebiet toeneemt, de geuremissie ook toeneemt,

maar niet in een verhouding van 1:1. Deze verhouding is voor alle varkensdiercategorieën lager, dat wil zeggen als het ventilatiedebiet met 100% toeneemt neemt de geuremissie met minder dan 100% toe. Hierop zal in §3.4 verder worden ingegaan.

Een samenvatting van de resultaten van deze analyse staat weergegeven in tabel 3.2. Het is belangrijk om bij deze tabel op te merken dat de waarden voor de geuremissie licht afwijken ten opzichte van de waarden in tabel 3.1. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in tabel 3.1 puur de geometrische gemiddelden per bemeten locatie staan weergegeven terwijl in tabel 3.2 de resultaten staan vermeld van de gemiddelde geuremissies na correctie voor het debieteffect. Dit debieteffect is gekwantificeerd door de variantie-analyse (met het debiet als co-variabele) zoals beschreven in hoofdstuk 2. Het voordeel van deze debietgecorrigeerde waarden is dat zij direct met elkaar te vergelijken zijn zonder dat het debiet een verstoring effect heeft. Deze benadering is voor de bemeten stalsystemen gerechtvaardigd omdat voor geen van de systemen geldt dat een structureel hoger of lager debiet dan wat gebruikelijk is in de rest van de sector, inherent is aan het systeem. Deze analyse wordt voor de varkenssector in § 3.4 verder uitgebreid naar de complete dataset uit alle drie fasen. In die paragraaf zullen de uitkomsten van de analyse ook wat uitgebreider worden gepresenteerd. Belangrijk is hier wel de constatering dat bij de analyse in deze fase geen herhalingen op systeemniveau zijn uitgevoerd, m.a.w. er zijn niet meerdere stallen met het zelfde systeem gemeten. Hierdoor is het niet mogelijk om de effecten van stallen en die van systemen te ontstrengelen. Wanneer dus in deze fase over een significant onderscheid wordt gesproken dan betreft dat een onderscheid tussen stallen, en niet tussen systemen. Gemakshalve en om de formulering te vergemakkelijken wordt soms wel gesproken over systemen; er is dan wel naar gestreefd om het tentatieve karakter van de uitspraken tot uitdrukking te laten komen in de formulering.

De debieteffecten kunnen goed worden geïllustreerd met een drietal voorbeelden uit de Biggencategorie. De stal met het systeem 'schuine plaat in put' heeft een debietgecorrigeerde geuremissie 12,2 OU_E/s per big ten opzichte van 9,1 OU_E/s per big voor de niet gecorrigeerde gemiddelde geuremissie. Wanneer het gemiddelde debietniveau van deze stal wordt vergeleken met het overall gemiddelde debietniveau voor Biggen (het niveau waarbij de geuremissie 12,2 OU_E/s is) dan blijkt dat dit met 6,6 m^3/uur per big aanzienlijk lager is dan de overall gemiddelde 9,8 m^3/uur . Debietcorrectie betekent hier dus een verhoging van de geuremissie. Bij de stal met het systeem 'Spoelgoten (volledig rooster)' is het debietniveau juist hoger dan gemiddeld, namelijk 14,2 m^3/uur per big. Hier betekent debietcorrectie dus een verlaging van de geuremissie. Bij de stal met het systeem 'Spoelgoten (half rooster)' ten slotte ligt het debietniveau dat op de locatie is gemeten dicht in de buurt van het overall gemiddelde, namelijk op 8,8 m^3/uur per big. In dit geval betekent de debietcorrectie dus nauwelijks een verandering ten opzichte van de gemeten geuremissie.

Tabel 3.2 Samenvatting van de uitkomsten van de variantie-analyse van de geuremissie in de 4 varkensdiercategorieën. Weergegeven staan de debietgecorrigeerde schatting van de geuremissie (OU_E/s per dierplaats), de standaardfout (op ln-schaal) van deze schatting en een groepering van de stallen die significant van elkaar verschillen.

Diercategorie	Systeem	n	Geuremissie	Stand. fout	Stal
Biggen	Koeldek (grote groepen)	9	12,6	0,20	a
	Schuine plaat in put	10	12,2	0,20	a
	Mest/waterkanaal (ondiep)	9	8,8	0,20	b
	Verkleind mestoppervlak	10	7,0	0,20	b,c
	Spoelgoten (half rooster)	10	4,7	0,20	d
	Spoelgoten (volledig rooster)	10	4,8	0,20	d
	Mestgoot schuine wand (natte bijproducten)	10	6,5	0,20	c
	Mestgoot (BB95.12.031)	10	0,7	0,20	e
	Eilandensysteem	10	3,8	0,20	d
	Conventioneel	19	7,2	0,14	b,c
Vleesvarkens	Spoelgoten (natte bijprod.)	10	10,9	0,14	c
	IC-V systeem (nieuwe data)	10	43,4	0,14	a
	IC-V systeem (oude data)	10	10,1	0,14	c
	Conventionele stal (natte bijprod.)	40	22,3	0,07	b
	Koeldeksysteem	10	12,8	0,14	c
Kraamzeugen	Koeldek	10	27,9	0,16	a,b
	Mest/waterkanaal (ondiep)	10	39,5	0,16	a
	Spoelgoten	10	26,6	0,16	a,b
	Mestgoot (BB94.6.022)	10	9,8	0,16	c
	Conventioneel	10	19,6	0,16	b
Dragende zeugen	Koeldek (groepshuisvesting)	10	39,7	0,17	a
	Spoelgoten (natte bijprod.)	10	37,3	0,17	a
	Mest/waterkanaal (ondiep)	10	30,1	0,17	a,b
	Spoelgoten (groepshuisvesting)	10	13,6	0,17	c
	Mestgoot (combinatierooster)	10	12,1	0,17	c
	Groepshuisvesting en voerstat.	10	7,4	0,17	d
	Conventioneel	40	21,3	0,08	b

De nauwkeurigheid waarmee de niveaus worden geschat staan weergegeven in tabel 3.2. Voor metingen gebaseerd op 10 waarnemingen, zoals het protocol voorschrijft, liggen de standaardfouten tussen 0,14 en 0,20 op ln-schaal, afhankelijk van de categorie. Bij benade-

ring is dit te vertalen als een procentuele fout van 14-20%. Voor die stallen waar meer dan 10 metingen zijn verricht ligt deze fout wat lager en is het onderscheidend vermogen dus beter. Door de correctie voor de covariabele ventilatiedebiet worden de schattingen nauwkeuriger.

Van deze standaardfouten kan worden afgeleid hoe groot de verschillen tussen de geuremissies van twee stallen minimaal moeten zijn willen zij significant van elkaar verschillen ($p < 0,05$), wanneer beide zijn gebaseerd op 10 metingen. Het onderscheidend vermogen voor geur staat weergegeven in tabel 3.3.

Tabel 3.3 Het kleinste significante verschil ($\alpha = 0,05$) voor de geuremissie op ln-schaal per varkensdiercategorie

Categorie	Kleinste significante verschil
Biggen	0,56
Kraamzeugen	0,47
Dragende zeugen	0,39
Vleesvarkens	0,49

Het kleinste significante verschil is een maat voor het onderscheidend vermogen en geeft in dit geval aan dat stallen in de orde van grootte van 40-60% onderling dienen te verschillen om volgens deze meetmethode significant van elkaar af te wijken. Ondanks deze ruime verschillen laat tabel 3.2 zien dat er tal van significante verschillen bestaan tussen de gemeten stallen. In de kolom Stal staat aangegeven of, op basis van het kleinste significante verschil in deze analyse, stallen van elkaar kunnen worden onderscheiden. Wanneer stallen dezelfde letter hebben, vormen zij een niet significant van elkaar te onderscheiden groep.

In alle vier diercategorieën geldt dat de geuremissie van de conventionele systemen rond het gemiddelde van de betreffende categorie ligt; sommige systemen die ontwikkeld zijn voor het reduceren van de NH_3 -emissie lijken ook geuremissie te reduceren terwijl andere juist tot meer geuremissie lijken te leiden. Een belangrijke conclusie is derhalve dat NH_3 -reducerende principes niet aantoonbaar één op één leiden tot geurreductie. Een ander fenomeen is dat systemen die op hetzelfde NH_3 -emissiereducerende principe zijn gebaseerd zich in de ene diercategorie anders manifesteren dan in de andere diercategorie. Zo levert bijvoorbeeld het koeldekstelsysteem bij Biggen, Kraamzeugen en Dragende zeugen een bovengemiddelde geuremissie op terwijl bij de locatie waar Vleesvarkens met koeldek is gemeten de geuremissie juist duidelijk benedengemiddeld is. Een ander illustratief voorbeeld vormen de spoelgootsystemen; deze leveren bij Biggen en Vleesvarkens een benedengemiddelde geuremissie op, bij Kraamzeugen een gemiddelde geuremissie en bij Dragende zeugen zowel een bovengemiddelde meting als een benedengemiddelde meting. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de bovengemiddelde meting bij Dragende zeugen gemeten is op een locatie waar natte bijproducten werden gevoerd terwijl op de andere locaties

droogvoer werd gevoerd. De veronderstelling dat NH₃-emissiereducerende principes op een consistente wijze over de vier categorieën heen een effect op de geuremissie moeten laten zien t.o.v. de conventionele systemen gaat voor deze dataset niet op. Dit betekent dat de relatie tussen geuremissiereductie en NH₃-emissiereductie niet eenduidig is.

Het ontbreken van duidelijke relaties tussen NH₃-emissiereducerende principes en geuremissie kan betekenen dat dergelijke relaties ontbreken of niet zichtbaar zijn omdat ze door andere effecten worden overschaduwed. In het laatste geval kunnen specifieke staleffecten, bijvoorbeeld ten gevolge van verschillend bedrijfsmanagement, een belangrijke rol spelen. Doordat geen herhaling op systeemniveau plaatsvindt is het mogelijk dat deze effecten de systeemeffecten maskeren. Verbetering van het onderscheidend vermogen op systeemniveau en ontstrengeling van stal- en systeemeffecten is te bewerkstelligen door per systeem meer dan één stal te meten. Meer metingen uitvoeren binnen een stal levert niet veel meer informatie op, het meten van meerdere stallocaties wel (zie ook Ogink en Lens, 2000). Daarnaast zou een uitgebreidere meetset met meer verklarende variabelen die niet systeemgebonden zijn, eveneens de nauwkeurigheid en het verklarend vermogen kunnen verhogen.

3.1.2 Conclusies fase 1

De conclusies die uit deze fase van het onderzoek kunnen worden getrokken zijn:

- De niveaus en de spreiding van de geuremissies die in dit onderzoek zijn gemeten komen goed overeen met resultaten van eerder onderzoek.
- De olfactometrie bewijst daarmee een volwassen methode te zijn die goed reproduceerbare resultaten oplevert die als basis kunnen dienen voor de onderbouwing van het geurhinderbeleid.
- De geuremissiemetingen vertonen een grote spreiding, zowel binnen een meetset van één bedrijf als tussen verschillende bedrijven binnen een diercategorie.
- Uit een variantie-analyse met het ventilatiedebiet als co-variabele blijkt dat er voor alle varkenscategorieën een significant debieteffect is.
- De voor dit debieteffect gecorrigeerde geuremissies leiden voor sommige metingen tot een verhoging van de geuremissie (daar waar lage debieten werden gebruikt) en voor sommige metingen tot een verlaging van de geuremissie (daar waar hoge debieten werden gebruikt).
- De debietcorrectie maakt het onderling vergelijken van systemen beter mogelijk.
- Het onderscheidend vermogen van de variabele geurmetingen op stal/systeemniveau is relatief klein, stallen met verschillende systemen moeten in de orde van grootte van 40-60% van elkaar verschillen om significant van elkaar af te wijken.
- Ammoniakemissiereducerende principes reduceren niet noodzakelijkerwijs ook geur.

- De effectiviteit t.a.v. geuremissiereductie is voor verschillende NH₃-emissiereducerende systemen niet consistent over verschillende varkenscategorieën, vergelijkbare systemen presteren in de ene diercategorie beter dan in de andere.
- De koeldekssystemen zitten aan de hoge kant, met uitzondering van de vleesvarkenscategorie.
- De spoelgootsystemen met dunne mest scoren nogal wisselend. De hoge emissie bij dragende zeugen kan samenhangen met het natte bijproductenrantsoen.
- Het mestgootsysteem met frequente mestafvoer geeft voor alle drie gemeten categorieën significant lagere geuremissies dan de conventionele systemen.
- Het is mogelijk dat systeemeffecten door locatiegebonden staleffecten worden gedomineerd.

3.2 Fase 2

De metingen zijn opgezet met als doel een complete tabel met geuremissiefactoren samen te kunnen stellen. Een aantal conclusies uit de data-analyse in fase 1 blijkt het lastig te maken om met de ingezette meetstrategie dit doel te verwezenlijken; de spreiding is groot, het onderscheidend vermogen is beperkt en de relatie tussen de NH₃-emissiereductieprincipes en geuremissiereductie is niet eenduidig. Op basis van deze bevindingen is daarom besloten tot een koerswijziging. Door de meetinspanning te concentreren op herhalingen op verschillende stallocaties met hetzelfde NH₃-emissiereducerende systeem kan de meetset aanzienlijk versterkt worden; het onderscheidend vermogen op systeemniveau wordt hierdoor namelijk verhoogd. Een verbeterd onderscheidend vermogen verhoogt de kans op het blootleggen van een over de diercategorieën heen consistent emissiereducerend patroon van de verschillende reducerende principes, zoals koeldek en spoelgoten. Het is daarbij mogelijk om, in afwijking van het doorgaans gehanteerde meetprotocol, met een beperkt aantal metingen per locatie te volstaan over een kortere meetperiode omdat de in 3.1 besproken dataset veel informatie bevat over seizoens- en ventilatie-effecten.

