

Animal Sciences Group

Divisie Veehouderij, kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 67

Kempfarm vleesvarkensstal: milieu emissies en investeringskosten

Augustus 2007



ANIMAL SCIENCES GROUP

WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail Info.veehouderij.ASG@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

Environmental emissions and costs benefits were calculated for an innovative housing system for growing-finishing pigs: the Kempfarm system.

Keywords: Kempfarm system, emissions, costs, ammonia, odour, green house gases, dust

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s): A.J.A. Aarnink, J. Huis in 't Veld, A. Hol, I. Vermeij

Titel: TKempfarm vleesvarkensstal: milieu-emissies en investeringskosten
Rapport 67

Samenvatting

De milieu-emissies en de kosten zijn bepaald van een innovatieve stal voor vleesvarkens: de Kempfarm-stal

Trefwoorden: Kempfarm-stal, emissies, kosten, ammoniak, geur, broeikasgassen, stof



Rapport 67

Kempfarm vleesvarkensstal: milieu-emissies en investeringskosten

Kempfarm housing system for growing-finishing pigs: environmental emissions and investment costs

A.J.A. Aarnink
J. Huis in 't Veld
A. Hol
I. Vermeij

Augustus 2007

Voorwoord

De varkenshouderij is een belangrijke agrarische activiteit in de Provincie Limburg. De Provincie wil met name innovatieve ontwikkelingen in de intensieve veehouderij ondersteunen die gericht zijn op een vermindering van de uitstoot van ammoniak, geur en stof. Varkenshouder Martien van Kempen heeft innovatieve ideeën en deze omgezet in een werkend concept. Het is een compleet vernieuwend stalconcept waarbij de totale inrichting is opgehangen aan een stalen constructie. Dit maakt de inrichting flexibel. Een belangrijk onderdeel van het systeem vormt de dagelijkse verwijdering van mest en urine uit de stal met behulp van mestbanden. Omdat op deze manier sprake is van mestscheiding dienen zich hier ook nieuwe mogelijkheden aan. Er vinden thans onderzoeken plaats om deze mogelijkheden verder te verkennen. De verwachting is dat de emissies van ammoniak, geur en fijn stof belangrijk kunnen worden beperkt door de dagelijkse verwijdering van mest uit de stallen. In dat kader is het onderzoek uitgevoerd en in dit rapport beschreven. De milieu-emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof zijn gemeten en de kosten van het gehele stalsysteem doorgerekend. Dit onderzoek is meegefinancierd door de provincie Limburg en het rijk (SGB) en kan een bijdrage leveren in de verdere innovatie van emissiearme stalsystemen.

Math Lemmens, Gerda Louwers (beleidsmedewerkers provincie Limburg)



provincie limburg



Samenvatting

De intensieve varkenshouderij is een belangrijke economische sector in Nederland. Vanwege de emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof en lange transporten met waterige mengmest is de milieubelasting echter te hoog. Om deze problemen te tackelen is een stal ontworpen die de duurzaamheid van de varkenshouderij sterk kan verbeteren. Het nieuwe concept (Kempfarm-concept) is innovatief en biedt een totaalconcept voor de huisvesting van varkens. De basis is een speciale staalconstructie en het gebruik van V-vormige mestbanden. Door toepassing van V-vormige mestbanden worden de urine en feces direct van elkaar gescheiden en dagelijks afgevoerd uit de afdeling. De staalconstructie is geschikt voor het bouwen van varkensstallen met één of twee etages zowel voor vermeerderingsbedrijven als vleesvarkensbedrijven. Door deze bouwwijze zijn de verwachte bouwkosten vergelijkbaar of lager dan de kosten voor traditionele stallen.

Gezien de potenties van het Kempfarm-concept is het van belang om inzicht te krijgen in de milieu- en economische prestaties van het systeem. De doelstellingen van dit project waren daarom:

1. Het meten van de milieuprestaties van het Kempfarm-systeem voor vleesvarkens.
2. Het doorrekenen van investerings- en jaarkosten van het Kempfarm stalconcept voor vleesvarkens.

Voor het vaststellen van de milieuprestaties van het Kempfarm-systeem is een nieuwe afdeling voor vleesvarkens in een bestaande stal gemaakt ('kleine stal'). De emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof zijn bepaald. Daarnaast zijn de hoeveelheid en de samenstelling van de dunne (urine) en de dikke (vaste mest) mestfracties en van de gemengde mest bepaald.

Dit rapport dient als basis voor de aanvraag van een ammoniakemissiefactor voor het Kempfarm-systeem. De ammoniakemissie is volgens het 'oude' protocol gemeten, waarbij gedurende een winter- en een zomerronde de ammoniakemissie continu is gemeten. De investeringskosten en jaarlijkse kosten voor afschrijving, onderhoud en rente voor het Kempfarm-huisvestingsconcept zijn vergeleken met die van een traditionele stal. Samen met de besparing op energiekosten en mestafzetkosten is berekend of het concept een financieel voordeel oplevert.

Daarnaast is een korte periode (ongeveer 1 maand) in het voorjaar de ammoniakemissie gemeten uit een grote stal waarin het Kempfarm-systeem ook was geïnstalleerd. De hokvorm en -inrichting in deze stal waren echter niet ideaal uit oogpunt van lig- en mestgedrag van de dieren. Vooral in de zomer gaf dit problemen met hokbevuiling. In deze stal lagen in de hokken betonnen roosters, de hokken in de kleine stal hadden metalen roosters. Deze meting was vooral bedoeld om de potentie van het systeem met een betonnen roostervloer ten aanzien van ammoniakreductie aan te geven tijdens een periode waarin weinig hokbevuiling optrad.

De productieresultaten van de vleesvarkens tijdens de beide vleesvarkenronden in de kleine stal waren goed. De groei lag beduidend hoger vergeleken met het landelijke gemiddelde (851 versus 777 g/d). De voederconversie was echter iets hoger dan het landelijk gemiddelde (2,76 versus 2,66). De milieumetingen vonden plaats bij relatief hoge temperaturen. Twee maanden in de eerste meetronde (juli en september 2006) waren de warmste maanden ooit. Dit kan de milieu-emissies hebben beïnvloed, via een direct effect van temperatuur, maar ook door extra hokbevuiling.

De Kempfarm-stal gaf een beduidend lagere ammoniakemissie (gemeten in de 'kleine stal') dan de huidige emissiefactor voor traditionele gedeeltelijk roostervloerstallen met alleen onderkeldering onder de roostervloer (1,05 versus 2,5 kg/jaar per dierplaats voor netto hokoppervlakken van maximaal 0,8 m² per varken en 1,05 versus 3,5 kg/jaar per dierplaats voor hokoppervlakken groter dan 0,8 m²).

Dit betekent, afhankelijk van het oppervlak per varken waarmee men rekent, een reductie van 58 of 70%. In de kleine stal waar de metingen plaatsvonden, hadden de varkens een netto oppervlak van 0,814 m² per varken. De geuremissie uit de Kempfarm-stal was 5,9 ou_E/s. Dit betekent een reductie van 74% ten opzichte van een traditionele stal met een geuremissiefactor van 23,0 ou_E/s. De emissie van methaan uit de Kempfarm-stal was gemiddeld 0,94 kg/jaar per dierplaats. Dit is beduidend lager dan in de literatuur staat voor methaanemissies uit vleesvarkenstallen (4,8 kg/jaar). De emissie van lachgas (0,11 kg/jaar per dierplaats) was zeer laag en vergelijkbaar met traditionele stallen. De emissiereducties van ammoniak, geur en methaan moeten vooral toegeschreven worden aan het gescheiden en de dagelijkse afvoer van urine en vaste mest met behulp van de V-vormige mestband. De fijn stofemissie was gemiddeld 110 g/jaar per dierplaats. Dit was beduidend lager dan de huidige emissiefactor (305 g/jaar). Het is echter onwaarschijnlijk dat we dit kunnen toeschrijven aan het Kempfarm-concept. De analyses van de dunne en dikke fractie van de mestband laten zien dat de mestband een goede scheiding bewerkstelligt. De kortdurende ammoniakmetingen gedurende ongeveer 1 maand in de grote stal gaven een omgerekende emissie per varkensplaats per jaar van 0,98 kg.

Naast een milieuvoordeel blijkt het Kempfarm-concept ook een financieel voordeel op te leveren. Het berekende economische voordeel bedroeg € 8,07 per gemiddeld aanwezig vleesvarken voor het gelijkvloers Kempfarm-concept en € 9,98 per gemiddeld aanwezig vleesvarken voor het Kempfarm-concept met twee verdiepingen, dit in vergelijking met traditionele stallen.

Uit deze studie kunnen we concluderen dat het Kempfarm-concept een milieuvriendelijk en economisch aantrekkelijk alternatief is voor de huidige huisvesting van vleesvarkens in Nederland.

Summary

Intensive pig production is an important economic sector in The Netherlands. However, because of emissions of ammonia, odour, greenhouse gases, and fine dust and long distance transport of slurry the environmental load is too high. To tackle these problems a new concept of a housing system was designed that can improve sustainability of pig production. The new concept (Kempfarm concept) is innovative and offers a total concept for pig housing. The basis is a special steel construction and the use of V-shaped manure belts. When using the V-shaped manure belts urine and faeces are separated and daily removed from the animal house. The steel construction can be used for building pig houses with one or two floors and is suitable for farms with fatteners, as well as for sow farms.

To investigate the strength of the Kempfarm concept we should get insight in the environmental and economical performance of the system. Therefore the objectives of this study were:

1. Measuring the environmental performance of the Kempfarm system for growing-finishing pigs.
2. Calculations of investment costs and yearly costs of the Kempfarm system for growing-finishing pigs.

To determine the environmental performance of the Kempfarm system a new compartment was made in an existing pig house ('small barn'). Emissions of ammonia, odour, greenhouse gases and fine dust were measured. Furthermore, the amount and composition of the liquid (urine) and solid (solid manure) fractions and of the mixed manure were determined. This report will serve as basic information for the application of an emission factor for ammonia for the Kempfarm system. Ammonia emission was measured according to the 'old' protocol, in which the emission was measured continuously during a winter and a summer growing-finishing period. Investment costs and yearly costs for depreciation, maintenance and interest of the Kempfarm system were compared with a traditional housing system for growing-finishing pigs. Together with the savings on energy costs and manure removal costs the costs benefits of the Kempfarm concept was calculated.

During a short period of approximately one month in spring ammonia emission was also measured in a large barn with the Kempfarm system. Pen design of this house, however, was not optimal with respect to the lying and excreting behaviour of the pigs. Especially, during the summer period this gave a lot of problems with pen fouling. In the large barn the pens had concrete slatted floors, while the slats in the small barn were of metal. The measurements in the large barn were especially done to measure the potency of the Kempfarm system with a concrete solid floor with respect to ammonia emission, during a period with little pen fouling.

Production results of the pigs during the two fattening periods can be classified as good. Daily gain was higher when compared to the national mean (851 vs 777 g/d). Feed conversion rate, however, was somewhat worse (2,76 vs 2,66). The measurements in the small barn were done at relative high temperatures. Two months in the first measuring period (July and September) were the hottest months ever. This may have influenced the emissions, by a direct effect of temperature, but also by increased pen fouling.

The Kempfarm system gave a clear lower ammonia emission (measured in the small barn) than the existing emission factor for conventional partly slatted floor systems with only manure pits under the slatted floor (1.05 vs 2.5 kg/year per pig place for net pen areas per pig of maximum 0.8 m² per pig and 1.05 vs 3.5 kg/year per pig place for net pen areas per pig larger than 0.8 m²). This means, depending on the area per pig used for the comparison, a reduction of 58 or 70%. The fatteners in the small barn had a net area per pig of 0.814 m². Odour emission from the Kempfarm system was 5.9 ou_E/s. This means a reduction of 74% compared to a conventional fattening barn with an odour emission factor of 23.0 ou_E/s. Methane emission from the Kempfarm system was on average 0.94 kg/year per pig place. This is clearly lower than the value that is given in literature for methane emission from conventional fattening barns (4.8 kg/year). The emission of laughing gas (0.11 kg/year per pig place) was very low and comparable with conventional systems. Emission reductions of ammonia, odour and methane are especially achieved by the separated daily removal of urine and solid manure with the V-shaped manure belt. Fine dust emission was on average 110 g/year per pig place. This was clearly lower than the existing emission factor for conventional systems (305 g/year). However, it is unlikely that this reduction can be ascribed to the Kempfarm concept. Analyses of the urine and solid manure from the manure belt show that the belt system gives a good separation. The short lasting ammonia measurements, during approximately one month, in the large barn gave a converted emission per pig place per year of 0.98 kg.

Besides an environmental benefit the Kempfarm concept also proves to have a cost benefit. The cost benefit was calculated to be € 8.07 per average present pig for the one floor Kempfarm system and € 9.98 per average present pig for the two floor Kempfarm system, compared to conventional housing systems for growing-finishing pigs.

From this study it can be concluded that the Kempfarm concept is an environmental and economical attractive housing system for growing-finishing pigs in The Netherlands.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	3
2.1	Stal- en bedrijfssituatie kleine stal	3
2.2	Stal en bedrijfssituatie grote stal	3
2.3	Bedrijfsvoering kleine stal	4
2.4	Bedrijfsvoering grote stal.....	5
2.5	Metingen kleine stal	5
2.6	Metingen grote stal	8
2.7	Dataverwerking.....	9
2.8	Uitgangspunten economische berekeningen	10
3	Resultaten	11
3.1	Productieresultaten	11
3.2	Klimaat en ventilatiedebiet	11
3.3	Ammoniakconcentratie en -emissie.....	11
3.4	Geurconcentratie en -emissie	12
3.5	Broeikasgasconcentraties en -emissies.....	12
3.6	Stofconcentratie en -emissie	13
3.7	Mest en urine	13
3.8	Resultaten grote stal	14
3.9	Economische berekeningen	15
4	Discussie	17
5	Conclusies	20
	Literatuur	21
	Bijlagen	22
Bijlage A	Schematische plattegrond van de afdeling.....	22
Bijlage B	Schematische weergave van de dwarsdoorsnede van de afdeling.....	23
Bijlage C	Foto van het ventilatiesysteem	24
Bijlage D	Principe en kalibratieresultaten NOx-monitor	25
Bijlage E	Temperatuur.....	26
Bijlage F	Relatieve luchtvochtigheid	27
Bijlage G	Ventilatiedebiet	28
Bijlage H	Ammoniakconcentratie	29
Bijlage I	Grote stal: temperatuur en relatieve luchtvochtigheid	30
Bijlage J	Grote stal: ventilatie en ammoniakconcentratie	31
Bijlage K	Bouwkosten Kempfarmstal ten opzichte van een traditionele stal.....	32

1 Inleiding

De intensieve varkenshouderij is een belangrijke economische sector in Nederland. Deze sector is echter op een aantal punten onvoldoende duurzaam. De milieubelasting is te hoog door emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof en door het overschot aan mest in sommige gebieden, waardoor grote hoeveelheden mest over lange afstanden moet worden getransporteerd. De arbeidsomstandigheden zijn niet optimaal, vooral door de slechte luchtkwaliteit in de stal. Het dierenwelzijn kan tevens op een aantal punten sterk verbeterd worden, hierbij kan men denken aan een verbetering van de luchtkwaliteit en verrijking van de hokken met stro. Verschillende nieuwe systemen zijn ontwikkeld om deze problemen of gedeeltelijk op te lossen. Deze nieuwe systemen brengen in het algemeen hogere kosten met zich mee met als gevolg een lager economisch rendement.

Om de milieu-emissies te verminderen en de arbeidsomstandigheden en het dierenwelzijn te verbeteren is een nieuw concept voor een varkensstal ontworpen die de duurzaamheid van de varkenshouderij kan verbeteren. Het nieuwe concept (Kempfarm-concept) is innovatief en biedt een totaalconcept voor de huisvesting van varkens. De basis is een speciale staalconstructie en het gebruik van V-vormige mestbanden. Door toepassing van V-vormige mestbanden worden de urine en feces direct van elkaar gescheiden. De urine loopt via de hellende band continu weg, terwijl de feces een of meerdere keren per dag uit de stal wordt gedraaid met behulp van de banden. Binnen het Hercules stalconcept is ook gekeken naar de mogelijkheden van het gebruik van mestbanden (Ogink et al., 2000). Binnen dat stalconcept is op een gegeven moment van de mestbanden afgestapt, met name vanwege de slechte bereikbaarheid van de banden. In het Kempfarm-concept is dit ondervangen door de gehele stal (rompbouw en hokinrichting) te bevestigen aan stalen palen. Door toepassing van deze bouwwijze zijn de mestbanden goed bereikbaar. Mestbanden hebben de potentie om de ammoniak- en geuruitstoot te reduceren en daarmee ook de luchtkwaliteit in de stal te verbeteren (Kaspers et al., 2002). Een betere luchtkwaliteit in de stal heeft een positief effect op diergezondheid en productie van de varkens (Wathes et al., 2004); tevens zijn minder veterinaire behandelingen nodig. De mestbanden maken het gebruik van stro mogelijk, dit in tegenstelling tot reguliere mengmestsystemen. Strogebruik en een goede luchtkwaliteit kunnen een sterke verbetering geven van het welzijn van varkens.

De staalconstructie is geschikt voor het bouwen van varkensstallen met één of twee etages, zowel voor vermeerderingsbedrijven als voor vleesvarkensbedrijven. De verwachting is dat door deze bouwwijze en de dagelijkse verwijdering van mest en urine met mestbanden een vermindering van de milieubelasting en een verbetering van diergezondheid en dierenwelzijn kan worden gerealiseerd tegen vergelijkbare of zelfs lagere kosten dan bij conventionele stallen.

Gezien de potenties van het Kempfarm-concept is het van belang om inzicht te krijgen in de milieuprestaties van het systeem. Metingen aan vergelijkbare systemen met mestbanden zijn tot nu toe vooral gedaan op laboratorium- of pilotschaal. Om andere varkenshouders geïnteresseerd te maken voor het Kempfarm-systeem is vooral een emissiefactor voor ammoniak van belang. Daarnaast is het ook van belang om inzicht te krijgen in andere milieuprestaties van het systeem, zoals de emissies van geur, broeikasgassen en fijn stof en de samenstelling van de twee meststromen (vaste mest, urine). Daarnaast willen varkenshouders inzicht hebben in investeringskosten en jaarkosten van het systeem ten opzichte van de huidige gebruikelijke systemen in de praktijk. Het huidige onderzoek is uitgevoerd bij vleesvarkens. Het Kempfarm-concept kan echter ook toegepast worden bij andere categorieën varkens. In dit onderzoek is het effect van het Kempfarm-systeem op het dierenwelzijn niet onderzocht. Dit zal in een vervolgonderzoek aandacht moeten krijgen.

Doelstellingen van dit project zijn:

1. Het meten van de milieuprestaties van een nieuw innovatief stalconcept voor varkens (het Kempfarm-systeem).
2. Het doorrekenen van investerings- en jaarkosten van het Kempfarm stalconcept en deze vergelijken met de kosten van traditionele vleesvarkensstallen.

Voor het vaststellen van de milieuprestaties van het Kempfarm-systeem is een nieuwe afdeling voor vleesvarkens in een bestaande stal gemaakt ('kleine stal'). De emissies van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof zijn bepaald. Daarnaast is de samenstelling van de dunne en de dikke mestfracties en van de gemengde mest bepaald. Dit rapport dient als basis voor de aanvraag van een emissiefactor voor het Kempfarm-systeem. De investeringskosten en jaarlijkse kosten voor afschrijving, onderhoud en rente voor het Kempfarm huisvestingsconcept zijn vergeleken met die van een traditionele stal. Samen met de besparing op energiekosten en mestafzetkosten is berekend of het concept een financieel voordeel oplevert.

Daarnaast is een korte periode van ongeveer 1 maand in het voorjaar de ammoniakemissie gemeten uit een 'grote stal' waarin het Kempfarm-systeem ook was geïnstalleerd. De hokvorm en -inrichting in deze stal waren echter niet ideaal uit oogpunt van lig- en mestgedrag van de dieren en de roostervloer was van beton, terwijl dit van metaal was in de kleine stal. Vooral in de zomer had deze stal problemen met hokbevuiling. Deze meting, uitgevoerd in het voorjaar, was vooral bedoeld om de potentie van het systeem met een betonnen roostervloer ten aanzien van ammoniakreductie aan te geven tijdens een periode waarin weinig hokbevuiling optrad.

2 Materiaal en methode

2.1 Stal- en bedrijfssituatie kleine stal

Bedrijfssituatie

Het onderzoek werd uitgevoerd op het varkensbedrijf van Martien van Kempen. Gedurende twee ronden in de maanden juli 2006 tot en met februari 2007 werden in één afdeling voor vleesvarkens de emissies gemeten van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijn stof. De afdeling werd speciaal voor dit onderzoek ingebouwd in een bestaande stal die niet meer in bedrijf was. In de maanden mei en juni 2006 heeft de afdeling eerst proefgedraaid met een ander koppel varkens. Dit was mede vanwege de eis voor het bepalen van een ammoniakemissiefactor dat een stal tenminste 1 maand in gebruik moet zijn geweest, voordat de metingen kunnen worden gestart.

Huisvesting

De afdeling bestond uit zes naast elkaar gelegen hokken voor elk 12 dieren, aan de voorzijde een voergang met een dichte betonnen vloer van 1 m breed. Ieder hok was 2,36 m breed en 4,17 m diep. De vloeruitvoering van ieder hok vanaf de voergang was als volgt:

- dichte hellende vloer (4,5% helling) 237 cm kunststof
- metalen driekant rooster (15 mm balk, 15 mm spleet) 70 cm
- traanplaat (gegalvaniseerde metalen plaat met ribbels) 40 cm
- metalen driekant rooster (15 mm balk, 15 mm spleet) 70 cm

Op het achterste rooster waren drie horizontale strips gelast met een onderlinge afstand van 19 cm en een hoogte van 5 cm. De strips dienden te voorkomen dat de dieren hier gingen liggen.