3.2.1 Resultaten en Analyse van de resultaten uit fase 2

In tabel 3.4 staan de resultaten vermeld van de stallen die in fase 2 van het onderzoek zijn gemeten. Het betreft hier de niet voor ventilatiedebiet gecorrigeerde, gemeten waarden. De niveaus en de spreiding zijn wederom in overeenstemming met eerdere metingen uit de periode 1996-1999 (Ogink en Lens, 2000) en uit fase 1 van dit project (zie §3.1), al neigen de variatiecoëfficiënten naar iets lagere waarden. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het versimpelde protocol waarbij slechts gedurende 1 meetperiode de geuremissie wordt gemeten, het bereik in ventilatiedebiet dat hiermee gepaard gaat is kleiner dan bij een volledige meting met 2 meetperiodes in zomer en winter. Op systeemniveau levert een vergelijk-

king van de resultaten in tabel 3.4 met die in tabel 3.1 een variabel beeld op. Er zijn systemen waarbij de herhalingsmeting een vergelijkbaar emissieniveau vertoont, bijv. het koeldek systeem voor Biggen, maar er zijn ook systemen waarbij grote verschillen tussen de herhalingsmetingen bestaan, bijv. voor het mestgoot systeem bij Kraamzeugen.

De herhalingsmetingen in de varkenssector leveren derhalve, naast een nadere bevestiging van de gemiddelde niveaus voor de verschillende diercategorieën, een beeld op van een geuremissiepatroon waarbij de bandbreedte van de verschillende stalsystemen per diercategorie een ruim deel inneemt van de totale bandbreedte waarin de metingen van de volledige diercategorie zich bevinden. Dit is goed te illustreren aan de hand van enkele voorbeelden. In de categorie Dragende zeugen is een herhalingsmeting uitgevoerd aan een koeldeksysteem. In fase 1 kwam het koeldeksysteem uit op 36,4 OU_E/s per dier (zie tabel 3.1, niet voor debiet gecorrigeerd). In fase 2 kwam de herhalingsmeting uit op een aanzienlijk lager niveau, 14,0 OU_E/s per dier. De totale bandbreedte voor dit systeem loopt van 6,5 tot 76,5 OU_E/s per dier terwijl die voor de totale categorie Dragende zeugen loopt van 4,1 tot 124,6 OU_E/s per dier. Bij de Kraamzeugen is de mestgoot (BB94.06.022) herhaald; in fase 1 was de ongecorrigeerde geuremissie 10,7 OU_E/s per dier en in fase 2 was dat 59,4 OU_E/s per dier. De bandbreedte voor dit systeem loopt van 5,8 tot 106,6 OU_E/s per dier en beslaat daarmee tevens de totale bandbreedte van de diercategorie Kraamzeugen.

Kortom, de herhalingsmetingen hebben wel de niveaus van de geuremissie per diercategorie bevestigd, maar zij hebben er niet toe geleid dat het onderscheidend vermogen op systeemniveau is toegenomen. Over de diercategorieën heen bezien is er met deze aanvullende gegevens nog steeds geen duidelijk beeld van consistente geuremissiereducerende effecten.

Tabel 3.4 Overzicht van de in fase 2 uitgevoerde geurmetingen. Weergegeven staan de diercategorie, het stalsysteem, de geometrisch gemiddelde geuremissie (OU_E/s per dierplaats), de minimum en maximum geuremissie, de standaarddeviatie op ln-schaal, en de variatiecoëfficiënt (%).

Diercategorie	Systeem	n	Geuremissie	Min - Max	Stand. deviatie	VC
Biggen	Koeldek	5	9,4	7,9 - 11,2	0,14	14
Vleesvarkens	Spoelgoten	5	11,8	6,8 - 29,9	0,58	62
	Conventioneel	5	19,7	12,9 - 29,7	0,33	34
	IC-V	5	13,4	8,6 - 19,5	0,36	37
Kraamzeugen	Mestgoot (BB94.06.022)	5	59,4	23,3 - 106,6	0,60	64
	Conventioneel	5	49,6	18,2 - 89,4	0,59	63
	mestpan	5	19,2	11,5 - 39,0	0,49	52
Dragende zeugen	Spoelgoten	5	8,1	6,1 - 10,0	0,23	23

Diercategorie	Systeem	n	Geuremissie	Min - Max	Stand. deviatie	VC
	Koeldek		14,0	6,5 - 25,2	0,48	50
	Strostal	5	12,5	9,9 - 19,1	0,36	37
Leghennen	Volierehuisvesting	10	0,74	0,49 - 1,10	0,31	31

3.2.2 Conclusies fase 2

De belangrijkste conclusies die uit deze fase van het onderzoek kunnen worden getrokken zijn:

- De herhalingen die in deze fase zijn uitgevoerd bevestigen de geuremissieniveaus van de vier varkenscategorieën zoals die in eerdere metingen waren vastgesteld, maar vergroten het onderscheidend vermogen op systeemniveau niet of nauwelijks.
- De bandbreedte die per systeem aanwezig is komt op de meeste bemeten locaties overeen met een groot deel van de totale bandbreedte voor de betreffende diercategorie.
- Op basis van de tot dusver samengestelde dataset blijkt het niet mogelijk een consistent reductiepatroon voor de verschillende emissiereducerende principes te ontdekken.

3.3 Fase 3

De keuze om herhalingsmetingen te doen aan verschillende systemen in de varkenssector heeft niet geleid tot de gewenste verhoging van het onderscheidend vermogen. Het beeld van een zeer variabele geuremissiekaracteristiek van veel veehouderijgebouwen is veeleer versterkt door de herhalingsmetingen. Voor de meeste systemen geldt dat de bandbreedte van de geuremissie overeenkomt met de totale bandbreedte van de geuremissie voor de betreffende diercategorie. De meest waarschijnlijke verklaring hiervoor is dat naast een invloed van het emissiereducerende systeem ook andere factoren een sterke invloed uitoefenen op de geuremissie van de stallencomplexen. Hierbij valt te denken aan factoren als bedrijfshygiëne, voedertypen en voerregime, watervoerverhouding etc. Deze factoren, samengevat onder de term managementfactoren, verschillen tussen bedrijven en kunnen op die manier verstrend werken op het onderscheidend vermogen van de emissiereducerende systemen.

In principe zijn er na deze constatering een aantal mogelijkheden om het onderzoek bij te sturen. Enerzijds kunnen de effecten van respectievelijk de managementfactoren en de stalsystemen kwantitatief met elkaar worden vergeleken, anderzijds kunnen de managementfactoren (zoveel mogelijk) worden uitgeschakeld om zodoende het effect van stalsys-

temen te isoleren. In de begeleidingscommissie ging de voorkeur uit naar het ophelderen van de potentiële mogelijkheden van stalsystemen. Daarom is in fase 3 gekozen voor een onderzoeksopzet waarbij de managementfactoren zoveel mogelijk werden uitgeschakeld. Daarvoor waren in principe twee mogelijkheden: ten eerste een volledig gecontroleerde proef in een experimentele omgeving en ten tweede het meten van verschillende systemen op dezelfde locatie zodat de managementfactoren identiek zijn. Het eerste alternatief was in deze setting om verschillende redenen niet aan de orde: het was logistiek niet binnen een acceptabele tijd uitvoerbaar, en het voldeed niet aan de wens om de prestatie van systemen zoveel mogelijk onder praktijkomstandigheden vast te stellen.

Om deze redenen is gekozen voor de tweede strategie. In fase 3 zijn hiervoor bedrijfslocaties geselecteerd in de vleesvarkenscategorie, met als uitgangspunt dat alle variabelen die het gevolg zijn van management zoveel mogelijk gelijkgeschakeld worden in de te meten afdelingen. Op deze manier is de scherpst mogelijke, namelijk paarsgewijze toetsing van de hypothese dat systemen een effect hebben mogelijk. De mogelijke variabelen waar met name op is gelet zijn: standaard droogvoer, gelijke opleg in de te meten afdelingen (d.w.z. oplegdata niet meer dan een week uit elkaar), en zowel afdelingen met een NH₃-emissiereducerend systeem als conventionele afdelingen met gedeeltelijk roostervloer. Op deze bedrijven is dus alles (zoveel mogelijk) gelijk op het verschil in stalsysteem na. Omdat ook in deze opzet te verwachten is dat de spreiding van dien aard is dat herhalingsmetingen nodig zijn, is de beschikbare onderzoekscapaciteit ingezet op twee stalsystemen, namelijk het IC-V systeem (3 bedrijven) en het koeldeksysteem (2 bedrijven).

3.3.1 Resultaten en Analyse van de resultaten uit fase 3

In tabel 3.5 staan de resultaten weergegeven van de locaties waar twee systemen zijn gemeten. Het gaat hier om niet voor debiet gecorrigeerde, geometrisch gemiddelde geuremissies. Uit de tabel wordt een aantal zaken duidelijk. Ten eerste blijken alle nieuwe metingen aan vleesvarkensstallen uitstekend te passen in de bandbreedte die tijdens eerdere metingen binnen deze categorie is vastgesteld. De spreiding tussen de verschillende stallen is wat kleiner dan doorgaans het geval is. Dit wordt waarschijnlijk met name veroorzaakt door twee factoren. Ten eerste is in deze fase wederom gemeten in een kort tijdsbestek dat ook nog eens voor alle bemeten stallen gelijk was, zodat de factor seizoensinvloed voor het grootste deel is uitgeschakeld. Ten tweede is ook in het management gekozen voor het uitschakelen van een aantal variabelen, zo is bijvoorbeeld alleen gemeten op (relatief) moderne bedrijven waar uitsluitend droogvoer wordt gevoerd.

Een tweede punt dat uit de tabel naar voren komt is dat het onderscheidend vermogen van geuremissiemetingen aan verschillende systemen aanzienlijk beter wordt wanneer deze systemen onder verder identieke omstandigheden worden gemeten. Bij 3 van de 5 locaties

bleek bij een gepaarde t-test dat de systemen significant van elkaar verschilden (p-waarde van 0,05, d.w.z. de kans dat het verschil op toeval berust is kleiner (in de significante gevallen zelfs veel kleiner) dan 5%). Het reducerend effect voor het IC-V systeem was 35% en voor het koeldekstelsysteem was dit 20%. Het is echter ook duidelijk dat het ene bedrijf niet per se vergelijkbaar is met het andere bedrijf, voor zowel het IC-V systeem als voor het koeldekstelsysteem was er een locatie waar de systemen niet significant verschilden van de conventionele stallen. Voor het koeldekstelsysteem dient daarbij opgemerkt te worden dat de opleg uiteindelijk toch verder uit elkaar bleek te liggen dan gewenst. Dit maakt een gepaarde t-test ongeschikt, maar ook een nietgepaarde t-test toonde geen significant verschil aan tussen beide afdelingen. Verder was het opvallend dat de spreiding tussen de metingen in de referentieafdeling aanzienlijk hoger was dan die in de afdeling met koeldek (hoewel het verschil niet significant was). Het ontbreken van aantoonbare effecten hier duidt op een interactie tussen managementfactoren en het al of niet optreden van emissiereductie. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen welke mechanismen hierbij optreden.

Tabel 3.5 Overzicht van de in fase 3 uitgevoerde geurmetingen. Weergegeven staan de locatie, de stalsystemen, de geometrisch gemiddelde geuremissie (OU_E/s per dierplaats), de minimum en maximum geuremissie, en of de beide systemen op een locatie significant van elkaar verschillen.

Locatie	Systeem	n	Geuremissie	Min - Max	Significantieverschil (p)
Leersum	Conventioneel	5	19,7	12,9 - 29,7	0,006 *
	IC-V	5	13,4	8,6 - 19,5	
Tilburg	Conventioneel	10	31,4	17,2 - 60,2	<0,001 *
	IC-V	10	19,2	10,9 - 41,0	
Oosteind	Conventioneel	10	21,9	9,0 - 43,3	0,415
	IC-V	10	22,9	12,1 - 33,0	
Nederweert	Conventioneel	7	20,8	5,5 - 37,3	0,169
	Koeldek	7	28,3	15,9 - 53,8	
Mariahoop	Conventioneel	10	30,1	19,7 - 45,9	<0,001 *
	Koeldek	10	24,0	14,0 - 39,6	

* significante verschillen $p < 0,05$

3.3.2 Conclusies fase 3

De belangrijkste conclusies die uit deze fase van het onderzoek kunnen worden getrokken zijn:

- De geuremissiebandbreedte zoals reeds eerder vastgesteld voor vleesvarkens wordt wederom bevestigd in deze fase van het onderzoek.

- Het uitschakelen van factoren die van invloed zijn op de geuremissie, zoals seizoensinvloed, voertype en bedrijfsmanagement, verlaagt de tussen-bedrijfsspreiding.
- Het uitschakelen van factoren die van invloed zijn op de geuremissie, zoals seizoensinvloed, voertype en bedrijfsmanagement, verhoogt het onderscheidend vermogen op systeemniveau zodanig dat systemen significant van elkaar te onderscheiden zijn.
- De metingen tonen aan dat toepassing van het IC-V systeem en het koeldeksysteem kan leiden tot een aantoonbare reductie van de geuremissie.
- Het optreden van een dergelijke reductie is afhankelijk van vele managementfactoren, waaronder voertype en bedrijfshygiëne.