Het vloeroppervlak bestond voor 66,4% uit dichte vloer en voor 33,6% uit roostervloer. In elk hok was aan de voergang in de hoek een ronde voerbak geplaatst met een diameter van 30 cm en met de vreetopening evenwijdig aan de voergang (Schippers, Bladel). Het water werd eveneens in deze bak aangeboden via een drukknip in de bak.

Onder de roostervloer bevond zich de V-vormige mestband. Bijlage A geeft de plattegrond van de afdeling schematisch weer. In bijlage B is een schematische weergave van de dwarsdoorsnede van de afdeling gegeven.

Ventilatie

De stal werd mechanisch geventileerd door één ventilator met een diameter van 40 cm (maximale ventilatiecapaciteit: 4400 m³/uur; Fancor, Panningen). In bijlage C staan foto's van het ventilatiesysteem. De lucht werd ingelaten door twee rechthoekige openingen in de zijgevel. De afmetingen van de openingen waren 60 x 76 cm. De openingen waren voorzien van windbreekgaas en aan de binnenzijde met folie, zodat de lucht naar beneden stroomde in de voergang en niet rechtstreeks de hokken in kon waaien. Hoewel de luchtinlaat simpel was uitgevoerd, lieten rookproeven zien dat de luchtverdeling in de afdeling goed was. De ventilator voerde de stallucht af naar buiten.

Ammoniakemissiereducerend principe

Het principe van de ammoniakemissiereductie van het doorgemeten systeem is gebaseerd op het regelmatig (één of meer malen per dag) en gescheiden afvoeren van de geproduceerde mest en urine. Het belangrijkste principe is dat de urine continu wordt afgevoerd via het laagste punt in de V-vormige mestband, terwijl de vaste mest één of meerdere keren per dag wordt afgevoerd door de band af te draaien. De urine en vaste mest worden in een afgesloten opvangruimte opgeslagen.

2.2 Stal en bedrijfssituatie grote stal

Gedurende circa 4 weken, van 13 maart tot 12 april 2007, is de ammoniakemissie bepaald van een grote vleesvarkensstal met 3800 dierplaatsen uitgerust met het Kempfarm-concept. Deze stal stond eveneens op het bedrijf van Martien van Kempen.

De stal (circa 70 bij 37 m) was voorzien van twee etages en iedere etage had zes afdelingen. Vier afdelingen bestonden uit 28 hokken en twee afdelingen uit 20 hokken. De hokken hadden netto afmetingen van 295 x 380,5 cm voor 13 dieren of van 295 x 364,5 cm voor 12 dieren. De hokken aan de buitenrijen hadden 13 dierplaatsen en aan de binnenrijen 12 dierplaatsen. De hokken waren ingericht als halfroostervloer met betonroosters. De eerste 185,5 cm (13 dieren) of 169,5 cm (12 dieren) van ieder hok bestond uit een hellende betonvloer (5% helling). De achterste 195 cm was een betonrooster (80 mm balk, 18 mm spleet).

Iedere afdeling was voorzien van één ventilator. Bij de vier grote afdelingen was de diameter van de ventilator 90 cm (max. 21.000 m³/uur). De twee kleinere afdelingen werden ieder geventileerd door een ventilator met een doorsnede van 82 cm (max. 16.000 m³.uur). De ventilatiecapaciteit van één etage was hierdoor 116.000 m³/uur. De totale ventilatiecapaciteit was 232.000 m³/uur.

Buitenlucht is door een inlaatopening aan één kopse kant van de stal aangevoerd over de gehele breedte van de stal. Via de kelder en luchtkanalen centraal en aan de zijkanten van de stal werd de inlaatlucht verdeeld over alle afdelingen van beide etages. De ventilatoren, die centraal via de klimaatcomputer werden geregeld, zogen de lucht af naar de zolderruimte boven het plafond. In deze ruimte was de luchtsnelheid vrij laag en sloeg het stof neer. Via de zolder kon de lucht door een grote opening over de hele breedte aan de achterzijde van de stal het gebouw verlaten.

2.3 Bedrijfsvoering kleine stal

Zoötechniek

In de afdeling waren 72 vleesvarkens vanaf circa 25 kg (leeftijd ca. 10 wk) gehuisvest tot een gewicht van ongeveer 110 kg. De dieren werden in groepen van 12 in zes hokken geplaatst, drie hokken met zeugen en drie hokken met borgen. Conform de welzijnseisen hadden de dieren een netto oppervlak van 0,814 m² per dier ter beschikking. De dieren werden dagelijks rond 9.30 uur gecontroleerd. Overdag verlichtten TL-buizen de afdeling.

Afdraaien van de mestbanden

Zowel tijdens de eerste als tweede ronde werden de mestbanden tweemaal per dag afgedraaid. 's Ochtends meestal tussen 7.00 en 8.00 uur, en 's avonds tussen 17.00 en 18.00 uur.

Klimaatregeling

Het stalklimaat in de afdeling werd met behulp van een klimaatcomputer op basis van de ingestelde streeftemperatuur geregeld. Hiervoor was op circa 1,4 m boven de vloer een temperatuursensor in één van de hokken geplaatst. Het toerental van de ventilatoren regelde het ventilatiedebiet. Het regelschema tijdens de eerste ronde (zomer) was:

- dag 1 24 °C (minimum ventilatie 0%)
- dag 10 23 °C (minimum ventilatie 0%)
- dag 50 22 °C (minimum ventilatie 5%)
- dag 100 21 °C (minimum ventilatie 8%)

Tijdens de tweede ronde (winter) was de instelling:

- dag 1 22 °C (minimum ventilatie 0%)
- dag 40 20 °C (minimum ventilatie 5%)
- dag 100 20 °C (minimum ventilatie 8%)

Doordat bij opleg geen schadelijke gassen uit de mestput emitteerden, was het mogelijk om in het begin van de mestrunde niet actief te ventileren. Op het moment dat de staltemperatuur hoger werd dan de minimum temperatuurventilatie, begon de ventilator te draaien.

Voeding

De vleesvarkens werden onbepaald gevoerd. De voerbakken werden tweemaal daags, om 4.00 en 16.00 uur, automatisch gevuld. De dieren werden gevoerd volgens een twee-fasen voersysteem. Tabel 1 toont de samenstelling van het voer per fase, voor wat betreft energiewaarde en ruw eiwitgehalte, en de periode waarin het betreffende voer werd gegeven. Het drinkwater was 24 uur per dag beschikbaar.

Tabel 1 Periode, energiewaarde en ruw eiwitgehalte van het voer per productiefase

	Weken	Energiewaarde	Ruw eiwitgehalte (g/kg)
Fase 1	1 tot 8	1,12	175
Fase 2	9 tot 17	1,12	158* - 160**

* eerste vleesvarkenronde

** tweede vleesvarkenronde

2.4 Bedrijfsvoering grote stal

In de stal zaten varkens van verschillende leeftijden en gewichten. Zeugen en borgen werden gescheiden opgelegd. De dieren heeft men beperkt gevoerd met brijvoer in troggen. De afdelingen waren overdag verlicht door TL-lampen. De mestbanden werden tweemaal per dag afgedraaid om 8.00 uur 's ochtends en 18.00 uur 's avonds.

Het stalklimaat in de afzonderlijke afdelingen werd met behulp van een klimaatcomputer op basis van de streeftemperatuur geregeld. Het regelschema zag er als volgt uit:

- dag 1 24 °C (minimum ventilatie 0%)
- dag 10 23.°C (minimum ventilatie 0%)
- dag 50 22 °C (minimum ventilatie 5%)
- dag 100 21 °C (minimum ventilatie 8%)

Doordat bij opleg geen schadelijke gassen uit de mestput emitteren, was het mogelijk om in het begin niet actief te ventileren. Op het moment dat de staltemperatuur hoger werd dan de minimum temperatuurventilatie, begon de ventilator te draaien.

2.5 Metingen kleine stal

Productiegegevens

De meetronden liepen parallel aan de productieronden. In tabel 2 worden de start- en einddata van de beide meetperiodes weergegeven.

Tabel 2 Start-, einddata en aantal meet- en productiedagen in beide meetperiodes

Meetperiode	1	2
Start	26-06-06	30-10-06
Einde	20-10-06	21-02-07
Aantal meetdagen	115	113
Aantal productiedagen	116	114

Tijdens de meetronden werden productiegegevens geregistreerd door de varkenshouder. De geurconcentratie werd per meetperiode vijf keer bepaald. Gedurende de meetronden zijn de volgende variabelen continu gemeten:

- Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de stal- en buitenlucht. De metingen aan de stallucht werden gedaan bij de ventilator; de metingen aan de buitenlucht vonden plaats aan de westzijde van de stal.
- Ventilatie-debiet van de stal.
- Ammoniakconcentratie van de in- en uitgaande lucht.

Een programmeerbare datalogger bestuurd de meetapparatuur voor continu metingen. Alle verzamelde gegevens zijn hierin opgeslagen. Eenmaal in de 3 minuten werden alle variabelen gemeten en opgeslagen. Iedere week controleerde men de apparatuur en werd de algemene situatie in de stal opgenomen. Hiervan maakte men notities in een logboek.

De volgende productiegegevens werden geregistreerd tijdens de productieronden:

- Aantal opgelegde dieren
- Aantal productiedagen
- Start gewicht (kg)
- Aflevergewicht (kg)
- Voerverbruik (kg)
- Uitval (%)

Uit deze gegevens werden de groei per dag (g) en de voerconversie (kg voer/kg groei) berekend. De voerconversie is berekend door de totale hoeveelheid opgenomen voer per ronde van de stal te delen door het verschil in startgewicht en afgeleverd levend gewicht.

Klimaat

Temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) werden in de afdeling en buiten continu gemeten met gecombineerde temperatuur- / vochtsensoren (Rotronic Hygromer®). In de stal hing de sensor bij de luchtafzuigkoker. De sensor buiten de stal hing in de schaduw. De sensoren werden vóór en na elke meetronde gecontroleerd.

Ventilatie-debiet

Een meetventilator heeft het ventilatie-debiet (m^3/uur) gemeten. Per omwenteling van een meetventilator werden pulsen afgegeven en het aantal pulsen per seconde is geregistreerd. De relatie tussen het aantal pulsen per seconde en het ventilatie-debiet werd bepaald in een windtunnel (Berckmans et al., 1991; Scholtens and Van 't Klooster, 1993).

Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie werd continu gemeten met een NO_x -monitor (Advanced Pollution Instrumentation Inc., model 200A). Deze methode staat beschreven in Scholtens (1993); een korte beschrijving staat in bijlage D. Om NH_3 met de NO_x -monitor te kunnen meten, moet een convertor het eerst omzetten tot NO. Het gevormde stabiele NO werd met een pomp door teflonslangen naar de monitor gezogen en daar gemeten. De gemeten NH_3 -concentratie in ppm werd met een factor 0,71 (bij 20°C en 1 atm.) omgerekend naar mg NH_3 per m^3 lucht (Waest et al., 1986). Het monsternamepunt van de uitgaande lucht bevond zich in de meetventilatiekoker. Het monsternamepunt van de ingaande lucht bevond zich buiten de stal vlak voor een van de twee ventilatieopeningen. Tijdens de eerste en tweede ronde werd iedere week de monitor gekalibreerd met 41,1 ppm NO-gas en de ammoniakconcentratie in de afdeling gecontroleerd met een gasdetectiebuisje. De stoffilters in de luchtleiding voor de convertors zijn regelmatig vervangen. De resultaten van de kalibraties van de monitor zijn vermeld in bijlage D. Volgens het gebruikte meetprincipe was het signaal van de monitor lineair met de ammoniakconcentratie.

Geurconcentratie

Geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geuremissies uit de veehouderij (Werkgroep Emissiefactoren, 1996). De geurbemonstering en -analyses zijn uitgevoerd conform de Europese standaard (CEN standard 13725, 2003). Het geurlaboratorium van ASG is geaccrediteerd voor het uitvoeren van geuranalyses. Het geurmonster is genomen in de koker voor de uitgaande lucht. De uitgaande stallucht werd gedurende 2 uur, tussen 10:00 en 12:00 uur, bemonsterd door lucht aan te zuigen met behulp van een pomp. De bemonstering heeft men uitgevoerd volgens de "longmethode". Hierbij wordt een lege teflon monsterzak, die zich in een gesloten vat bevindt, via een teflon slang gevuld met stallucht. Door lucht uit het vat te zuigen ($0,4 \text{ l/min}$), ontstaat er onderdruk in het vat en wordt de teflon zak gevuld met stallucht. Voordat de lucht in de teflon zak wordt gezogen, wordt de lucht eerst door een filter ($1-2 \mu\text{m}$) gezogen, waardoor het stof eruit wordt gefilterd. Het monster werd direct na bemonstering naar het geurlaboratorium van ASG vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd. Een panel dat uit vier à zes leden bestond, in wisselende samenstelling, analyseerde de geurmonsters. De reukgevoeligheid van de panelleden werd, volgens de standaard, voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en -emissies worden vermeld in respectievelijk OU_E/m^3 en OU_E/s per dierplaats. De uitdrukking ' OU_E ' staat voor European Odour Unit.

Broeikasgassen

Voor bepaling van de CH_4 , N_2O - en CO_2 -concentraties is tijdens de tweede meetperiode ook viermaal stallucht verzameld door een 6 liter canister van Entech Instruments (figuur 1). Canisters zijn kleine roestvrijstalen vaten die op vacuüm van 2 mbar zijn gebracht. Via een gemonteerd capillair met een vaste luchtstroom van 3 ml/min is het mogelijk om gedurende een bepaalde periode, in dit geval 24 uur, een stalluchtmonster te verzamelen. De vier metingen zijn in duplo uitgevoerd. In het milieulaboratorium is de gemonsterde stallucht met een gaschromatografische methode (MPS-AO35) geanalyseerd op de gassen CH_4 , N_2O en CO_2 . De achtergrondconcentraties zijn niet bepaald. Om de stalconcentratie, bemonsterd met de canister, te kunnen corrigeren voor de achtergrondconcentratie, is gebruik gemaakt van de gemiddelde achtergrondconcentratie van CH_4 (2ppm), N_2O (0 ppm) en CO_2 (360ppm). Om de emissie van deze gassen te berekenen is de concentratie (stalachtergrond) vermenigvuldigd met het gemiddelde ventilatie-debiet tijdens de monstername van 24 uur.

Figuur 1 Roestvrijstalen canister van 6 liter**Stofconcentratie**

Voor bepaling van de concentratie fijn stof van de in- en uitgaande lucht is gebruik gemaakt van impactor monsternamekoppen. De stoffracties PM10 en PM2,5 werden tegelijkertijd gemeten tijdens meetperioden van 24 uur. De gebruikte impactoren ('low volume samplers') staan beschreven in NEN-EN 12341 (1998) voor PM10 en in NEN-EN 14907 (2005) voor PM2,5. Figuur 2 laat de gebruikte impactoren voor beide stoffracties zien.

Figuur 2 Monsternamekoppen voor PM10 en PM2.5; links de complete meetset en rechts het verschil in de openingen van de luchtinlaten boven de impactieplaat (grotere openingen voor PM10 monstername)

Een impactor bestaat uit een voorafscheider en een filterhouder. De voorafscheider verzamelt de deeltjes die groter zijn dan de gewenste stoffractie. Hiervoor werd een platte, met een laagje vet voorziene plaat onder de luchtaanvoerpijpjes geplaatst (zie figuur 2). Door de luchtsnelheid en de traagheid van de grotere deeltjes slaan de grotere deeltjes neer op de plaat (impactie). De te meten fractie slaan niet neer en worden met de luchtstroom meegevoerd en opgevangen op een filter. Het luchtdebiet door de monsternamekop met impactor was 2,3 m³/uur. Voor de metingen is gebruik gemaakt van pompen van het type Charlie HV (roterend 6 m³/h; Ravebo Supply b.v., Brielle) monsternamepomp. Deze 'constant flow' pompen regelen het debiet automatisch in op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternamekop. Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter. Hierdoor werd een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op start en einde van de monsternameperiode. De hoeveelheid lucht die bij de monsternamepunten werd aangezogen, is met een gasmeter gemeten en omgerekend naar standaard condities (1 atmosfeer, 0 °C).

Het stof is verzameld op glasvezelfilters met een doorsnee van 47 mm. De filters werden voor en na de metingen gewogen onder standaard condities: temperatuur 20 °C ± 1 °C en 50% ± 1% relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarde staat beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Het verschil in gewicht voor en na de metingen is gebruikt om de verzamelde hoeveelheid stof te bepalen.

Metingen mest en urine

Tijdens de eerste vleesvarkensronde is driemaal de dagelijkse hoeveelheid geproduceerde mest en urine gewogen en bemonsterd voor analyses van N, P, K, ammonium-N, droge stof, as en pH. Tijdens de tweede meetronde was de afzonderlijke weging en bemonstering van mest en urine niet meer mogelijk door een aanpassing aan het mestafvoersysteem buiten de afdeling. Tijdens deze ronde is eenmaal de totale hoeveelheid mengmest (mest en urine gemengd) gewogen en bemonsterd voor analyse van dezelfde componenten als in de eerste ronde.

2.6 Metingen grote stal

Gedurende de meetperiode zijn bij de grote stal de volgende variabelen gemeten:

- relatieve luchtvochtigheid en temperatuur van uitgaande lucht en buiten;
- tracergasinjectie en -concentratie (SF_6) in de uitgaande lucht en de achtergrondconcentratie naast de stal;
- ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht en de achtergrondconcentratie naast de stal.

De meetopstelling was geautomatiseerd met data-acquisitieapparatuur die een industriële PC aanstuurde. Het besturingsprogramma voor de data-acquisitie was met Notebook Pro (versie 10.1) van de firma Labtech ontwikkeld. De gaschromatograaf, gebruikt voor bepaling van de tracergasconcentratie, werd aangestuurd door Chrom-Card software. De Notebook Pro-applicatie registreerde alle meetwaarden, inclusief de tracergasconcentraties die de Chrom-Card-software uitlas. Wekelijks werd de meetapparatuur gecontroleerd en gekalibreerd. Alle veranderingen en werkzaamheden zijn in een logboek bijgehouden.

Het ventilatiedebiet (m^3/uur) werd met de interne tracergas ratiomethode bepaald (Mosquera et al., 2002; Scholtens and Huis in 't Veld, 1997). Deze methode gaat uit van de aanname dat een geïnjecteerd tracergas en het gas waarvan de emissie bepaald moet worden, in dit geval ammoniak, zich op dezelfde manier door de stal verspreidt en zo een vergelijkbaar concentratieprofiel in de stal geeft. Onder deze aanname is uit de gemeten tracergas injectiehoeveelheid (Q_{tr}) en de concentratieverschillen tussen binnen- en buitenlucht voor tracergas (ΔC_{tr}) en ammoniak (ΔC_{NH_3}), de emissie (E_{NH_3}) van het gemeten gas als volgt te berekenen:

$$E_{NH_3} = \frac{\Delta C_{NH_3}}{\Delta C_{tr}} * Q_{tr}$$

Uitgangspunt voor de emissie van ammoniak uit de stal is dat alle gevormde ammoniak uiteindelijk de stal verlaat en daarmee de bronsterkte (vervluchtiging vanaf emitterende oppervlakken) van ammoniak gelijk te stellen is aan de ammoniakemissie.

De voornaamste voorwaarden voor emissiebepalingen volgens deze methode zijn dat:

- een goede menging plaatsvindt tussen het tracergas en het te meten gas;
- het verschil in dichtheid van het ingeblazen gasmengsel en de stallucht minimaal is;
- de lucht die de stal verlaat representatief wordt bemonsterd.

In de meetruimte zijn met twee thermische Mass Flow Controllers (MFC) zuiver SF_6 -tracergas en droge perslucht met elkaar gemengd. Dit luchtmengsel werd door een leiding met speciaal ontworpen injectiepunten in het luchtinlaatkanaal van de varkensstal gebracht. In ieder injectiepunt was een orifice (plaatje met zeer kleine doorstroomopening) geplaatst. Het tracergas werd hierdoor gelijkmatig over 20 injectiepunten en over de gehele breedte van de stal verdeeld in de ruimte van de ingaande lucht.

De uitgaande stallucht is bemonsterd met een verwarmde en geïsoleerde verzamelleiding van polyethyleen met een diameter van ¼ inch (0,635 cm). Via zes monsterpunten à 500 ml/min werd, verdeeld over de breedte van het uitlaatkanaal, de uitgaande lucht bemonsterd. De buitenlucht is met een soortgelijke leiding bemonsterd vlak voor de luchtinlaatopening.

Voor de analyse van het SF_6 -tracergas heeft men gebruik gemaakt van een gaschromatograaf (GC), die was uitgerust met een ECD-80 detector. De GC werd wekelijks gekalibreerd met een gecertificeerd ijkgas van SF_6 in N_2 . De ammoniakconcentratie is semi-continu gemeten met een NO_x -monitor (Advanced Pollution Instrumentation Inc., model 200A), zie ook paragraaf 2.3. Iedere week werd de monitor gekalibreerd met NO -gas in stikstof van 41,4 ppm.

2.7 Dataverwerking

Dataverwerking kleine stal

Van de geregistreerde waarnemingen (ammoniakconcentratie, luchtdebiet en klimaat) werden uurgemiddelden berekend. De ammoniakemissie (g/uur) is berekend als het product van de ammoniakconcentratie (g/m³) en het ventilatiedebiet (m³/uur). Bij de berekening van de emissie werd de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht verminderd met de gemiddelde ammoniakconcentratie van de ingaande lucht.