3.4 Slotanalyse met alle varkensdata

Tot slot van de bespreking van de resultaten per fase zal een wat uitgebreidere weergave worden gegeven van de resultaten van de variantie-analyse, nu deze ook is uitgevoerd op de compleet beschikbare geuremissiedataset voor de varkenscategorie.

3.4.1 Systeem- en debieteffecten op de geuremissie bij varkens

Het beeld dat naar voren komt uit de totale analyse van alle beschikbare data voor de vier varkenscategorieën lijkt sterk op dat wat naar voren kwam in fase 1 (en 2). In tabel 3.6 en in de figuren 3.1, 3.3, 3.5, en 3.7 staat een samenvatting van de variantie-analyse van de geuremissie met het ventilatiedebiet als co-variabele. Er blijkt zowel een significant systeemeffect als een significant debieteffect te zijn. Het debieteffect houdt in dat bij een toenemend ventilatiedebiet ook de geuremissie toeneemt. De mate waarin dit gebeurt, is te zien in tabel 3.6 in de kolom Effect co-variabele (Eff. cov.). Bij een toename in het ventilatiedebiet van 100% neemt de geuremissie voor de vier varkenscategorieën tussen de 57 en 77% toe. In de figuren 3.1 t/m 3.8 is het debieteffect voor de beide analyses per diercategorie grafisch weergegeven als het verband tussen de geuremissie en het ventilatiedebiet, beide op logaritmische schaal. De helling in deze figuren is het debieteffect. Hierbij moet bedacht worden dat het debieteffect verstrengeld is met het gewicht van de dieren en buitentemperatuur. De onderlinge verschillen tussen de lijnen weerspiegelen de systeemeffecten, of het onderscheid conventioneel versus emissiereducerend.

Het systeemeffect blijkt over de diercategorieën lastig te interpreteren als een consistent effect dat is gekoppeld aan een emissiereducerend principe. Analoge systemen presteren in verschillende diercategorieën niet consistent. Zo levert het koeldeksysteem bijvoorbeeld voor de categorieën Biggen, Dragende zeugen en Kraamzeugen een vrij ongunstig beeld op met geuremissies in de hogere regionen (zie figuren 3.1, 3.3 en 3.5) terwijl het er voor vleesvarkens relatief goed uitziet (fig. 3.7). De spoelgoten laten over het algemeen een vrij

gunstig beeld zien wanneer niet wordt gespoeld, voor alle categorieën bevinden ze zich in de lagere regionen (figs 3.1, 3.3, 3.5 en 3.7). Echter, wanneer gespoeld wordt treden significante pieken op, en die veroorzaken met name de geurhinder (zie voor details §3.5.1). De conventionele systemen bevinden zich doorgaans in het centrum van de bandbreedte, maar bij vleesvarkens juist bovenin.

Omdat het consistent onderscheid maken op basis van emissiereducerend principe niet goed mogelijk is, is tevens een variantie-analyse uitgevoerd met de minst gedetailleerde indeling van de systemen, namelijk een groepering in conventionele systemen en emissiereducerende systemen. De resultaten van deze analyse staan in tabel 3.7 en in de figuren 3.2, 3.4, 3.6 en 3.8. Duidelijk is dat bij dit grovere onderscheid extra residuële variantie overblijft (zie kolom RSD), m.a.w. er kan minder variantie worden verklaard met het onderscheid in twee groepen dan met het opsplitsen naar alle verschillende systemen. Door de grote spreiding in de geuremissies blijkt uit deze analyse ook dat de gegroepeerde emissiereducerende systemen voor de Vleesvarkens significant verschillen van de conventionele groep, voor de Biggen is sprake van een zwak significant verschil en voor de beide zeugen-categorieën is geen significant verschil. In deze niet significante gevallen kan het overall gemiddelde in tabel 3.7 als beste schatting voor de geuremissie voor deze diercategorieën worden aangemerkt.

Voor de volledigheid past in deze paragraaf nog een laatste opmerking over de kleine verschillen tussen de tabellen 3.6 en 3.7 bij de conventionele systemen. Deze kleine verschillen ontstaan doordat bij variantie-analyse gewerkt wordt met de sommen van de gekwadrateerde verschillen van de individuele metingen t.o.v. het gemiddelde van het systeem. Wanneer nu in tabel 3.7 een andere indeling van de systemen tot stand komt, en zeker als de proefopzet niet gebalanceerd is (verschillende aantallen metingen per systeem), dan wijzigen de kwadraatsommen in geringe mate omdat de som van de kwadraten niet hetzelfde is als het kwadraat van de som. Hierdoor wordt het effect van de co-variabele iets anders en omdat met dit effect de debietgecorrigeerde gemiddelden worden uitgerekend, veranderen die ook enigszins.

Tabel 3.6 Samenvatting van de resultaten van de variantie-analyse van de geuremissie met als co-variabele het ventilatie-debiet per systeem per varkensdiercategorie. Weergegeven zijn het aantal metingen (n), de debietgecorrigeerde geuremissie (GE in OU_E/s per dierplaats), de ln-waarde van deze geuremissie (lnGE), de standaardfout van het systeem-effect (SE_{syst.}), de significantie van het systeem-effect (p-syst), het effect van de co-variabele (Eff. cov.), de standaardfout van dit effect (SE_{cov.}), de significantie van het effect van de co-variabele (p-cov.), en de residuële standaard deviatie van de analyse (RSD).

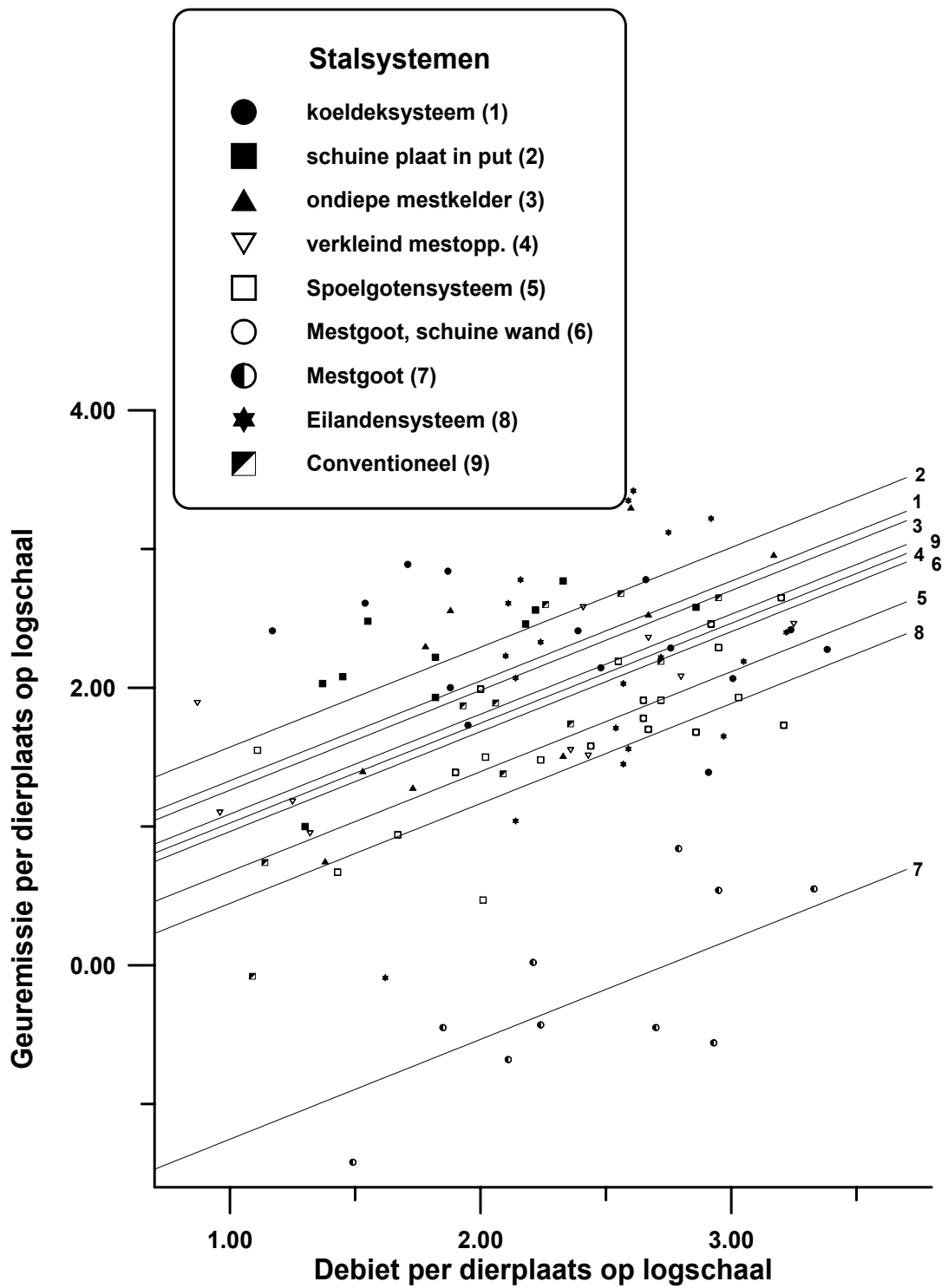
Diercategorie	Systeem	n	GE	lnGE	SE _{syst.}	p-syst	Eff. cov.	SE _{cov.}	p-cov.	RSD
Biggen	Koeldek (grote groepen)	14	9,5	2,25	0,14 - 0,20	<0,001	0,72	0,10	<0,001	0,600
	Schuine plaat in put	10	12,1	2,50						
	Mest/waterkanaal (ondiep)	9	8,9	2,19						
	Verkleind mestoppervlak	10	7,0	1,95						
	Spoelgoten	20	4,9	1,60						
	Mestgoot schuine wand (natte bijproducten)	10	6,6	1,89						
	Mestgoot (BB95.12.031)	10	0,7	-0,33						
	Eilandensysteem	10	3,9	1,37						
Vleesvarkens	Conventioneel	19	7,5	2,01	0,06 - 0,17	0,004	0,57	0,09	<0,001	0,517
	Spoelgoten (natte bijprod.)	10	18,8	2,94						
	IC-V systeem	45	25,2	2,97						
	Conventionele stal (natte bijprod.)	10	19,6	3,23						
	Koeldekstelsysteem	25	18,2	2,90						
	Spoelgoten	15	12,9	2,56						
Kraamzeugen	Conventioneel	81	22,8	3,13	0,16 - 0,20	<0,001	0,77	0,15	<0,001	0,602
	Koeldek	10	36,1	3,59						
	Mest/waterkanaal (ondiep)	10	40,4	3,70						
	Spoelgoten	10	20,6	3,03						
	Mestgoot (BB94.06.022)	15	14,1	2,65						
	Mestpan	14	45,8	3,82						
Conventioneel	15	27,8	3,33							

Diercategorie	Systeem	n	GE	lnGE	SE _{syst.}	p-syst	Eff. cov.	SE _{cov.}	p-cov.	RSD
Dragende zeugen	Koeldek (groepshuisvesting)	14	30,5	3,42	0,08 - 0,26	<0,001	0,62	0,10	<0,001	0,498
	Spoelgoten (natte bijprod.)	10	35,2	3,56						
	Mest/waterkanaal (ondiep)	10	28,6	3,35						
	Spoelgoten (groepshuisvesting)	15	13,0	2,57						
	Mestgoot (combinatierooster)	10	11,1	2,41						
	Strostal	4	15,4	2,74						
	Groepshuisv. Voerstation	10	7,1	1,96						
Conventioneel	40	20,5	3,02							

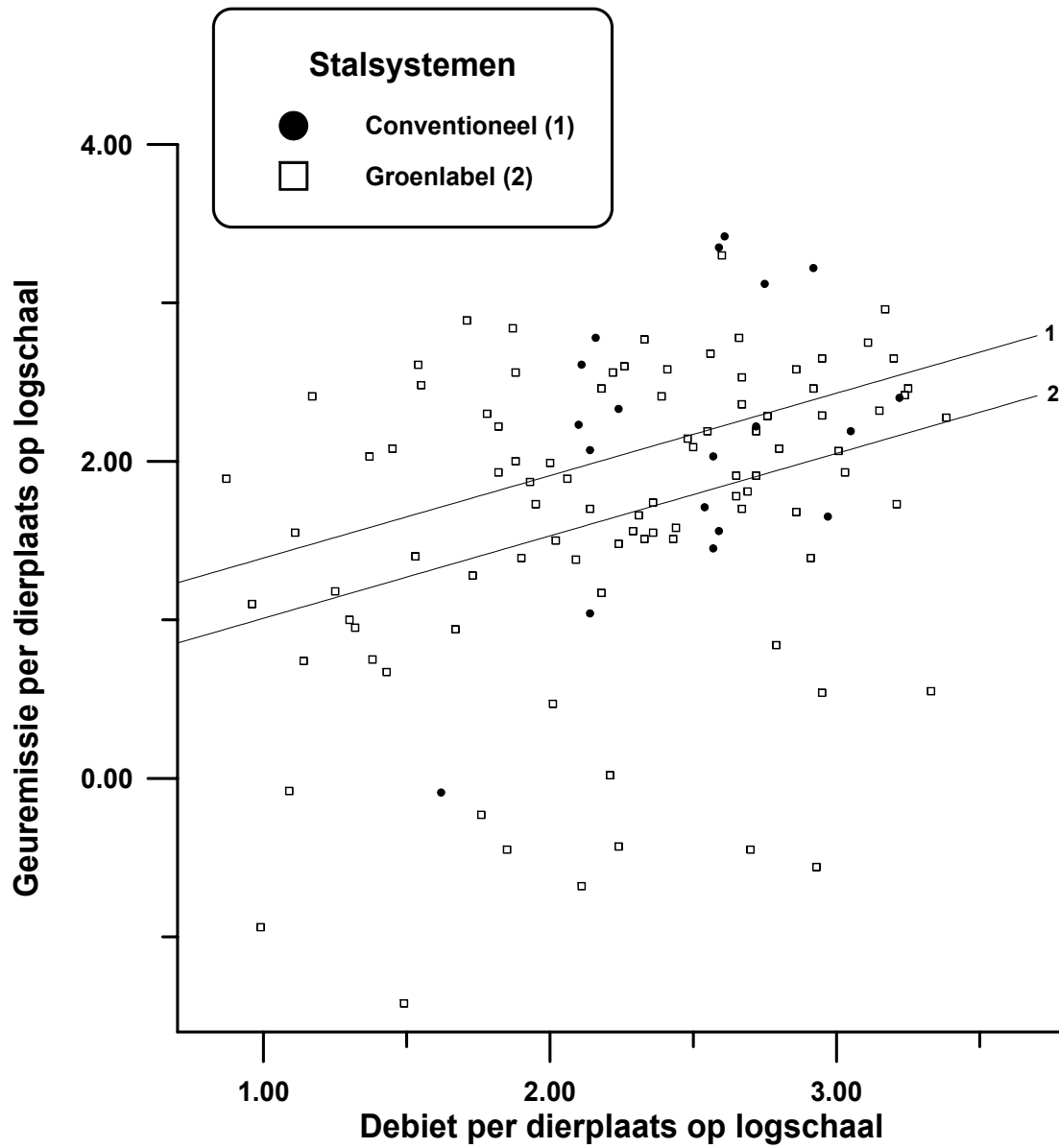
Tabel 3.7 Samenvatting van de resultaten van de variantie-analyse van de geuremissie met als co-variabele het ventilatiedebiet per varkensdiercategorie, maar gegroepeerd in conventioneel en emissiereducerend. Weergegeven zijn het aantal metingen (n), de debietgecorrigeerde geuremissie (GE in OU_E/s per dierplaats), de ln-waarde van deze geuremissie (lnGE), de overall gemiddelde geuremissie voor de gehele diercategorie, de standaardfout van het systeemeffect (SE_{syst.}), de significantie van het systeemeffect (p-syst), het effect van de co-variabele ventilatiedebiet (Eff. cov.) en een indicatie van het niveau van deze co-variabele (Debiet in $m^3/dier/$ uur), de standaardfout van dit effect (SE_{cov.}), de significantie van het effect van de co-variabele (p-cov.), en de residuële standaard deviatie van de analyse (RSD).

Diercategorie	Systeem	n	GE	lnGE	Overall gem.	SE _{syst.}	p-syst	Eff. cov.	Debiet	SE _{cov.}	p-cov.	RSD
Biggen	Conventioneel	19	7,8	2,06	5,7	0,23	0,106	0,52	9,8	0,14	<0,001	0,914
	Emissiereducerend	93	5,4	1,68								
Dragende zeugen	Conventioneel	40	20,3	3,01	18,7	0,13	0,333	0,54	68	0,12	<0,001	0,666
	Emissiereducerend	73	17,9	2,88								
Kraamzeugen	Conventioneel	15	26,5	3,28	27,9	0,20	0,756	0,41	94	0,14	0,004	0,696
	Emissiereducerend	59	28,2	3,34								
Vleesvarkens	Conventioneel	91	23,0	3,14	20,2	0,08	0,002	0,60	33	0,09	<0,001	0,522
	Emissiereducerend	95	17,9	2,89								

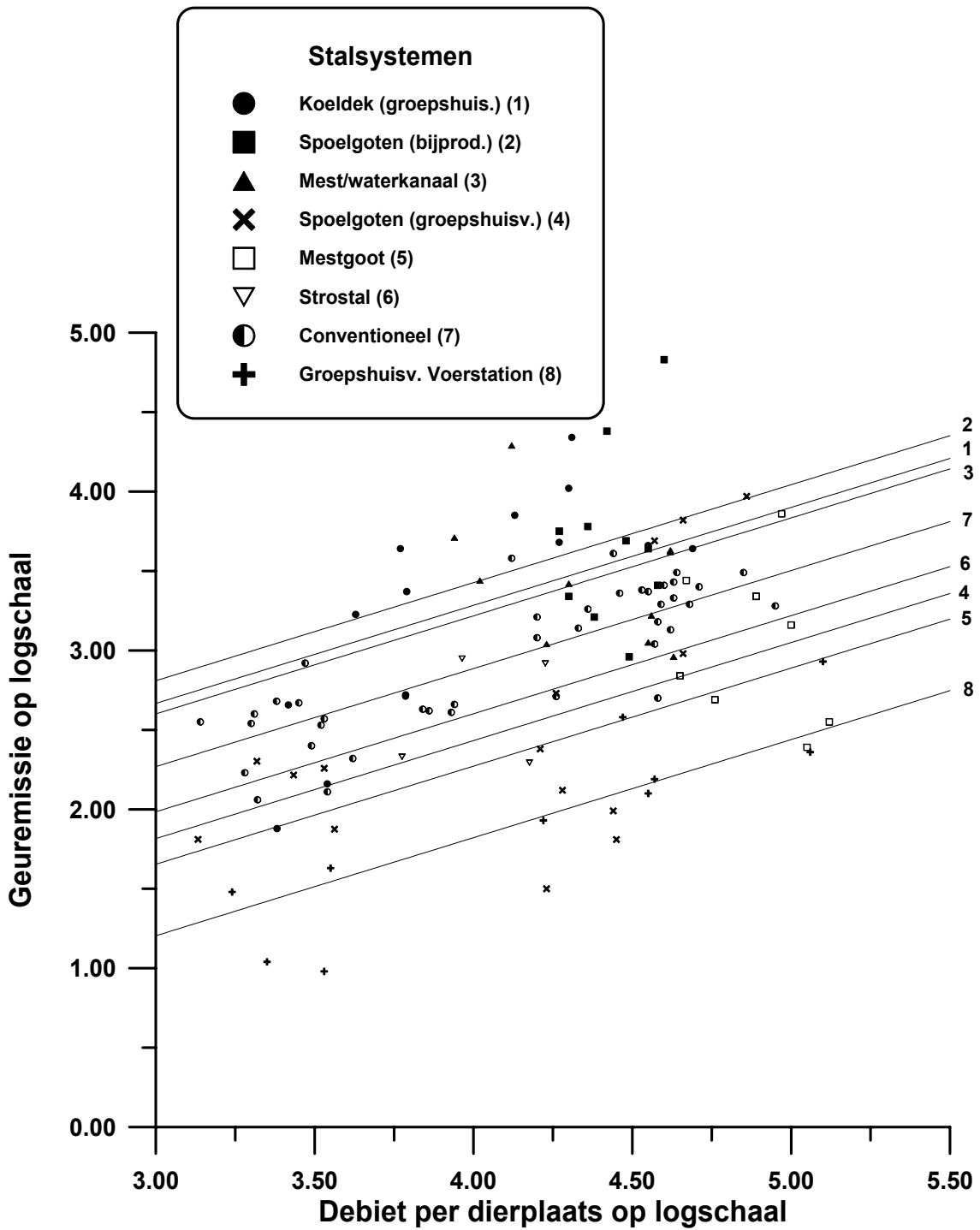
Figuur 3.1 Grafische weergave van het effect van de co-variabele ventilatiedebiet (m^3/uur per dierplaats) op de geuremissie (OU_E/s per dierplaats) voor Biggen per systeem.



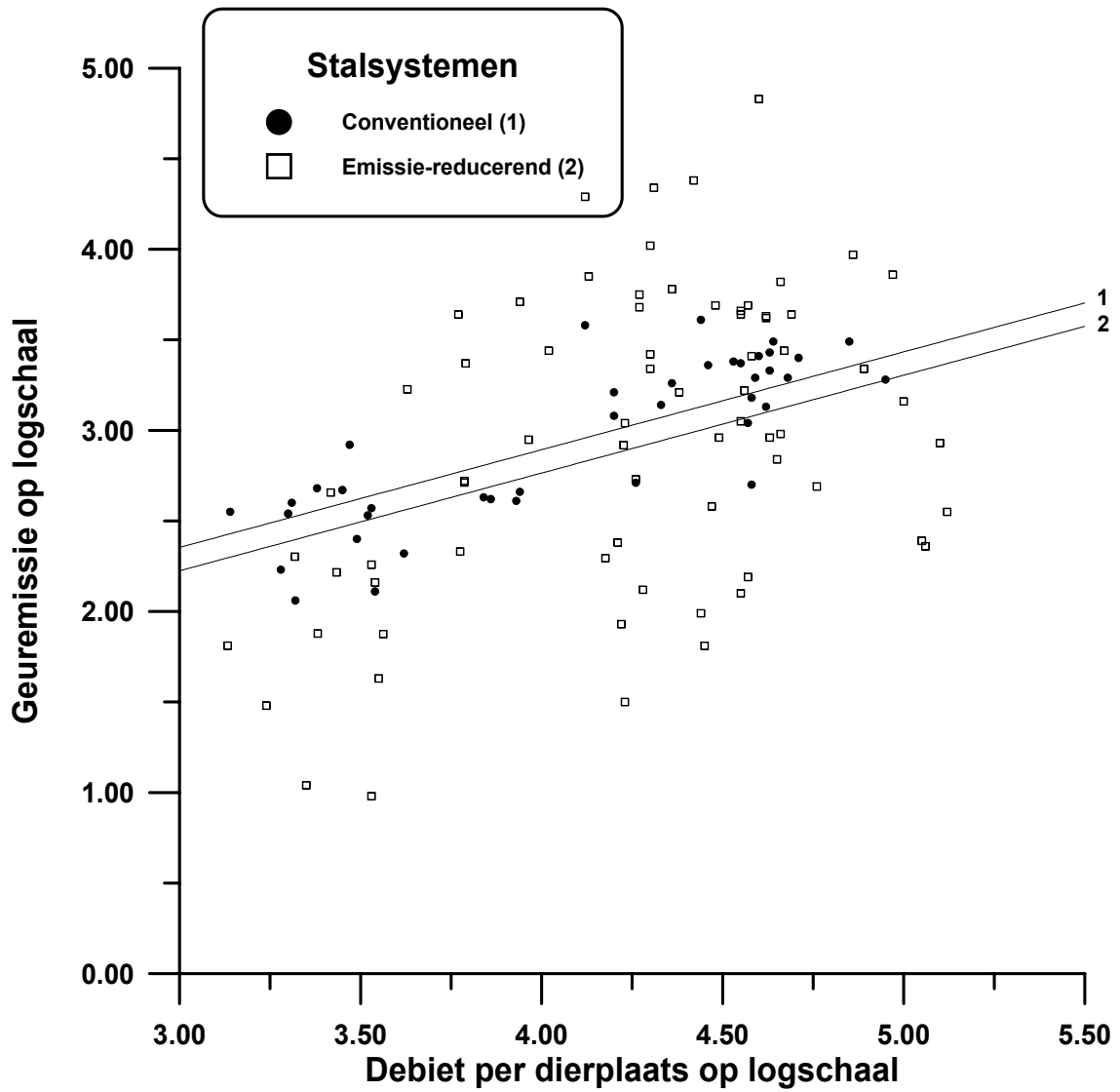
Figuur 3.2 Grafische weergave van het effect van de co-variabele ventilatiedebiet (m^3/uur per dierplaats) op de geuremissie (OU_E/s per dierplaats) voor Biggen onderverdeeld naar conventionele en emissiereducerende systemen.