De meetronde startte op de eerste hele dag na opleg van de dieren. Het einde van de meetronde werd bereikt op het laatste hele etmaal voordat men de varkens afleverde. In dit geval werden alle varkens gelijktijdig uit de afdeling afgevoerd. Dit was na circa 4 maanden. De ammoniakconcentraties zijn gecorrigeerd voor de rendementen van de convertors en kalibraties van de monitor. Missende uurwaarnemingen (als gevolg van apparaatstoringen) van ventilatiedebiet, ammoniakconcentratie, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid werden niet geïnterpoleerd voor het berekenen van de gemiddelde ammoniakemissie, aangezien vrijwel geen dagen zijn uitgevallen. Uit de waarnemingen van de hiervoor benoemde gemeten parameters werden uur- en daggemiddelden berekend. Daggemiddelde ammoniakemissies (g/uur) van dagen met minder dan 20 uren gegevens werden niet meegenomen in de berekeningen. Een aantal meetdagen ontbrak door apparaat- en elektriciteitsstoringen.

De gemiddelde emissie (g/uur) werd berekend voor beide vleesvarkenronden. Volgens de Beoordelingsrichtlijn voor Groen Label stallen (Anonymous, 1996) moet minimaal 80% van de productieronde worden gemeten om een emissie per jaar te berekenen. De emissie per jaar wordt per dierplaats berekend, waarbij men rekent met een leegstand van 10% (Anonymous, 1996).

De geuremissie (OU_E/s per dierplaats) werd berekend als het product van geurconcentratie (OU_E/m³) en het totale ventilatiedebiet (m³/uur) gedeeld door 3600 (sec/uur) en het aantal dierplaatsen dan wel geplaatste dieren. De berekeningen met het aantal dierplaatsen zijn uitgevoerd zoals bij de NH₃-emissieberekeningen. Van iedere geurmeting is het gemiddelde ventilatiedebiet tijdens de monstername bepaald aan de hand van de gemeten en opgeslagen uurgemiddelden. Van de geuremissiecijfers werd de natuurlijke logaritmen (LN) berekend en deze zijn gemiddeld. Door terugrekening van dit gemiddelde naar originele schaal met de exponentiële functie werd het geometrisch gemiddelde van de geuremissie vastgesteld. Ook is de geuremissie per dierplaats berekend.

De stofemissies van de fracties PM10 en PM2.5 werden berekend door van de stofconcentraties in de uitgaande stallucht de achtergrondconcentratie af te trekken en dit getal vervolgens te vermenigvuldigen met het ventilatiedebiet. De jaaremmissie is berekend door de gemeten dagemissie te vermenigvuldigen met 365. Hier is dus geen rekening gehouden met leegstand. Dit om een goede vergelijking te kunnen maken met de huidige emissiefactoren waarbij ook niet is gecorrigeerd voor leegstand (Chardon en Van der Hoek, 2002).

Om de emissie van CH₄, N₂O en CO₂ te berekenen is de concentratie (stal-buitenlucht) vermenigvuldigd met het gemiddelde ventilatiedebiet tijdens de monsternameperiode van 24 uur. De emissie per jaar wordt, net zoals bij de berekeningen voor ammoniak, per dierplaats berekend, waarbij men rekent met een leegstand van 10%.

Dataverwerking grote stal

De ammoniakemissie uit de grote stal werd berekend volgens de interne tracergas ratiomethode.

Hieronder volgt puntsgewijs een overzicht hoe bij de berekening te werk is gegaan.

- geregistreerde meetwaarden werden omgerekend naar uurgemiddelde waarden voor de betreffende fysische grootheden;
- de hoeveelheid geïnjecteerd tracergas (SF₆) is bepaald aan de hand van de ijkcurve van de betreffende Mass Flow Controller;
- de uurgemiddelde ammoniakconcentraties werden gecorrigeerd voor de rendementen van de converters en voor het verloop van de NO_x-monitor dat uit de kalibraties met ijkgas volgde;
- de uurgemiddelde ammoniakconcentraties in ppm werd met een factor 0,71 (bij 20 °C en 1 atm.) omgerekend naar mg ammoniak per m³ lucht (Weast *et al*, 1986);
- de uurgemiddelde tracergasconcentraties zijn aan de hand van de wekelijkse kalibraties met een ijkgas lineair gecorrigeerd voor het verloop van de gaschromatograaf tussen twee kalibraties;
- de mengfactor (K_M, m³/uur) is berekend uit de verhouding tussen het SF₆-injectieniveau en de gemeten verschilconcentratie van SF₆;
- missende uurwaarnemingen (als gevolg van kalibraties, technische storingen of onbetrouwbaarheid) van tracergas- en ammoniakconcentraties, temperaturen en relatieve luchtvochtigheden werden niet geïnterpoleerd;

- de NH_3 -bronsterkte is berekend door het SF_6 -injectieniveau te vermenigvuldigen met de verhouding tussen NH_3 - en SF_6 -concentratieverschillen tussen binnen- en buitenlucht;
- uit de uurwaarnemingen werden daggemiddelden berekend. Indien een daggemiddelde emissie (g/uur) uit minder dan 19 uurwaarnemingen bestond, werd deze gehele dag als missend beschouwd.

2.8 Uitgangspunten economische berekeningen

Er zijn twee economische berekeningen gemaakt. In de eerste berekening is een gelijkvloerse Kempfarm-stal vergeleken met een traditionele stal. Beide stallen hebben zes afdelingen van 360 varkens, zodat het aantal dierplaatsen 2.160 was. Er werden tien varkens per hok opgelegd. In de tweede berekening is een Kempfarm-stal met twee verdiepingen vergeleken met een traditionele stal. Deze beide stallen hadden 12 afdelingen met 360 varkens, zodat het aantal dierplaatsen 4.320 was. Ook nu werden tien varkens per hok opgelegd. De investeringen en jaarlijkse kosten van het Kempfarm-concept zijn in Excel berekend. Voor de traditionele stallen werden de berekeningen met de BedrijfsWijzer Varkens uitgevoerd.

3 Resultaten

3.1 Productieresultaten

In tabel 3 staan de productieresultaten van de twee productieronden en het landelijk gemiddelde.

Tabel 3 Bedrijfsresultaten en -kenmerken van de productieronden in deze studie in vergelijking tot de KWIN-norm (KWIN-V 2006-2007, 2006)

	Productieronde		Landelijk gemiddelde
	1	2	
Opgelegde dieren	72	72	-
Ligdagen per dier	116,0	113,4	116,3
Opleggewicht (kg)	23,8	24,4	25
Levend aflevergewicht (kg)	118,8	124,6	115,4
Groei per dag (g)	818	884	777
Voerverbruik per varken (kg)	252	289	240
Voerverbruik per dag (kg)	2,17	2,54	2,06
Voederconversie	2,65	2,88	2,66
Uitval (%)	2,8	0,0	3,0

De groei van de varkens op dit bedrijf was hoger dan de KWIN-norm en de uitval was gemiddeld lager, hoewel het aantal dieren te gering was om hier verder een uitspraak over te doen. De voederconversie was gemiddeld hoger dan de KWIN-norm. De dieren in beide ronden werden zwaarder afgeleverd dan gemiddeld in Nederland.

3.2 Klimaat en ventilatie-debiet

In tabel 4 zijn de gemiddelde temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en het ventilatie-debiet per gemiddeld aanwezig dier tijdens beide meetperioden weergegeven. In de bijlagen E en F staan de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de stal- en buitenlucht per dag. In bijlage G staat het totale ventilatie-debiet van de beide productieronden.

Tabel 4 Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buiten- en stallucht en het gemiddelde ventilatie-debiet per meetperiode

Meetperiode		1	2
Temperatuur (°C)	buitenlucht	18,9	7,2
	stallucht	25,3	19,3
Relatieve luchtvochtigheid (%)	buitenlucht	81	95
	stallucht	68	64
Ventilatie-debiet (m ³ /uur per gem. aanwezig dier)		29,7	18,3

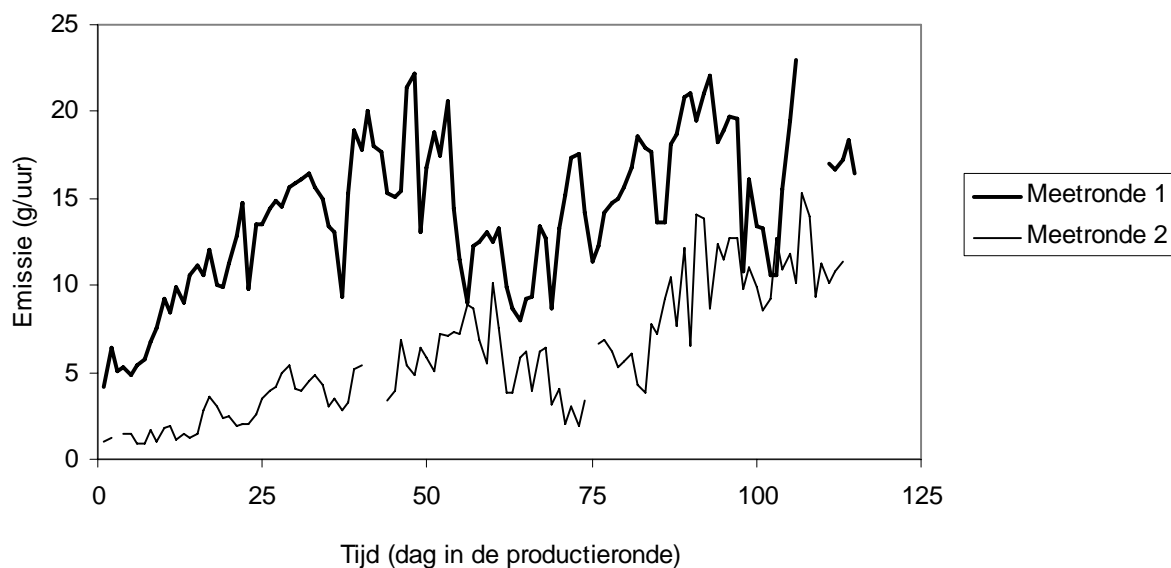
In meetperiode 1 vonden de metingen onder relatief zeer warme omstandigheden plaats. De meetperiode viel voor een deel in de warme zomer en herfst van 2006. Alleen de maand augustus was koel en nat. Ook voor meetperiode 2 waren de buitentemperaturen relatief hoog. Deze periode viel voor een deel in de warme herfst en een relatief warme winter. Het verschil tussen beide meetperioden was duidelijk zichtbaar in zowel de buitentemperatuur, de staltemperatuur als het ventilatie-debiet.