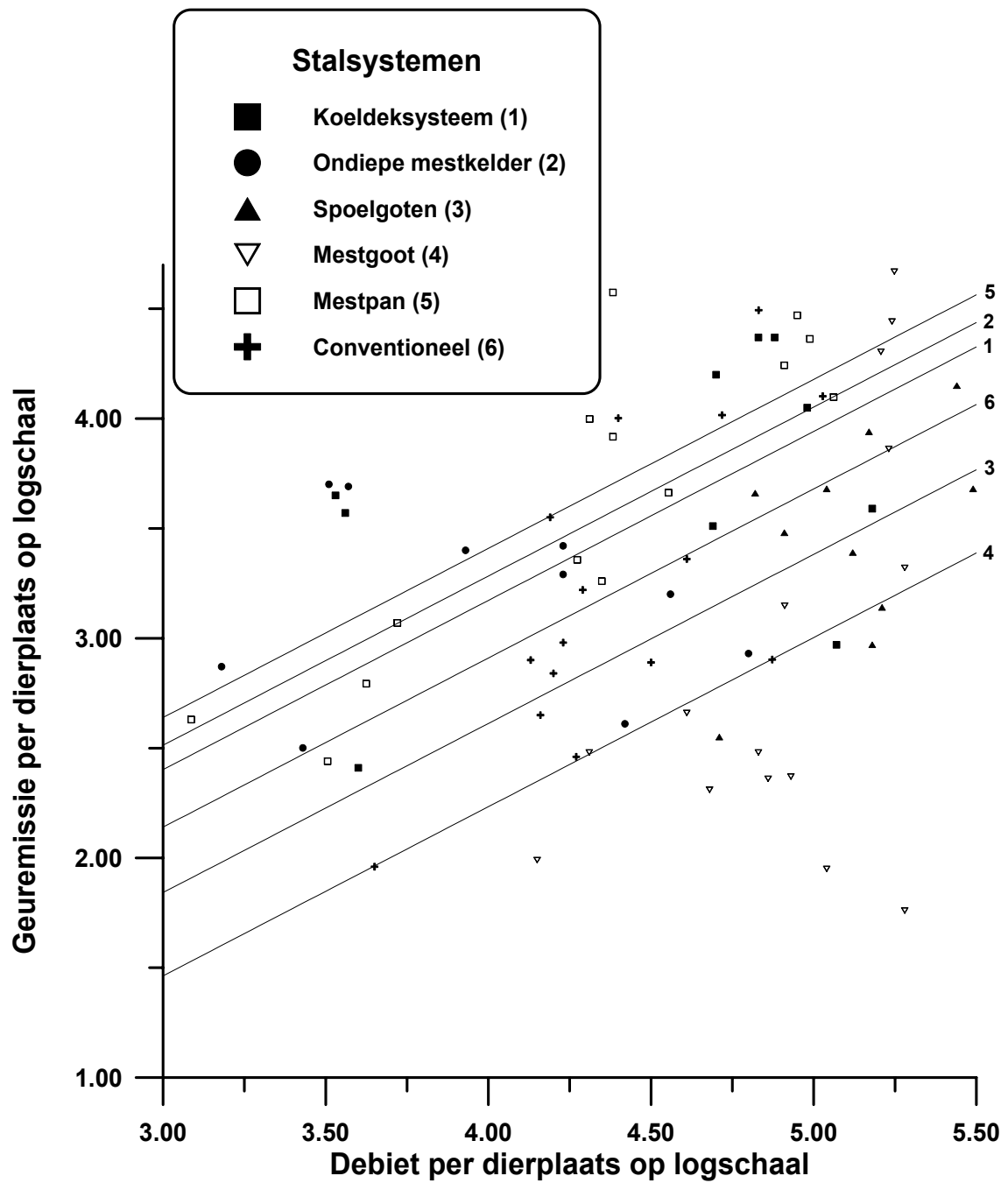
Figuur 3.3 Grafische weergave van het effect van de co-variabele ventilatiedebiet (m^3/uur per dierplaats) op de geuremissie (OU_E/s per dierplaats) voor Dragende zeugen per systeem.



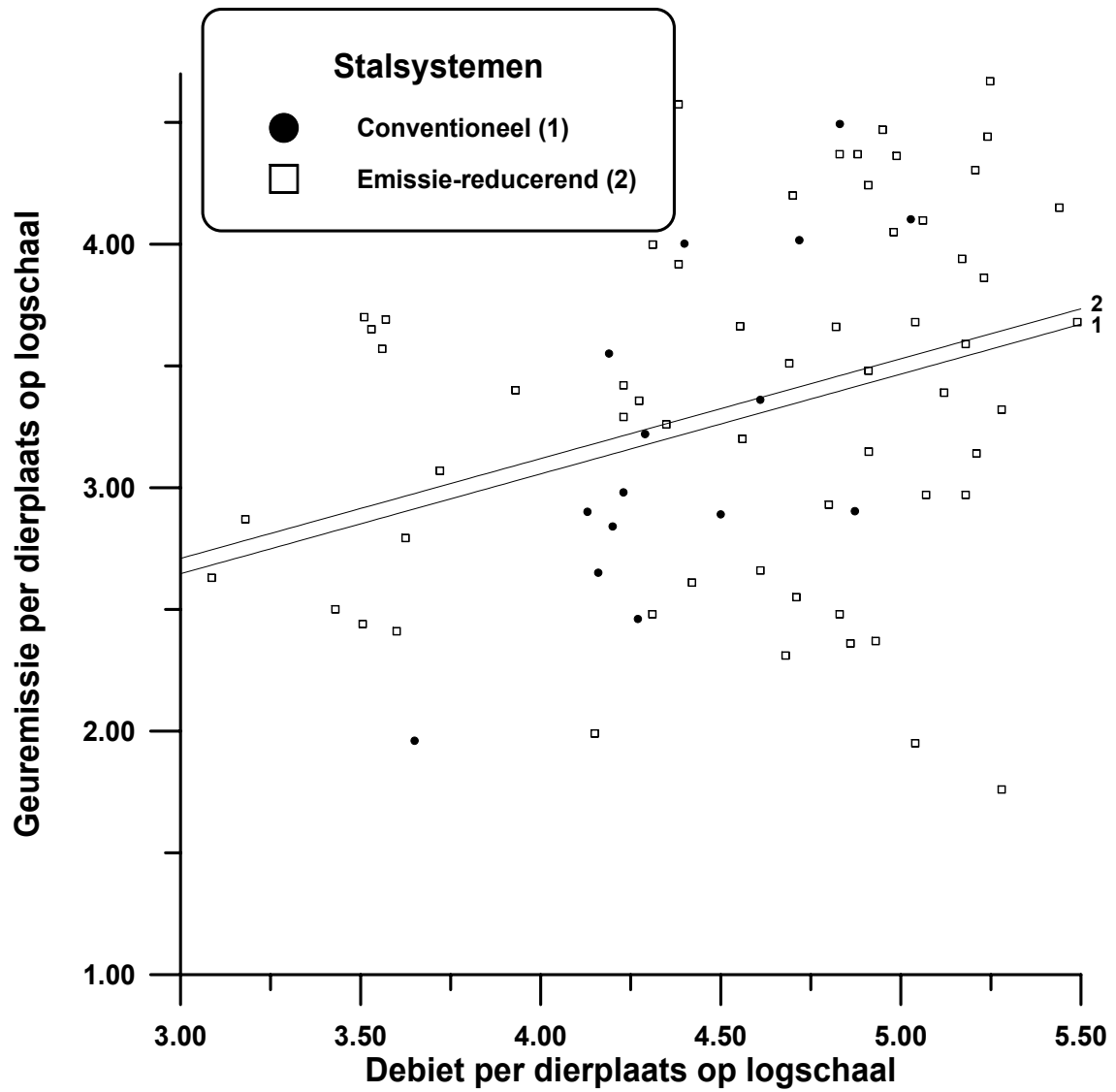
Figuur 3.4 Grafische weergave van het effect van de co-variabele ventilatiedebiet (m^3/uur per dierplaats) op de geuremissie (OU_E/s per dierplaats) voor Dragende zeugen onderverdeeld naar conventionele en emissiereducerende systemen.



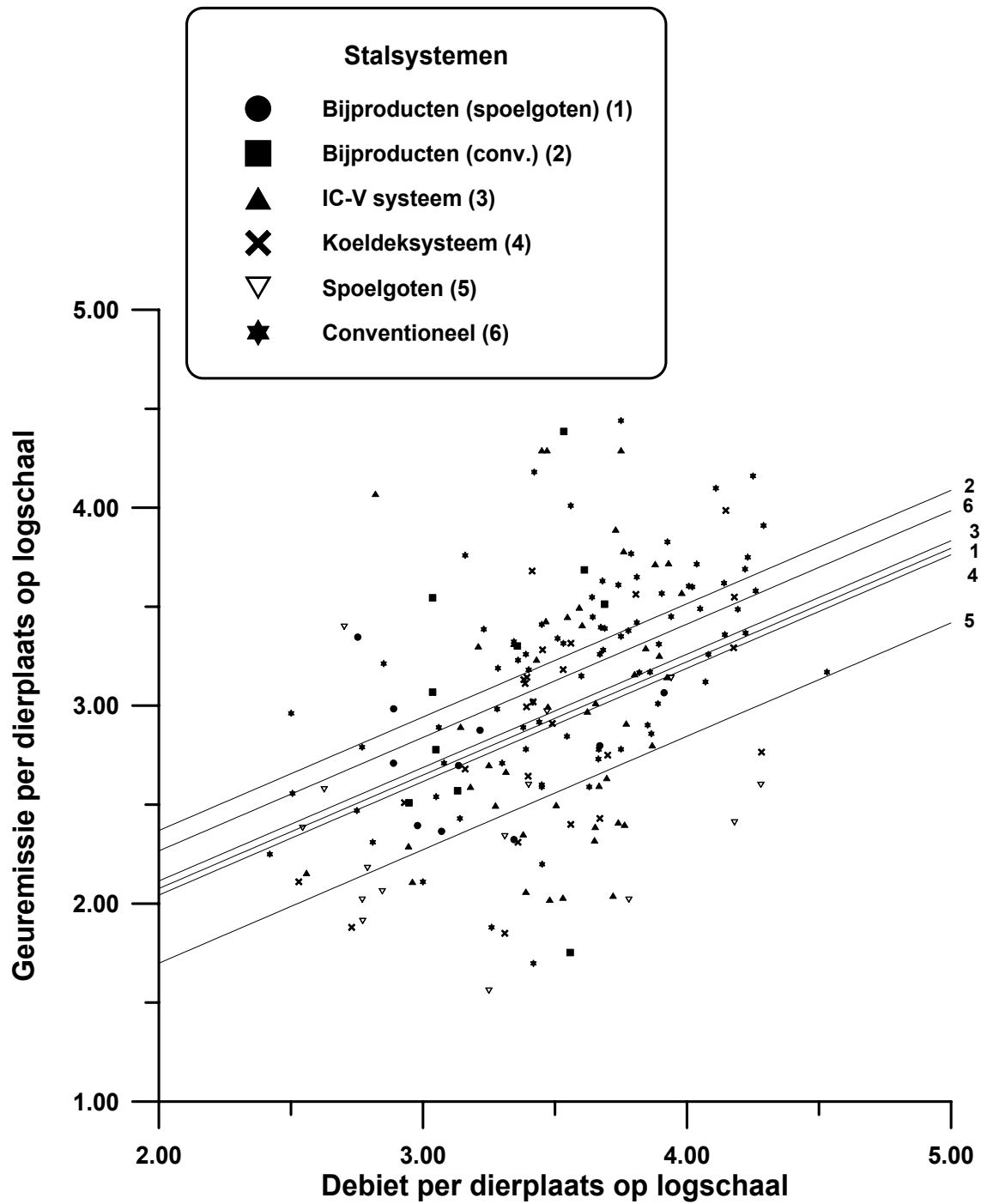
Figuur 3.5 Grafische weergave van het effect van de co-variabele ventilatiedebiet (m^3/uur per dierplaats) op de geuremissie (OU_E/s per dierplaats) voor Kraamzeugen per systeem.



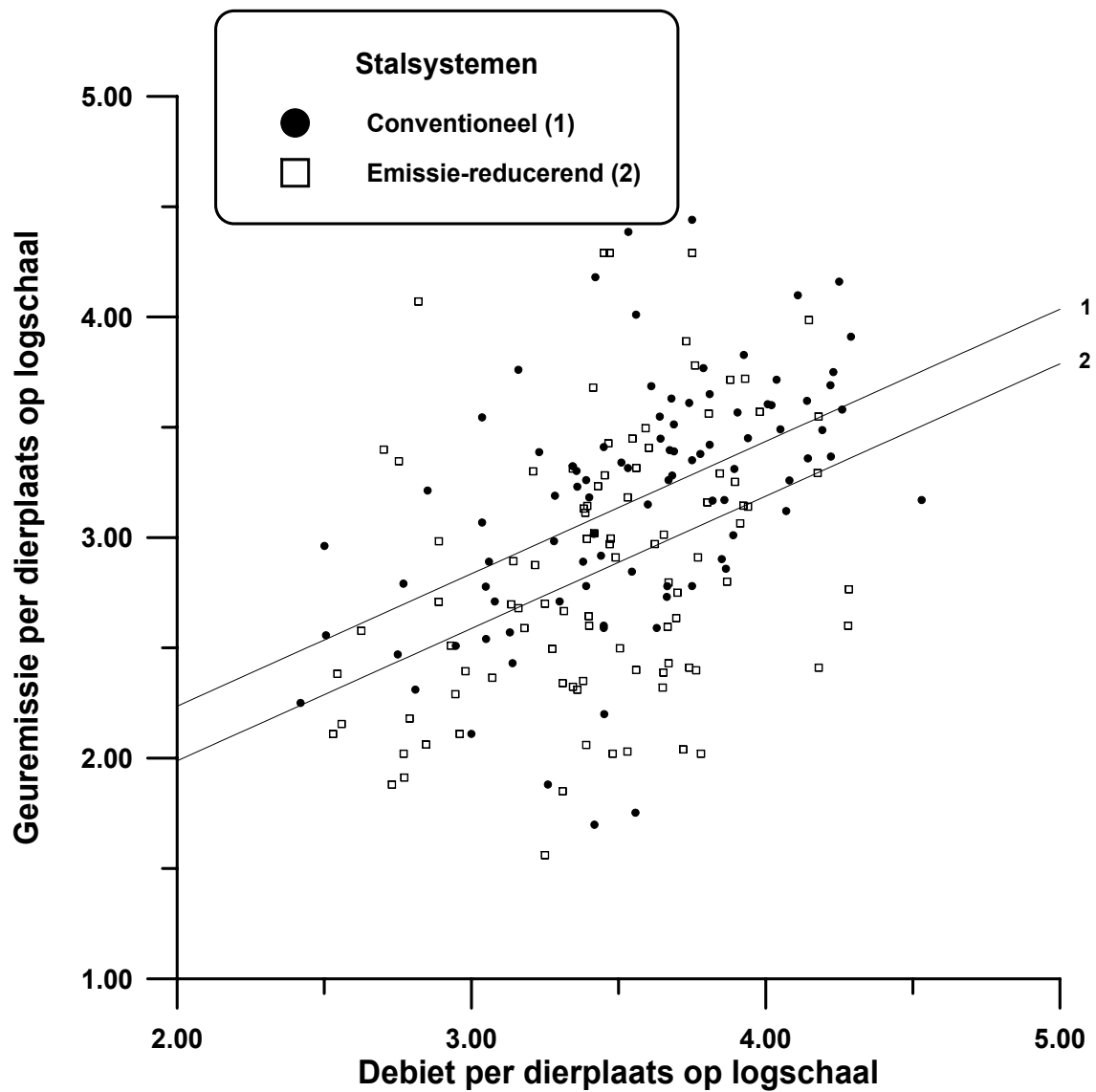
Figuur 3.6 Grafische weergave van het effect van de co-variabele ventilatiedebiet (m^3/uur per dierplaats) op de geuremissie (OU_E/s per dierplaats) voor Kraamzeugen onderverdeeld naar conventionele en emissiereducerende systemen.