3.3 Ammoniakconcentratie en -emissie

In tabel 5 staan de gemiddelde ammoniakconcentraties en -emissies tijdens de twee meetperioden. Het verloop van de ammoniakemissie tijdens beide meetperioden staat weergegeven in figuur 3. Uit tabel 5 en figuur 3 blijkt dat de ammoniakemissie tijdens de eerste meetperiode beduidend hoger was dan tijdens de tweede meetperiode. Verder valt in figuur 3 op dat de ammoniakemissie zowel in meetperiode 1 als in meetperiode 2 een terugval laat zien na een geleidelijke stijging. Voor meetperiode 1 was dit op dag 53 en voor meetperiode op dag 60. Na deze terugval steeg de emissie weer geleidelijk. De gemeten ammoniakconcentraties van beide meetperioden zijn grafisch weergegeven in bijlage H.

Tabel 5 Aantal dieren, aantal meetdagen, gemiddelde ammoniakconcentraties van de buiten- en stallucht, gemiddelde ammoniakemissie van de stal en per dierplaats per jaar

Meetperiode	1	2
Aantal dierplaatsen	72	72
Lengte meetperiode (dagen)	115	113
% bruikbare meetdagen t.o.v. productiedagen	96	95
NH ₃ -concentratie uitgaande stallucht (mg/m ³)	6,6	4,4
NH ₃ -concentratie ingaande lucht (mg/m ³)	0,3	0,2
NH ₃ -emissie (g/uur)	14,1	6,0
NH ₃ -emissie gecorrigeerd naar 10% leegstand (kg/jaar per dierplaats)	1,54	0,66

Figuur 3 Daggemiddelde ammoniakemissie (g/uur) uit de stal gedurende de eerste en tweede meetperiode (vleesvarkensronde)

3.4 Geurconcentratie en -emissie

In tabel 6 wordt de geurconcentratie en -emissie per dierplaats per meetperiode gegeven. In meetperiode 2 is de geuremissie veel lager dan in meetperiode 1.

Tabel 6 Gemiddeld ventilatie-debiet en geometrisch gemiddelde geurconcentratie van de uitgaande stallucht en geuremissie gedurende 2 meetperiodes. *(Let op: cijfers zijn gecorrigeerd t.o.v. de versie van voor 26 okt. 07.)*

Meetperiode	1	2
Aantal geplaatste dieren	72	72
Aantal metingen	5	5
Ventilatie-debiet (m ³ /uur)	2070	1131
Geurconcentratie uitgaande lucht (ou _E /m ³) ¹	1057	811
Geuremissie (ou _E /s) ¹	594	252
Geuremissie per dierplaats (ou _E /s) ¹	8,3	3,5
Geuremissie per geplaatst dier (ou _E /s) ¹	8,3	3,5

¹ Geometrisch gemiddelde

3.5 Broeikasgasconcentraties en -emissies

In tabel 7 worden de concentraties en -emissies van CH₄, N₂O en CO₂ gegeven. Deze gassen zijn alleen tijdens de tweede meetperiode gemeten. Iedere meting is in duplo uitgevoerd. Alleen methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) zijn aan te merken als broeikasgassen. De kooldioxideconcentratie en -emissie zijn voor de volledigheid weergegeven. De gemiddelde emissies van methaan en lachgas waren respectievelijk 0,94 en 0,11 kg/jaar per dierplaats.

Tabel 7 Gemiddelde concentraties en emissies van methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en kooldioxide (CO₂), en het gemiddelde ventilatie-debiet tijdens de metingen

Meetperiode	2
Aantal geplaatste dieren	72
Aantal metingen	4
CH ₄ conc. (ppm)	11,8
N ₂ O conc. (ppm)	0,64
CO ₂ conc. (ppm)	2884
Ventilatie (m ³ /uur)	1261
CH ₄ emissie (g/uur)	8,61
CH ₄ emissie (kg/(jaar . dierplaats)) ¹	0,94
N ₂ O emissie (g/uur)	1,05
N ₂ O emissie (kg/(jaar . dierplaats)) ¹	0,11
CO ₂ emissie (kg/uur)	5,83
CO ₂ emissie (kg/(jaar . dierplaats)) ¹	637

¹ Gecorrigeerd naar een leegstand van 10%

3.6 Stofconcentratie en -emissie

In tabel 8 worden de concentraties en emissies van de stoffracties PM10 en PM2.5 in de eerste en de tweede meetperiode gegeven. De berekende stofemissies zijn gecorrigeerd voor de stofconcentraties van de inkomende lucht. Uit de tabel blijkt dat de fijn stofemissie in de tweede meetperiode beduidend hoger was dan in de eerste.

Tabel 8 Gemiddelde concentraties en emissies van de stoffracties PM10 en PM2.5 in de eerste en de tweede meetperiode

Meetperiode	1	2
Aantal geplaatste dieren	72	72
Aantal metingen	2	2
PM10 conc. (mg/m ³)	0,32	0,81
PM2.5 conc. (mg/m ³)	0,14	0,59
Ventilatie (m ³ /uur)	2181	1450
PM10 emissie (g/(jaar . dierplaats))	74	146
PM2.5 emissie (g/ (jaar . dierplaats)) ¹	30	97

¹ Deze metingen zijn niet nauwkeurig vanwege het zogenaamde 'bouncing effect' bij een voorafscheiding met een impactor

3.7 Mest en urine

In tabel 9 zijn de resultaten van de mest- en urineproducties en samenstelling weergegeven van de eerste ronde. In de tweede ronde is de totale hoeveelheid mengmest gewogen en geanalyseerd.

Tabel 9 Hoeveelheid en samenstelling van mest en urine in de eerste ronde en van mengmest in de tweede ronde

Ronde	Datum	Dag	Fractie	Hoeveelheid	N	P	K	Ammonium N	Ds	As	pH
				kg/(varken.d)	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	
1	01-08-2006	36	urine	1,21	5,88	0,07	3,95	5,40	18,06	9,60	9,26
1	05-09-2006	71	urine	1,86	7,83	0,59	4,06	7,07	24,05	11,98	8,70
1	03-10-2006	99	urine	2,18	8,35	0,37	4,35	7,61	25,05	12,22	8,80
2	08-02-2007	101	urine		8,84	0,22			20,6	11,9	
1	01-08-2006	36	vaste mest	1,65	12,80	2,86	5,06	4,45	228,67	46,45	6,31
1	05-09-2006	71	vaste mest	1,58	13,14	4,00	5,52	5,73	262,59	50,12	6,56
1	03-10-2006	99	vaste mest	1,65	12,59	3,78	5,24	4,42	255,20	39,77	6,58
2	08-02-2007	101	mengmest	3,91	11,2	1,88			115,5	28,7	

Uit tabel 9 blijkt dat de hoeveelheid dunne fractie vanaf de mestband (urine) gemiddeld 1,75 kg per varken per dag was. De hoeveelheid vaste mest van de mestband in de eerste mestronde was gemiddeld 1,63 kg per varken per dag. Alle gehalten lagen hoger in de vaste mest fractie dan in de urinefractie, behalve de gehalten aan K en ammonium-N ; deze waren vergelijkbaar in beide fracties. De pH was duidelijk hoger in de urinefractie dan in de vaste mest fractie. De totale mestproductie (urine + vaste mest) was in de eerste ronde respectievelijk 2,86, 3,43 en 3,83 kg per varken per dag op dag 36, 71 en 99. Op basis van deze mestproducties kan de volgende (indicatieve) relatie berekend worden tussen dagnummer en mestproductie: $Y = 0,0154 X + 2,31$. Bij een mestperiode van 110 dagen en een leegstand van 10% kan op basis van deze vergelijking een mestproductie per jaar per varken worden berekend van 1038 kg/jaar.

3.8 Resultaten grote stal

In tabel 10 zijn de gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid tijdens de meetperiode vermeld. In bijlage I staan de grafieken van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de in- en uitgaande lucht.

Tabel 10 Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buiten- en stallucht

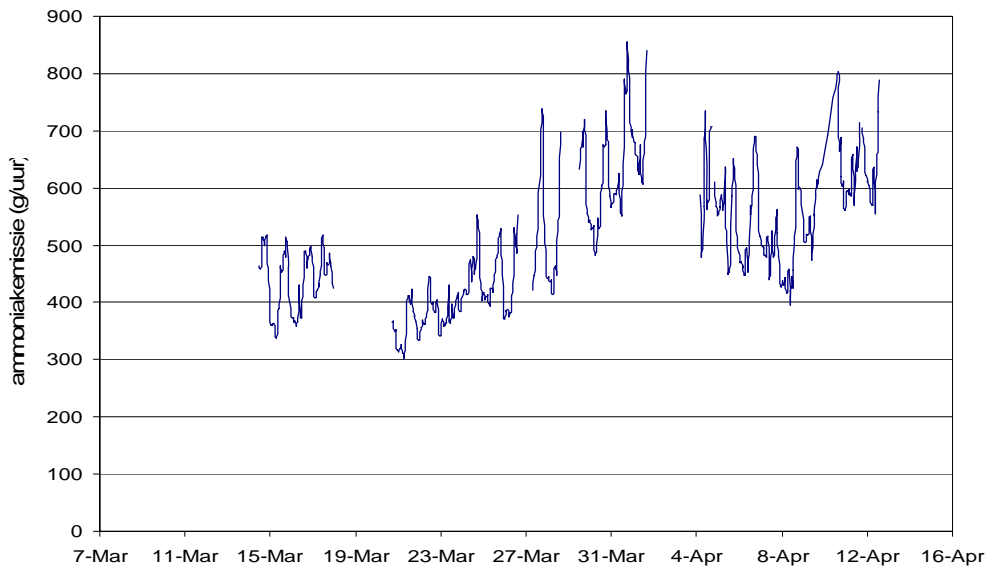
Meting	Locatie	Waarde
Temperatuur (°C)	Ingaand	9,5
	Uitgaand	24,6
Relatieve luchtvochtigheid (%)	Ingaand	77,8
	Uitgaand	52,0

In tabel 11 staat een overzicht van het aantal aanwezige dieren, het aantal meetdagen, de gemeten ammoniak en tracergas concentraties, de berekende ventilatie en de ammoniakemissie. In bijlage J is het verloop van het ventilatiegebied grafisch weergegeven.

Tabel 11 Aantal dieren, aantal meetdagen, gemiddelde gasconcentraties van de buiten- en stallucht, de berekende ventilatie en gemiddelde ammoniakemissie van de stal en per dierplaats per jaar

Parameter	Waarde
Aantal dierplaatsen	3800
Lengte meetperiode (dagen)	31
NH ₃ -concentratie uitgaande lucht (ppm)	15,1
NH ₃ -concentratie ingaande lucht (ppm)	1,1
SF ₆ -concentratie uitgaande lucht (ppb)	33,0
SF ₆ -concentratie ingaande lucht (ppb)	0,8
Ventilatie totaal (m ³ /uur)	46761
Ventilatie per dierplaats (m ³ /uur)	12,3
NH ₃ -emissie (g/uur)	471
NH ₃ -emissie (kg/jaar per dierplaats)	0,977
Gecorrigeerd naar een leegstand van 10%	

In figuur 4 staat het verloop van de ammoniakemissie gedurende de meetperiode van 4 weken weergegeven. De gemeten ammoniakconcentraties zijn grafisch weergegeven in bijlage J.

Figuur 4 Gemiddelde ammoniakemissie (g/uur) uit de grote stal.

3.9 Economische berekeningen

De staalconstructie van het Kempfarm-concept leverde een heel andere verdeling van bouwkosten op dan bij een traditionele stal (zie bijlage K). De ruwbouw, hokinrichting en vloeren waren beduidend goedkoper voor het Kempfarm-concept. Vooral bij de twee-verdiepingenstal werd bespaard op ruwbouwkosten. Daar staat tegenover dat er investeringen waren voor de mestbanden met aandrijving en ophanging.

In de twee-verdiepingenstal werd bespaard op energiekosten, omdat de warmte van de onderste verdieping deels de bovenste verdieping opwarmt. De kosten voor energie in een traditionele stal zijn ontleend aan KWIV-V (2006) en bedroegen € 6,90 per gemiddeld aanwezig vleesvarken (gav). Voor de twee-verdiepingenstal werd deze op basis van praktijkinformatie op € 3,50 per gemiddeld aanwezig vleesvarken gesteld. Er is verondersteld dat de dikke fractie werd afgevoerd voor de export en de prijs per ton lag hiervoor enkele euro's hoger dan voor gewone drijfmest van vleesvarkens, die in KWIV-V op € 15,- per ton is gesteld. De prijs voor de dikke fractie werd op € 18,- per ton gesteld. De prijs voor de afvoer van urine is € 8,-. Er is uitgegaan van een verdere behandeling van de urine in een ammoniakstripper, waarna de vloeistof met zouten uitgereden kon worden over het eigen land. De kosten voor het strippen bedroegen € 6,- per m³ en daar kwamen € 2,- aan transportkosten bij, waardoor de totale kosten voor verwerking en afvoer van urine op € 8,- per m³ komt. Uitgaande van een gemiddelde mestproductie van 1,1 m³ per gemiddeld aanwezig varken per jaar en de gemeten verhouding tussen urine en vaste mest in de eerste meetronde, kunnen de mestafzetkosten voor het Kempfarm-concept als volgt worden berekend:

$1,1 \text{ m}^3 \times 0,48 \times € 18,- + 1,1 \text{ m}^3 \times 0,52 \times € 8,- = € 14,08$ per gemiddeld aanwezig vleesvarken.

De mestafzet in traditionele huisvesting kost: $1,1 \text{ m}^3 \times € 15,- = € 16,50$ per gemiddeld aanwezig vleesvarken (KWIV-V 2006-2007, 2006).

Kosten gelijkvloerse stal

De totale investeringskosten voor het gelijkvloerse Kempfarm-concept waren € 792.172 (zie tabel 12 en bijlage K). De investeringen voor de traditionele stal bedragen € 908.693,-. De jaarlijkse kosten voor afschrijving, rente en onderhoud bedragen respectievelijk € 86.588,- en € 96.319,-, een verschil van ruim € 9.700,-. Per varkensplaats bedragen de investeringskosten € 367,- (436,- incl. BTW) voor het Kempfarm-concept en € 421,- (501,- incl. BTW) voor de traditionele stal. De jaarlijkse kosten van stal en inventaris bedragen inclusief BTW € 50,26 per gemiddeld aanwezig vleesvarken voor het Kempfarm-concept en € 55,91 voor de traditionele stal. Samen met de besparing op de mestafzetkosten zijn de kosten voor het Kempfarm-concept € 8,07 per gemiddeld aanwezig vleesvarken lager. In totaal zijn de kosten per jaar € 16.541 lager.

Kosten twee-verdiepingenstal

De totale investeringskosten voor de Kempfarmstal met twee verdiepingen zijn € 1.534.286,- (zie tabel 12 en bijlage K). De investeringen voor de traditionele stal bedroegen € 1.694.124,-. De jaarlijkse kosten voor afschrijving, rente en onderhoud bedroegen respectievelijk € 165.460,- en € 179.808,-, een verschil van bijna € 14.500,-. Per varkensplaats bedroegen de investeringskosten € 355,- (423,- incl BTW) voor het Kempfarm-concept en € 392,- (467,- incl. BTW) voor de traditionele stal. De jaarlijkse kosten van stal en inventaris bedroegen inclusief BTW € 48,02 per gemiddeld aanwezig vleesvarken voor het Kempfarm-concept en € 52,19 voor de traditionele stal. Samen met de besparing op de verwarming- en mestafzetkosten waren de kosten voor het Kempfarm-concept € 9,98 per gemiddeld aanwezig vleesvarken lager. In totaal waren de kosten per jaar € 40.935 lager.

Tabel 12 Investeringskosten en jaarkosten Kempfarm-concept en traditionele stal

Stalconcept	Kempfarm gelijkvloers	Traditioneel	Kempfarm 2 verdiepingen	Traditioneel
Aantal dierplaatsen	2.160		4.320	
Gemiddeld aanwezige vleesvarkens	2.050		4.100	
Totale investering gebouw + inrichting (€, ex btw)	792.172	908.693	1.534.286	1.694.124
Investering per dierplaats (€, ex btw)	367	421	355	392
Investering per dierplaats (€, incl btw)	436	501	423	467
Jaarkosten gebouw + inrichting (€/gav, incl btw)	50,26	55,91	48,02	52,19
Kosten elektra, gas (€/gav, incl btw)	6,90	6,90	3,50	6,90
Mestafzetkosten (€/gav, incl btw)	14,08	16,50	14,08	16,50
Totaal per gav (€, incl btw)	71,24	79,31	65,60	75,59
Voordeel Kempfarm-concept (€ per gav, incl btw)			9,98	
Voordeel Kempfarm-concept (€ per bedrijf/jaar, incl btw)	16.541		40.935	

4 Discussie

Productieresultaten

Tijdens beide vleesvarkenronden lieten de varkens goede resultaten zien. De groei per dag was beduidend hoger dan de KWIN-norm (851 vs 777 g/d). Daar staat tegenover dat de voederconversie gemiddeld iets hoger was (2,70 vs 2,66). Deze resultaten laten zien dat goede resultaten mogelijk zijn met het Kempfarm-concept. Door het geringe aantal dieren in dit onderzoek en doordat het onderzoek slechts op één bedrijf plaats vond, zijn verder geen conclusies te trekken uit de productieresultaten zoals gevonden in dit onderzoek.

Klimaat en ventilatie-debiet

Het onderzoek naar de milieuemissies is uitgevoerd door metingen gedurende twee vleesvarkenronden. De eerste meetronde heeft plaatsgevonden in de extreem warme zomer van 2006. De gemiddelde buitentemperatuur gedurende deze meetronde was 18,9 °C. De gemiddelde temperatuur gemeten in De Bilt in de maanden juli tot en met oktober 2006 was 17,6 °C. Voor normale jaren was de gemiddelde temperatuur 14,8 °C. De maanden juli en september waren de warmste maanden ooit en oktober was de op één na zachtste maand vanaf 1901. Met name dagen met temperaturen boven circa 18 °C kunnen een belangrijke invloed hebben op het lig- en mestgedrag van varkens en daarmee op de hokbevuiling. De buitentemperatuur in de tweede meetronde was ook relatief hoog, met een gemiddelde temperatuur van 7,2 °C. De gemiddelde temperatuur in de maanden november 2006 tot en met februari 2007 in de Bilt bedroeg eveneens 7,2 °C, terwijl dit in een normaal jaar 4,0 °C is. Een relatief hoge temperatuur in de winterperiode heeft echter een veel geringere impact op de emissies dan in een zomerperiode.

Ammoniak

Het Kempfarmstelsel gaf een beduidend lagere ammoniakemissie dan de huidige emissiefactor voor traditionele gedeeltelijk roostervloerstallen met alleen onderkeldering onder de roostervloer (2,5 kg per dierplaats per jaar voor hokken met een netto oppervlak per dier van maximaal 0,8 m² en 3,5 kg per dierplaats per jaar voor hokken met een netto oppervlak groter dan 0,8 m² per dier). In de onderzoeksstal ('kleine stal') hadden de varkens een netto oppervlak ter beschikking van 0,814 m² per varken. De gemeten ammoniakemissie in het Kempfarmstelsel was gemiddeld over twee ronden 1,1 kg per dierplaats per jaar. Het aflevergewicht van de varkens was hoog vergeleken met het gemiddelde in Nederland (tabel 3), gemiddeld 4,7 kg hoger. Normaal wordt in de praktijk circa 2 weken voordat men alle varkens aflevert de zwaarste varkens al afgevoerd. In dit onderzoek is dit niet gebeurd en zijn alle varkens gelijktijdig afgeleverd. Hiervoor moet eigenlijk gecorrigeerd worden, aangezien de ammoniakemissie in het algemeen wat lager wordt bij een lagere bezetting.

In onderzoek van Huis in 't Veld en Groenestein (1995) nam de ammoniakemissie met ongeveer 30% af op het moment dat de eerste varkens werden afgevoerd. Als we de ammoniakemissie in dit onderzoek gedurende de laatste 2 weken met 30% laten dalen, betekent dit dat de gemiddelde ammoniakemissie gedurende de eerste meetronde daalt van 1,54 naar 1,49 en tijdens de tweede meetronde van 0,66 naar 0,61 kg/jaar per dierplaats. Dit betekent dat de gemiddelde ammoniakemissie daalt van 1,10 naar 1,05 kg/j per dierplaats. Het toegepaste ammoniakreducerend principe (het gescheiden, snel en volledig afvoeren van de vaste mest en urine met behulp van een V-vormige band), blijkt de ammoniakemissie belangrijk te kunnen reduceren.

De ammoniakemissie was beduidend hoger in de eerste dan in de tweede vleesvarkenronde. De belangrijkste oorzaak lijkt te liggen in de hoge temperaturen gedurende de eerste meetronde. De staltemperatuur heeft op verschillende manieren een invloed op de ammoniakemissie. Er is een invloed op de snelheid van omzetting van ureum naar ammoniak, op de verhouding tussen ammoniak en ammonium in de mest en op de snelheid van vervluchtiging uit de mest. Daarnaast heeft een hogere staltemperatuur in het algemeen ook een hoger ventilatie-debiet tot gevolg. Een hoger ventilatie-debiet veroorzaakt een hogere luchtsnelheid over de mest en zal daardoor een hogere emissie geven. Het belangrijkste effect van een hogere staltemperatuur op de ammoniakemissie wordt echter waarschijnlijk veroorzaakt door een toename van de hokbevuiling. Hokbevuiling kan een sterke toename geven van het emitterende oppervlak en daarmee van de ammoniakemissie. Opvallend is de daling in de ammoniakemissie in de eerste ronde na circa 11 augustus en in de tweede ronde begin januari. De afname in de eerste ronde is waarschijnlijk te verklaren door een daling van de buitentemperatuur en daarmee van de staltemperatuur. De daling in buitentemperatuur trad wel eerder op dan de daling in de ammoniakemissie. Echter het effect van hoge temperaturen op de ammoniakemissie ligt vooral in het feit dat de hokbevuiling toeneemt. Bij een daling van de temperatuur duurt het in het algemeen enige tijd voordat de hokken weer schoon zijn. De daling in ammoniakemissie tijdens de tweede ronde begin januari is moeilijker te verklaren. Het lijkt erop dat de buitentemperatuur rond die tijd juist omhoog ging. In deze periode ging de temperatuur echter omhoog van rond het vriespunt naar ongeveer 10 °C. Bij lage inkomende luchttemperaturen gingen de varkens misschien wat meer achter in het hok en op de roostervloer liggen, waardoor het emitterende oppervlak voor een deel werd afgesloten door de liggende varkens.