Figuur 3.7 Grafische weergave van het effect van de co-variabele ventilatiedebiet (m^3/uur per dierplaats) op de geuremissie (OU_E/s per dierplaats) voor Vleesvarkens per systeem.



Figuur 3.8 Grafische weergave van het effect van de co-variabele ventilatiedebiet (m^3/uur per dierplaats) op de geuremissie (OU_E/s per dierplaats) voor Vleesvarkens onderverdeeld naar conventionele en emissiereducerende systemen.



3.5 Overige resultaten

3.5.1 Het effect van spoelen op de geuremissie

Bij sommige systemen berust het emissiereductieprincipe op het regelmatig (in veel gevallen dagelijks) verwijderen van de mest. Twee bekende systemen in de varkenssector die hierop gebaseerd zijn, zijn het spoelgotensysteem en de mestgoot. Het voordeel van deze systemen is dat de mest niet lang in de mestkelders opgeslagen blijft, maar snel wordt afgevoerd naar de centrale mestopslag. Het nadeel is echter dat tijdens het proces van mestverwijdering vaak sprake is van het flink in beweging brengen van de mest waardoor piekemissies ontstaan. Dit soort piekemissies is met name voor geur van belang omdat geurhinder in veel gevallen juist wordt veroorzaakt door de pieken. Voor een aantal locaties is in het onderhavige onderzoek speciaal aandacht besteed aan deze piekemissies.

De strategie die hierbij werd toegepast gaat uit van min of meer gepaarde waarnemingen aan het systeem gedurende niet spoelen en wel spoelen. Op de eerste dag wordt het systeem op de reguliere manier bemonsterd terwijl er niet gespoeld wordt. De dag erna wordt het systeem in twee fasen bemonsterd, van 10 tot 11 uur 's ochtends en van 11 tot 12 uur 's ochtend. Tijdens het eerste uur wordt de spoelinstallatie aangezet. Dit betekent dat de in de bemonsterde afdeling aanwezige mest tijdens het eerste deel van dit uur werd verwijderd. De piekgeuremissie valt dus tijdens dit eerste uur, tijdens het tweede uur wordt bemonsterd om na te gaan of een eventueel spoeleffect ook kort na het spoelen aantoonbaar blijft.

Tabel 3.8 Overzicht van de metingen waarbij het effect van spoelen is onderzocht. Weergegeven staan de geuremissie van de reguliere meting, de geuremissie tijdens het uur waarin gespoeld wordt, en de geuremissie in het uur direct na het spoeluur (allen in OU_E/s per dierplaats). De laatste twee kolommen bevatten de resultaten van een F-test op het verschil in varianties en een t-test op het verschil in gemiddelden tussen regulier en spoelen.

Diercategorie	n	Spoeluur	Uur na Spoelen	Reguliere meting	F-test	t-test
Biggen	10	9,5	6,3	4,5	0,18	0,04
Vleesvarkens	10	38,0	19,2	15,7	0,05	0,24
Kraamzeugen	10	149,5	38,6	31,9	0,25	<0,001
Dragende zeugen	10	52,8	14,6	14,9	0,47	0,007
	10	64,5	43,8	18,2	0,06	<0,001

In tabel 3.8 staan de resultaten van de locaties waar aan piekmissies is gemeten. Uit de resultaten blijkt dat er inderdaad sprake is van piekmissies; in vier van de vijf gevallen zijn de geuremissies die zijn gemeten tijdens het uur waarin gespoeld werd zijn significant ($p < 0,05$) hoger dan die zijn gemeten tijdens de reguliere metingen zonder spoelen (zie kolom t-test). Deze pieken zijn duidelijk gerelateerd aan het spoelmoment want een uur na het spoelen is de geuremissie in de meeste gevallen vrijwel terug op het normale niveau. De geuremissies tijdens dit uur zijn al niet meer significant te onderscheiden van die van de reguliere meting zonder spoelen. De spreiding in de metingen vertoont tijdens het spoeluur geen ander patroon dan tijdens de uren dat niet wordt gespoeld (zie kolom F-test). Het niveau waarop de geuremissie van dit soort systemen zich bevindt wanneer niet wordt gespoeld verschilt niet significant van dat van andere systemen (zie §3.4).

Geconcludeerd kan worden dat de geuremissie tijdens het spoeluur een factor 3 - 3,5 hoger ligt dan normaal.

3.5.2 Het effect van het voeren van natte bijproducten op de geuremissie

Een van de belangrijkste managementfactoren die van groot belang wordt geacht voor de geuremissie is het type voer. Een belangrijk verschil op dit gebied in de varkenssector is dat tussen droogvoer en natte bijproducten. De huidige dataset bevat de gegevens van vier locaties waar natte bijproducten werden gevoerd, de rest voerde droogvoer. In deze paragraaf wordt nader bekeken of er in dit onderzoek aanleiding is om aan te nemen dat dit verschil in voertype ook leidt tot een verschil in geuremissie. Daartoe is tabel 3.9 samengesteld, waarin de vier stallen waar natte bijproducten worden gevoerd worden vergeleken met de gemiddelden van zowel de conventionele als de NH₃-emissiereducerende systemen. Uit deze vergelijking blijkt dat de locaties waar bijproducten werden gebruikt niet opvallend afwijken van de overige systemen. Een groot deel van de bandbreedte die aanwezig is in de totale diercategorie is ook terug te vinden op de locaties waar bijproducten worden gevoerd. Dit resulteert voor twee locaties in een gemiddelde geuremissie die precies ligt tussen de gemiddelde waarden voor conventionele en NH₃-emissiereducerende systemen (Biggen en Vleesvarkens), voor één locatie in een gemiddelde geuremissie die beduidend hoger is (Dragende zeugen), en voor één locatie in een gemiddelde geuremissie die beduidend lager is (Vleesvarkens).

Tabel 3.9 Overzicht van de metingen aan systemen waar natte bijproducten werden gevoerd. Weergegeven staan de debietgecorrigeerde geuremissie van de betreffende systemen alsmede de range die op deze locaties is gemeten (niet debiet gecorrigeerd). Ter vergelijking staan ook weergegeven de debietgecorrigeerde geuremissie voor het totaal van conventionele en emissiereducerende systemen alsmede de overall range voor de diercategorie. (Alles in OU_E/s per dierplaats)

Diercategorie	Systeem	Geuremissie	Range	Conv.	Em. reduc.	Overall Range
Biggen	Mestgoot	6,5	0,9 - 14,6	7,8	5,4	0,2 - 27,2
	schuine wand					
Dragende zeugen	Spoelgoten	37,3	19,3 - 124,6	20,3	17,9	4,1 - 124,6
Vleesvarkens	Spoelgoten	10,9	10,2 - 28,4	23	17,9	5,5 - 80,3
	Conventioneel	22,3	5,8 - 80,3	23	17,9	5,5 - 80,3

De conclusie die uit dit onderdeel van het onderzoek kan worden getrokken is dat het voeren van natte bijproducten niet tot een aantoonbaar andere geuremissie leidt dan het voeren van droogvoer.

3.5.3 Biologische wassers

De vier nageschakelde technieken die in dit onderzoek zijn doorgemeten zijn allen biologische wassers. Het betreft in twee gevallen een wasser die is geplaatst achter een centrale afzuiging van een grote stal met een combinatie van varkenscategorieën, in één geval betreft het een wasser die is aangesloten op een grote stal met uitsluitend vleesvarkens, en in één geval betreft het een biotrickling die is geplaatst achter een mestdrooginstallatie van een varkensstal. In tabel 3.10 staan de rendementen die aan deze wassers zijn bepaald.

Tabel 3.10 Overzicht van het geurverwijderingsrendement (%) en de variatie daarin voor een aantal biowassers

Systeem	Rendement	Variatiecoëfficiënt
Biotrickling 1	37	59
Biotrickling 2	51	66
Biowasser 1	47	71
Biowasser 2	37	82

Vergeleken met de prestaties van een chemische wasser van gemiddeld 30% geurverwijdering in een eerder onderzoek (Ogink en Lens, 2000) presteren alle biologische wassers be-

ter. Echter, deze verschillen zijn zwak significant ($p=0,051$) vanwege de hoge spreiding in alle meetseries die aan wassers zijn gemeten. Uit een vergelijking van de in tabel 3.10 vermelde wasser bleek dat geen van de wassers significant is te onderscheiden van de anderen ($p \gg 0,05$).

Het fenomeen van de grote spreiding in de verwijderingsrendementen van luchtwassers verdient aparte aandacht. De spreiding kan in principe veroorzaakt worden door de gebruikte olfactometrische methode voor geurbepaling, door de werking van de wasser of door een combinatie van beide. Een voor de hand liggende gedachte is dat schommelingen in geurrendementen veroorzaakt worden door de relatief grote spreiding die verbonden is met de olfactometrische bepaling van geurconcentraties. Vergeleken met doorsnee chemisch-analytische bepalingsmethoden is de ruis inderdaad groot.

Wanneer, als voorbeeld, de geurconcentraties in de ingaande en uitgaande lucht van één van de wassers worden vergeleken, dan blijkt dat zowel de gemiddelde waarden als de varianties van de meetreeksen significant van elkaar verschillen. De gemiddelde geurconcentratie van de uitgaande lucht is ongeveer de helft van de gemiddelde geurconcentratie van de ingaande lucht. De variantie van de geurmetingen in de uitgaande lucht is echter 5 maal zo hoog als de variantie van de metingen in de ingaande lucht. Dit duidt erop dat het functioneren van de wasser zelf en niet de olfactometrische methode de oorzaak is van de variatie in het geurverwijderingsrendement. Wanneer de schommelingen in het geurverwijderingsrendement veroorzaakt zouden zijn door de relatief grote ruis in de olfactometrische bepaling, dan zouden de varianties van de ingaande en uitgaande luchtstroom ongeveer gelijk moeten zijn. Kwantitatief betekent de 5 maal zo hoge variantie van de metingen na de wasser dat ongeveer 4/5 of 80% van de schommelingen in het rendement het gevolg is van het functioneren van de wasser.

De aanname dat de schommelingen in het geurverwijderingsrendement het gevolg zijn van de onnauwkeurigheid in het bepalen van geurconcentraties is dus onjuist. Het grootste deel van deze schommelingen wordt veroorzaakt door de wasser zelf. Het is echter duidelijk dat ook voor biologische wassers op dit moment het rendement gemiddeld de 50% niet overstijgt. Dit heeft mogelijk te maken met het feit dat deze wassers voor ammoniak zijn geoptimaliseerd en niet voor geurcomponenten.

4 Slotbespreking en conclusies

De doelstelling bij aanvang van dit onderzoeksproject was enerzijds het opbouwen van een complete dataset met geuremissiemetingen voor alle in de RAV-lijst onderscheiden veehouderijsystemen, en anderzijds het beoordelen van de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de geuremissiemetingen. De realisatie van deze doelstellingen dient in een onderbouwde basis te voorzien voor een geurhinderregulering met geuremissiefactoren voor de diverse stalsystemen. Het op deze wijze systematisch onderbouwen van de geurhinderregulering door geuremissieonderzoek werd mogelijk gemaakt door de standaardisatie sinds 1995 in het meten van geuremissie (olfactometrie norm) en kent geen voorbeelden in Europa of daarbuiten. Als zodanig betreft het hier een uniek onderzoek met een groot aantal uitdagingen in zowel de te gebruiken methodes, de uitvoering en de interpretatie van de gegevens. Om een zo realistisch mogelijk beeld te krijgen is daarbij bewust gekozen voor een aanpak met metingen in de veehouderijpraktijk in plaats van waarnemingen onder gecontroleerde omstandigheden in proefruimtes. Om tevens een verband te kunnen leggen tussen de geurbelasting van de omgeving en de werkelijk ondervonden hinder door omwonenden werd gelijktijdig een ander onderzoek opgezet waarin door middel van enquêtering een dosisrespons relatie werd ontwikkeld voor de ondervonden geurhinder (VROM, 2001). Hierbij werd voor de schatting van de geurbelasting door stallen gebruik gemaakt van voorlopige resultaten uit het geuremissieonderzoek.

Om de tweeledige doelstelling te verwezenlijken is aanvankelijk gekozen voor een onderzoeksopzet die analoog is aan die binnen de praktijk van het meten van ammoniakemissies, namelijk het in enkelvoud meten van een stal voor ieder van de onderscheiden systemen. Uit eerder onderzoek van Ogink en Lens (2000) bestond al de indruk dat een dergelijke aanpak een tamelijk beperkt onderscheidend vermogen oplevert wat betreft stalsysteemeffecten. Omdat in dit voorgaande onderzoek NH₃-emissiereducerende principes niet over meerdere diercategorieën werden herhaald was toen nog niet duidelijk of door het combineren van resultaten uit meerdere diercategorieën al of niet een consistent beeld van de effecten van deze principes kon worden gecreëerd.

De eerste tussentijdse analyse van de resultaten van de metingen uit het eerste jaar (2000) van dit onderzoek bevestigden de geuremissieniveaus voor de verschillende diercategorieën zoals in eerder onderzoek vastgesteld. Dit wekt vertrouwen in de gestandaardiseerde olfactometrie als goed reproduceerbare meetmethode. Ook het eerdere beeld van een forse variatie, zowel binnen bedrijven als tussen bedrijven, wordt bevestigd (Tabel 3.1). Variatiecoëfficiënten die de spreiding van metingen binnen hetzelfde bedrijf uitdrukken hebben al snel de orde van grootte van 50% en meer. Dit betekent dat vele factoren de geuremissie uit een stal in de praktijk beïnvloeden. In principe biedt dit een perspectievolle basis om de geuremissie door gerichte maatregelen terug te dringen. Uit de tussentijdse analyse werd

tevens duidelijk dat stalsystemen met emissiereducerende principes, ontworpen voor de terugdringing van ammoniak, geen eenduidig beeld vertoonden t.a.v. de reductie van de geuremissie. Geconcludeerd kan worden dat naast het stalsysteem tal van andere factoren een belangrijke rol spelen. Uit de analyse blijkt dat klimaats- en gewichtgerelateerde factoren die zijn gekoppeld aan de stalventilatie een duidelijk significant effect op de geuremissie uitoefenen. Niettemin blijft na verdiscontering van deze effecten nog een forse variatie over, waarschijnlijk veroorzaakt door allerlei managementfactoren waaronder voertype en stalhygiëne.

Vanuit de oorspronkelijke doelstelling bezien was het na de tussentijdse analyse duidelijk dat een volledige detaillering naar alle op de RAV-lijst voorkomende stalsystemen moeilijk haalbaar zou zijn aangezien dit een veel grotere en kostbare onderzoeksinspanning per stalsysteem zou vergen door het grote aantal herhalingen. Bovendien kan men zich afvragen of een dergelijke detaillering vanuit het perspectief van regelgeving zinvol is, aangezien andere, managementgerelateerde factoren eveneens een belangrijke rol spelen.

Voor het vervolg van dit onderzoek in 2001 en 2002 werd de opzet gewijzigd met als doel een overall beeld te verkrijgen van de werking van emissiereducerende principes over diercategorieën. De hiervoor ingezette herhalingsmetingen in 2001 leverden niet voldoende informatie om eenduidige uitspraken te kunnen doen over de werking van emissiereducerende principes, zoals het verkleinen van het emitterend oppervlak, koelen van de toplaag van opgeslagen mest, en het snel verwijderen van mest uit de stal door spoelen. Statistische analyse van de gehele dataset liet echter zien dat de NH₃-emissiereducerende stalsystemen als totale groep gemiddeld gezien wel een lagere geuremissie hebben dan conventionele systemen in een aantal varkenscategorieën. Door het kiezen van een gewijzigde opzet in de derde fase van het onderzoek (2002), waarbij zoveel mogelijk niet-systeemgerelateerde (management)factoren werden uitgeschakeld, bleek dit beeld te kunnen worden onderbouwd. Verkleining van het emitterend oppervlak en koelen van de mest hebben in potentie een positief effect op het terugdringen van de geuremissie. Ook onder deze gecontroleerde omstandigheden kwam echter een duidelijke interactie met bedrijfsmanagement naar voren, het werkt op sommige bedrijven namelijk wel en op andere niet. Vooralsnog is niet duidelijk welke managementfactoren hierbij doorslaggevend zijn. Mogelijk hebben andere reducerende principes uit dit onderzoek, zoals bijv. de spoelgoten, de mestgoot, de mestpan of een strobed, eveneens positieve effecten. Om dit aan te tonen zijn echter waarnemingen nodig uit vergelijkend onderzoek onder gelijk bedrijfsmanagement.

Tot slot kan geconcludeerd worden dat, hoewel minder gedetailleerd dan oorspronkelijk voorzien, dit onderzoek in combinatie met de resultaten uit het eerdere onderzoek tussen 1996 en 1999 voor het eerst een onderbouwd beeld heeft geleverd van de onderlinge verhoudingen in geuremissie tussen de verschillende diercategorieën. Aangetoond is dat de emissiereducerende principes, die zijn ontwikkeld voor het terugdringen van ammoniak, de

geuremissie kunnen terugdringen, zij het dat het beeld niet consistent is over de diercategorieën. Tal van andere factoren, zoals bijv. het voertype, de bedrijfshygiëne, de specifieke luchtstromingspatronen in de stal, en de dieractiviteit, hebben een grote invloed op de geuremissie uit stallen.

Referenties

- Amstel, A.R. van, R.J. Zwart, M.S. Krol, J.P. Beck, A.F. Bouwmand en K.W. van der Hoek, 1993. Methane, the other greenhouse gas. Research and Policy in the Netherlands. RIVM-rapport 48 15 07 001, Bilthoven.
- Bleijenberg, R, en J.P.M. Ploegaert, 1994. Handleiding voor de IMAG-DLO meetmethode ter bepaling van ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen. IMAG-DLO rapport 94-1, Wageningen.
- Geelen, M. van, 1986. Stankbestrijdingstechnieken. IMAG, publikatie 216, Wageningen.
- Hartung, J., 1985. Dust in livestock buildings as a carrier of odours. In: Odour prevention and control of organic sludge and livestock farming. Ed. V.C. Nielsen, J.H. Voorburg & P. L'Hermite. Workshop Silsoe 1985
- Hammond, E.G., C. Fedler en R.J. Smith, 1981 . Analysis of particle-borne swine house odors. Agriculture and Environment, 6:395-401.
- Mosquera, J., P. Hofschreuder, J.W. Erisman, E. Mulder, C.E. van 't Klooster, N. Ogink, D. Swierstra and N. Verdoes, 2002. Meetmethoden gasvormige emissies uit de veehouderij. IMAG Rapport 2002-12, IMAG, Wageningen, 260 pp.
- NEN 6472
- NER, 1992. Nederlands Emissie Richtlijn – Lucht; editie mei 1992, Commissie Emissies Lucht, Stafbureau NER, Bilthoven.
- NNI, 1995. NVN 2820 Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, Maart 1995.
- NNI, 1996. NVN 2820/A1. Luchtkwaliteit, Sensorische geurmetingen met behulp van een olfactometer. Wijzigingsblad NVN 2820/A1. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Ogink, N.W.M. en P.N. Lens, 2000. Geuremissies uit de veehouderij. Overzichtsrapportage van geurmetingen in de varkenshouderij, pluimveehouderij en rundveehouderij. IMAG Nota P 2000-11, IMAG, Wageningen, 36 pp.
- Ogink, N.W.M. en G. Mol, 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG Nota P 2002-57, IMAG bv, Wageningen, 31 pp.
- Ogink, N.W.M. en J.V. Klarenbeek, 1997. Evaluation of a standard sampling method for determination of odour emission from animal housing systems and calibration of the

- Dutch pig odour unit into standardized odour units. Proceedings of the international symposium: Ammonia and odour control from animal production facilities. Vinkeloord, The Netherlands, October 6-10, 1997, p.231-238
- Ogink, N.W.M., C. ter Beek en J.V. Klarenbeek, 1997. Odor emissions from traditional and low-emitting swine housing systems. ASAE Annual meeting, Minneapolis, USA, August 9-16, 1997, Paper no. 974036
- prEN 13725, 1999. Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry (Document for review 1999). European committee for standardisation. Working Group 2 of CEN Technical Committee 264 'Air Quality'.
- Regeling Ammoniak en Veehouderij (versie mei 2002), Infomil, Den Haag, 86 pp.
- VROM en LNV, 1985. Brochure Veehouderij en Hinderwet
- VROM, 1985. Beoordeling cumulatieve stankhinder door intensieve veehouderij. Lucht 46. Publicatie van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening, en Milieubeheer, Den Haag.
- VROM, 1994. Document Meten en Rekenen Geur (1994). Publicatierreeks Lucht 115, Distributiecentrum VROM, Zoetermeer.
- VROM en LNV, 1996a. Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996. Publicatie van de Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- VROM en LNV, 1996b. Beoordelingsrichtlijn in het kader van Groen Label stallen, uitgave maart 1996. Publicatie van de Ministeries van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- VROM, 2001. Geurhinderonderzoek stallen intensieve veehouderij. Publicatie VROM 010164/h/04-01 22317/209, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Maart 2001.
- Werkgroep Emissiefactoren, 1995. Meetprotocol voor geuremissies uit stallen. Verkrijgbaar via het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Williams, A.G., 1989. Dust and odour relationships in broiler house air. Journal of agric. Engng. Res. 44:175-190
- Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In: E.N.J. van Ouwkerk (ED.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 38-40.

Samenvatting

Het onderzoek waarvan in het voorliggende rapport verslag wordt gedaan is tot stand gekomen in het kader van de onderbouwing van de wet- en regelgeving op het terrein van de geurhinder in de landbouw. Geurhinder in de landbouw wordt veroorzaakt door twee hoofdbronnen: het uitrijden en toedienen van dierlijke mest, en de geuremissie van veehouderijgebouwen. Het geurinstrumentarium dat gemeentes op dit moment ter beschikking staat om geurhinder te reguleren staat beschreven in de Richtlijn Veehouderij en Stankhinder 1996, door jurisprudentie aangevuld met de Brochure Veehouderij en Hinderwet uit 1985 en de uitgave uit de serie Lucht over de beoordeling van cumulatieve stankhinder door intensieve veehouderij (VROM, 1985). De basis wordt hierbij gevormd door een systematiek waarbij de geuremissies van de diverse diercategorieën worden uitgedrukt relatief t.o.v. een mestvarken met behulp van de zogenaamde mestvarkeneenheid. Voorts wordt deze relatieve maat voor de geuremissie gekoppeld aan een afstandsgrafiek op basis waarvan belaste objecten een minimale afstand moeten hebben t.o.v. de veehouderijgebouwen die de geur veroorzaken.

Sinds 1995 zijn de technische mogelijkheden om goed reproduceerbaar geur te meten aanzienlijk verbeterd. Met deze verbeterde meettechniek, de olfactometrie, werd de vraag naar een nadere getalsmatige onderbouwing van het geurinstrumentarium actueel. Een belangrijk uitgangspunt bij deze onderbouwing was dat naast een lijst met geuremissiefactoren voor de thans beschikbare (conventionele en (ammoniak)emissiereducerende) stalsystemen, ook in de toekomst te ontwikkelen systemen zouden moeten kunnen worden opgenomen. Een gestandaardiseerd meetprotocol en een goed reproduceerbare meettechniek zijn daarbij essentieel. De doelstelling van dit onderzoek was daarom tweeledig. Enerzijds het opbouwen van een zo compleet mogelijke dataset met geuremissiemetingen in alle diersectoren en diercategorieën. Anderzijds de beoordeling van de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van de geuremissiemetingen.

De materialen en methoden die in dit onderzoek zijn gehanteerd worden beschreven in hoofdstuk 2. De algemene benadering bij het bepalen van de geuremissie van een veehouderijgebouw bestaat uit het schatten van het niveau en de spreiding van de geuremissie. Dit gebeurt aan de hand van een steekproef van 10 monsters van goed gemengde ventilatie lucht waaraan de geurconcentratie wordt gemeten, en aan de hand waarvan de mediaan en de spreiding van de geuremissie worden berekend. De steekproef vindt plaats volgens een vast protocol en zoveel mogelijk op praktijkbedrijven. De geuremissiemeting is gebaseerd op een representatieve bepaling van de geurconcentratie in de ventilatielucht door middel van olfactometrie, en bepaling van het ventilatiedebiet.

In eerste instantie was de opzet van het onderzoek erop gericht om een groot deel van de stalsystemen van de RAV-lijst (Regelgeving Handreiking Ammoniak en Veehouderij) door te meten, maar na analyse van de metingen van het eerste jaar is een koerswijziging in het onderzoek doorgevoerd waardoor de meeste metingen aan stalsystemen in de varkenssector hebben plaatsgevonden.

De resultaten worden in hoofdstuk 3 in vijf paragrafen besproken, de eerste drie paragrafen beschrijven de drie fasen van het onderzoek, de vierde paragraaf bevat een analyse van de resultaten gemeten in de varkenssector in alle drie de fasen, en de vijfde paragraaf bespreekt nog enkele losse aandachtspunten zoals de structurele piekemissies bij spoelgoten en mestgoten, de invloed van het veevoer op de geuremissie, en het geurverwijderingsrendement van nageschakelde technieken.

In fase 1 was het uitgangspunt dat op systematisch wijze de lijst met de stalsystemen zou worden bemeaten, zowel conventionele als NH₃-emissiereducerende. In het eerste jaar zijn 25 stallen geselecteerd en gemeten, de nadruk lag hierbij op stallen in de varkenssector. Een eerste constatering over het meten van geurconcentraties is dat de olfactometrie een volwassen, goed reproduceerbare meettechniek is gebleken; de geuremissieniveaus die in dit onderzoek zijn gemeten, zijn goed vergelijkbaar met de niveaus uit eerder onderzoek. Een opvallend fenomeen bij het meten van geuremissies dat duidelijk naar voren komt in fase 1, is de grote spreiding van de resultaten, zowel binnen de diverse locaties als tussen de verschillende locaties per diercategorie. Uit een nadere analyse van gegevens uit de varkenssector bleek dat er voor alle varkensdiercategorieën een significant debieteffect is. De waarden voor de geuremissies van de verschillende systemen kunnen na deze analyse voor dit debieteffect worden gecorrigeerd. Het voordeel van deze debietgecorrigeerde waarden is dat zij direct met elkaar te vergelijken zijn zonder dat het debiet een verstoring effect heeft. Wat verder uit de analyse blijkt is dat het onderscheidend vermogen op systeemniveau tekort schiet, systemen moeten in de orde van grootte van 40-60% van elkaar verschillen om significant van elkaar af te wijken. Bovendien kunnen zonder herhalingen locatie- en systeemeffecten niet van elkaar worden onderscheiden. Twee andere belangrijke conclusies uit deze fase zijn: 1) ammoniakemissiereducerende principes reduceren niet noodzakelijkerwijs ook de geuremissie en 2) ammoniakemissiereducerende systemen gedragen zich wat betreft hun geuremissie over verschillende varkensdiercategorieën niet consistent.

In fase 2 werd ingestoken op het vergroten van het onderscheidend vermogen door herhalingsmetingen aan diverse systemen uit te voeren. De tien herhalingsmetingen aan varkensstalsystemen die in deze fase zijn uitgevoerd hebben wederom de geuremissieniveaus uit eerdere metingen bevestigd, maar het onderscheidend vermogen niet of nauwelijks kunnen vergroten. De bandbreedte die per systeem aanwezig is komt op de meeste bemeaten locaties overeen met de totale bandbreedte voor de betreffende diercategorie. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat naast een invloed van het NH₃-emissiereducerende systeem

ook andere factoren, zoals bedrijfshygiëne, voedertypen en voerregime, watervoerhouding, een significante invloed uitoefenen op de geuremissie van stallen. Deze managementfactoren verschillen tussen bedrijven en kunnen op die manier verstorend werken op het onderscheidend vermogen van de NH₃-emissiereducerende systemen.

In fase 3 was de insteek van de begeleidingscommissie om de potentie van stalsystemen wat betreft geuremissiereductie beter in beeld te krijgen. Daarom is in deze fase gekozen voor een onderzoeksopzet waarbij managementfactoren zoveel mogelijk werden uitgeschaald. Om dit in de praktijk te kunnen uitvoeren is geopteerd voor het meten van verschillende systemen op dezelfde praktijklocatie zodat de managementfactoren identiek zijn. Hiervoor zijn stallen geselecteerd in de vleesvarkencategorie, met droogvoer gevoerd, met gelijke opleg in de te meten afdelingen, en zodanig op een bedrijf aanwezig dat naast een stal waarin een NH₃-emissiereducerend systeem was geplaatst ook een stal aanwezig was die nog in conventionele staat verkeerde. De resultaten van deze gepaarde waarnemingen, gemeten aan 5 bedrijven, wijzen uit dat het uitschakelen van zoveel mogelijk ongewenste variatie er toe leidt dat NH₃-emissiereducerende systemen significant van conventionele systemen kunnen worden onderscheiden

Systemen waarbij de mest zeer frequent uit de stal wordt verwijderd, zoals spoelgoten en sommige mestgoten, hebben wanneer niet wordt gespoeld een geuremissie vergelijkbaar met andere systemen in dezelfde diercategorie. Tijdens het wegspoelen van de mest ontstaat in het uur van spoelen een piek in de geuremissie die ongeveer 3 - 3,5 maal zo hoog is. De resultaten van dit onderzoek wijzen niet op een andere geuremissie wanneer natte bijproducten worden gevoerd in plaats van droogvoer.

Biologische luchtwassers leveren een geurverwijderingsrendement van 40 - 50%. Ze lijken daarmee in potentie beter te kunnen presteren dan chemische luchtwassers (zo'n 30% geurverwijderingsrendement), maar door de grote spreiding in de rendementen was slechts sprake van een zwak significant verschil tussen biologische en chemische wassers ($p=0,10$). Het fenomeen van de grote spreiding in het verwijderingsrendement van luchtwassers wordt voor het grootste deel (80%) veroorzaakt door schommelingen in de prestaties van de wassers. Dit blijkt uit een correctie van de totale variantie voor de meetfout.

Tot slot kan geconcludeerd worden dat, hoewel minder gedetailleerd dan oorspronkelijk voorzien, dit onderzoek in combinatie met de resultaten uit het eerdere onderzoek tussen 1996 en 1999 voor het eerst een onderbouwd beeld heeft geleverd van de onderlinge verhoudingen in geuremissie tussen de verschillende diercategorieën. Aangetoond is dat emissiereducerende principes, die zijn ontwikkeld voor het terugdringen van ammoniak, de geuremissie kunnen terugdringen, zij het dat het beeld niet consistent is over de diercategorieën. Tal van andere factoren, waarbij met name bedrijfsmanagement een belangrijke rol speelt, hebben een grote invloed op de geuremissie uit stallen.

Summary

The current research was carried out within the framework of developing a regulatory system to address odour nuisance caused by agricultural activities. Odour from agricultural activities originates from two main sources: the spreading of manure and the odour emissions from livestock buildings. This research focused is on the emission from livestock buildings. Municipal authorities now work with an odour regulatory system based on distance zones and odour source strength that has been applied since 1972. In this system, the odour source strength for each animal category is expressed in the so-called fattening pig unit (fpu), being the average odour emission of one fattening pig. The distance zones provide a means to discriminate between four types of residential area that are considered to have a different sensitivity to odour nuisance (at the two extremes one finds for instance agricultural residences and homes for the elderly or hospitals). Depending on the type of residential area and the odour source strength, different minimal distances between the agricultural operation and the residential area are employed.

With the development in the mid 1990s of an adequate olfactometric technique to quantify odour concentrations reproducibly, the different parties involved in odour regulation felt a need to update the odour strength values, and base them on measurements. In addition to completing the list of odour emission values for the currently available low ammonia emission housing systems, another aim was to assure that future housing systems can be easily assessed with regard to odour emission. For that purpose, a standardized measurement protocol and a reproducible measurement technique are essential. The current research therefore had a twofold aim. On the one hand the construction of a complete list of odour emissions for all agricultural animal categories, and on the other hand the assessment of the reliability and reproducibility of odour measurements.

The general approach of determining the odour emission of a housing system is to estimate the mean emission level and its variation by taking air samples from the ventilated air on 10 different days distributed over two production periods and determining the odour concentration in this air. In addition to the odour concentration the ventilation rate during sampling is being determined. The majority of the farms sampled in this research were regular production facilities. Occasionally, an animal compartment at a research station was measured. In all cases production was taking place as prescribed in the sampling protocol. This means that farm management should reflect standard farm conditions in terms of amount and quality of feed offered, ventilation system and management, manure management and animal housing and welfare criteria. At each production facility the odour emission of a single animal compartment was measured.

Initially, the three-year research campaign was set up to determine the odour emissions of the majority of available housing systems, but after analysis of the data of the first year the set up was changed resulting in a special focus on pig production facilities.

The results are presented in five sections. The first three sections discuss the results of the three phases of the research campaign, whereas the fourth section discusses the overall analysis of all results from measurements on pig production facilities. In the fifth paragraph some separate topics that were also included in the research campaign, like the effect and magnitude of structural emission peaks due to flushing systems under the slats, the effect of feed type on odour emission, and the odour removal efficiency of biotrickling systems, are discussed.

Phase one commenced with the systematic measurement of all housing systems, both conventional and NH₃-emission reducing systems, listed in the ammonia emission regulatory system. During the first year 25 farms were selected and sampled, mainly pig production facilities. A first observation is that olfactometry has become a mature, well reproducible measurement technique; odour emission levels found in this research phase were well comparable to odour emission levels found the first research programme (1996 -1999). An also recurring, remarkable phenomenon in the measurement of odour emissions was the large variation in the results, both within and between locations. Further analysis of the data of the pig facilities established a significant effect of ventilation rate on odour emission for all pig categories. Odour emission levels were corrected for this effect in order to be able to make better comparisons between different farms without the disturbing effect of ventilation rate. A second conclusion from this analysis was that the discriminating power at the system level was limited, housing systems had to differ between 40 and 60% in order to be significantly different. Besides that, without replications the system level on the location level cannot be separated. Two further major conclusions from this phase of the research are: 1) ammonia reducing housing systems do not necessarily also reduce odour emission, and 2) ammonia emission reducing housing systems are not consistent among different pig categories in their odour emission characteristics.

The aim of phase two was to increase the discriminating power at the system level by introducing replication measurements of various pig housing systems. The ten replications of pig systems confirmed the general levels of odour emission for the different pig categories, but they did not increase the discriminating power at housing system level. The range that was measured for most systems corresponds to that found for the entire pig category. This is probably so because in addition to the housing system other factors, like farm hygiene, type and regimen of feeding, and waterfeed ratio, have a significant influence on the odour emission of livestock buildings. These management factors differ among farms and can as a result obfuscate the effects of housing systems.

The aim of phase three was to isolate the effects of housing systems on the emission of odour. Therefore a research strategy was chosen that minimized the effects of management factors. To accomplish this in regular production facilities, farms were chosen that used more than one housing system within the same facility and with identical management. The research in this phase was limited to fattening pig farms with a conventional and an ammonia emission reducing housing system present and available for measurement, with dry feed system, and with synchronised production periods in both housing types. The results of the 5 sets of paired observations indicate that by minimizing the unwanted variation due to management factors it is possible to distinguish the different housing systems on the basis of their odour emission.

Housing systems with frequent removal of manure by flushing gutters underneath the slats show odour emission levels similar to other systems in the same animal category when they are not being flushed. During the flushing events odour emissions peak to levels that are on average 3 to 3.5 times as high. The results in this research campaign do not indicate a difference in odour emission between farms that feed liquid by-products and those that feed dry feed. Biotrickling installations remove odour by some 40 - 50%, which seems potentially better than chemical air treatment installations that show removal percentages around 30%. However, because of large variation in the results the difference was only slightly significant ($p=0.10$). This large variation has been analysed, by correcting the total variance with that of the odour lab, and it could for the major part (80%) be ascribed to the functioning of the air treatment installations.

Finally, it can be concluded that - be it in less detail than foreseen - the results of this research campaign together with that of the previous campaign (1996 - 1999) have provided ample information for a solid foundation of the odour regulatory system in the Netherlands. It has been shown that ammonia emission reduction techniques can have a reducing effect on the odour emission, although this effect is not consistent throughout all animal categories. Various other factors, summarized as management factors, have a significant influence on the odour emission of livestock buildings.

Bijlage 1

Bij de start van de geuremissiemetingen in 1996 is bewust de keuze gemaakt om extra meertuis door stofdeeltjes in de monsters en de olfactometer en schade aan de olfactometer door aanhechting in de leidingen te vermijden door een stoffilter (1 mm poriegrootte) te plaatsen in de inlaat van monsternamaleiding. Daarbij is een afweging gemaakt tussen enerzijds tegenstrijdige hypothesen in de literatuur dat stof in de uitgestoten lucht al of niet bijdraagt aan de geurverspreiding en geurhinder (Hammond et al., 1981; van Geelen, 1986; Hartung, 1986), en anderzijds experimenteel onderzoek dat aangeeft dat stoffiltering bij monsterring van stallucht uit een strooiselomgeving geen effect heeft op de waargenomen geurconcentratie (Williams, 1989). De relatie tussen geur en stofdeeltjes is lastig te onderzoeken omdat verifiëring van gesuggereerde effecten van stof niet of nauwelijks door olfactometrische metingen is uit te voeren, waardoor ook hypothesen t.a.v. de bijdrage van stof aan de geurverspreiding niet onderbouwd kunnen worden. In het enige, hier bekende, systematische onderzoek naar stofeffecten op olfactometrie van Williams (1989), waarbij met een stofgenerator werd gewerkt, bleek dat door elektrostatische effecten van de geurzakken en sedimentatie van stof in de geurzakken slechts 5% van de stofmassa in de monsterlucht van de zakken kon worden teruggevonden. Waarschijnlijk ten gevolge van deze sedimentatie kon geen verschil in geurconcentratie worden aangetoond tussen monster met en zonder stoffilter bij de inlaat. Het onderzoek van Williams toont aan dat bemonstering van stofrijke stallucht tot storende effecten op de nauwkeurigheid van geurconcentratiemeting kan leiden. Op basis van de conclusies van Williams en de risico's voor het meetsysteem is gekozen voor stoffiltering bij de monsterinlaat.