De kortdurende ammoniakmetingen, gedurende ongeveer één maand, in de grote stal gaven een omgerekende emissie per varkensplaats per jaar van 0,98 kg. Deze waarde is vergelijkbaar met de gemiddelde waarde die over twee ronden in de kleine stal is gevonden. Er zijn echter twee duidelijke verschillen te constateren tussen de metingen in de grote stal en die in de kleine stal die de ammoniakemissie waarschijnlijk hebben beïnvloed. De metingen in de kleine stal zijn tijdens een zomer- en een winterperiode gedaan, waarbij de zomerperiode als extreem warm kon worden gekenschetst. De warme zomerperiode veroorzaakte redelijk veel hokbevuiling, wat de belangrijkste oorzaak lijkt te zijn van de duidelijk hogere emissie tijdens de zomerperiode ten opzichte van de winterperiode (respectievelijk 1,55 en 0,65 kg per/jaar per dierplaats). De metingen in de grote stal zijn in het voorjaar gedaan bij gematigde temperaturen. Dit gaf om die reden minder hokbevuiling in die stal. In de grote stal was de hokinrichting niet optimaal, waardoor zelfs bij lagere temperaturen in sommige hokken hokbevuiling voorkwam. Een ander verschil was dat de kleine stal metalen driekantroosters had en de grote stal betonnen roosters. Een metalen rooster geeft lagere ammoniakemissies dan een betonnen rooster (Aarnink et al., 1997). Deze twee verschillen hebben elkaar waarschijnlijk (voor een deel) gecompenseerd, waardoor de omgerekende jaaremmissies vrijwel gelijk uitkwamen.

Geur

Voor traditionele stallen wordt op dit moment per vleesvarkenplaats een geuremissie toegekend van 23 ou_e/s. Gemiddeld over de twee gemeten vleesvarkenronden vonden we voor het Kempfarm systeem een geuremissie van 5,9 ou_e/s. Dit betekent een reductie van meer dan 70%. Het gescheiden, snel en volledig afvoeren van de vaste mest en urine met een V-vormige band blijkt dus zeer effectief om de geuremissie te reduceren. Het verschil in geuremissie tussen de eerste en tweede vleesvarkenronde is waarschijnlijk vooral te verklaren door het grote verschil in omgevingstemperatuur. De extreme temperaturen tijdens de eerste meetronde veroorzaakten hoge staltemperaturen, hoge ventilatiedebieten en extra hokbevuiling. Deze drie variabelen kunnen een effect hebben op de geuremissie. Uit het rapport van Mol en Ogink (2002) blijkt dat vooral het ventilatiedebiet een grote invloed heeft op de geuremissie, met name bij een hoog ventilatiedebiet kan de geuremissie extra worden verhoogd.

Broeikasgassen

Voor broeikasgassen zijn (nog) geen emissiefactoren vastgesteld. Uit een overzichtsverhaal van Monteny *et al.* (2006) blijkt dat uit stallen voor vleesvarkens tot nu toe een gemiddelde emissie van methaan is gevonden van 4,8 kg per vleesvarken per jaar. Zij geven aan dat ongeveer 30% afkomstig is van het dier; dit komt overeen met 1,44 kg. In dit onderzoek vonden we een gemiddelde emissie van 0,94 kg per dierplaats per jaar. Aangezien de mest en urine gescheiden werden afgevoerd was de verwachting dat er geen of zeer weinig methaan zou vervluchtigen uit de mest. De lage methaanemissie die wij gemeten hebben is daarom waarschijnlijk (vrijwel) alleen afkomstig van het dier zelf. De methaanemissie van het dier zelf varieert vooral afhankelijk van het voer dat wordt verstrekt. Vooral het fermenteerbaar koolhydraatgehalte van het voer is van invloed op de methaanemissie (Aarnink and Versteegen, 2007). De emissie van lachgas (0,11 kg/jaar per dierplaats) was zeer laag en waarschijnlijk vergelijkbaar met traditionele stallen. Van diepstrooiselstallen is bekend dat ze een veel hogere emissie geven van lachgas. Groenestein en Van Faassen (1996) vonden bij twee verschillende diepstrooiselsystemen een gemiddelde emissie van lachgas van 3,1 kg/jaar per dierplaats. De gemeten kooldioxideproductie uit de stal is voor het overgrote deel afkomstig van respiratie van de dieren en voor een klein deel van emissie uit urine en mest (Van Ouwerkerk and Aarnink, 1994). Beide bronnen van kooldioxide zijn hernieuwbare bronnen en dragen daarom niet bij aan de opwarming van de aarde.

Stof

Voor vleesvarkens wordt op dit moment voor PM10 een emissiefactor gehanteerd van 305 g per dierplaats per jaar (Chardon and Van der Hoek, 2002). In dit onderzoek werd een gemiddelde PM10 emissie gevonden van 110 g per dierplaats per jaar. Dit is beduidend lager dan de huidig gehanteerde emissiefactor. Het is echter niet waarschijnlijk dat deze lage emissie toegeschreven kan worden aan het Kempfarmstelsel, aangezien dit systeem zijn werking ontleend aan een systeem onder de roostervloer. Het is te verwachten dat een verandering onder de roostervloer niet veel effect zal hebben op de stofemissie. Resultaten van metingen uit andere vleesvarkensstallen (Aarnink e.a., nog niet gepubliceerde resultaten) lijken ook lagere PM10-emissies te geven dan de huidige emissiefactor. De concentratie- en emissiemetingen van PM2.5 zijn wel vermeld in de resultaten, maar zijn niet betrouwbaar, door het zogenaamde 'bouncing effect'. Het 'bouncing effect' ontstaat bij overbelading van de impactieplaat. Door de hoge impactiesnelheid van de deeltjes op de impactieplaat worden de aanwezige deeltjes op de plaat weer in de lucht gebracht en meegevoerd naar het filter. Door dit effect worden de PM2.5 concentraties sterk overschat. Dit effect kan voorkomen worden door te werken met cyclonen in plaats van impactoren als voorafseparator. Op dit moment wordt bij ASG deze bemonsteringstechniek uitgetest.

Mest en urine

De geschatte mestproductie per jaar van 1038 kg/dierplaats is relatief laag. Echter voor stallen met brijbakken wordt in het algemeen een lage mestproductie gevonden. Drogestofgehalten van 11,5%, zoals gevonden in dit onderzoek (tabel 9), of hoger zijn geen uitzondering voor dit voer- en drinkwatersysteem (Aarnink and Huijben, 1988). In het Kempfarmstelsysteem kan de lucht worden aangevoerd of afgevoerd over de mestband. In de grote stal werd de lucht via de zijkanten van de mestband aangevoerd. Luchtaanvoer of -afvoer via de mestband kan extra waterverdamping geven en daarmee het mestvolume kunnen verkleinen. In de kleine stal werd de lucht echter via een ventilatiekoker in het dak afgevoerd en zal er niet of nauwelijks extra water vanaf de mestband zijn verdampt. Extra verdamping vanuit de urine van 0,2 m³ per dier zou een extra economisch voordeel van het Kempfarmstelsysteem opleveren van € 1,60 per gemiddeld aanwezig varken. Hierbij moet wel in acht worden genomen dat de ammoniak- en geuremissies toe zouden kunnen nemen bij aan- of afvoer van de lucht over de mestband. De urineproductie tijdens dit onderzoek was gemiddeld lager dan werd gevonden in het Hercules-project, waarin ook met mestbanden is gewerkt (Aarnink et al., 2001), respectievelijk 1,75 en 2,05 kg/d per varken. De belangrijkste oorzaak van dit verschil is waarschijnlijk de hogere wateropname van de dieren in het Hercules-onderzoek. De vaste mestproductie was vergelijkbaar in beide onderzoeken, namelijk ca. 1,60 kg/d per varken. De gehalten aan totaal N en ammonium-N liggen in de range van wat we mogen verwachten bij dit voer en bij deze urineproductie (Canh, 1998). De concentraties liggen aan de hoge kant door de geringe urineproductie, wat waarschijnlijk het gevolg is van een relatief lage wateropname bij dit voersysteem (brijbak). Het fosforgehalte van de urine was zeer laag. Dit betekent dat de dunne fractie (urine) goed gescheiden is van de dikke fractie. Gemiddeld lag het fosforgehalte wel iets hoger dan in de dunne fractie verkregen binnen het Hercules-project, gemiddeld respectievelijk 0,34 en 0,20 g/kg. Het drogestofgehalte van de vaste mest was voor beide studies vergelijkbaar: 25,1% in de Hercules-studie en 24,9% in deze studie.

Economische berekeningen

De economische berekeningen laten een duidelijk economisch voordeel zien van de Kempfarm-stal ten opzichte van een traditionele stal. Naast de milieuvordelen biedt het Kempfarm-concept dus ook economische voordelen. Het Kempfarm-concept maakt gebruik van andere materialen dan in een traditionele stal. Zo wordt er veel staal in de constructie verwerkt. De staalprijzen zijn de afgelopen jaren fors gestegen. In de berekening is uitgegaan van het prijsniveau begin 2007. Voor het gelijkvloerse Kempfarm-concept is het aandeel van staal in de investeringskosten circa 10%; bij het Kempfarm-concept met twee verdiepingen is dit 16,5%. Een verdere stijging van de staalprijzen zal het economisch voordeel dus verkleinen. Een prijsstijging van bijvoorbeeld 25% voor staal, geeft voor de gelijkvloerse stal extra jaarkosten van € 0,80 per gemiddeld aanwezig vleesvarken en voor het Kempfarm-concept met twee verdiepingen € 1,35 per gemiddeld aanwezig vleesvarken. Omdat het aantal varkens bij de metingen gering was, zijn de betere technische resultaten niet meegenomen in de economische berekening. Extra groei levert financieel voordeel op. De waarderingsnorm voor groei is € 0,027 per gram groei per afgeleverd vleesvarken. Een hogere voederconversie verkleint het financiële voordeel. De waarderingsnorm voor EW-conversie is € 0,15 per 0,01 EW-conversie per afgeleverd vleesvarken. De waarderingsnorm per afgeleverd vleesvarken voor uitval is € 0,68 per % uitval (Waarderingsnormen, 2007).

5 Conclusies

Uit dit onderzoek aan het Kempfarm-concept bij vleesvarkens kunnen we het volgende concluderen.

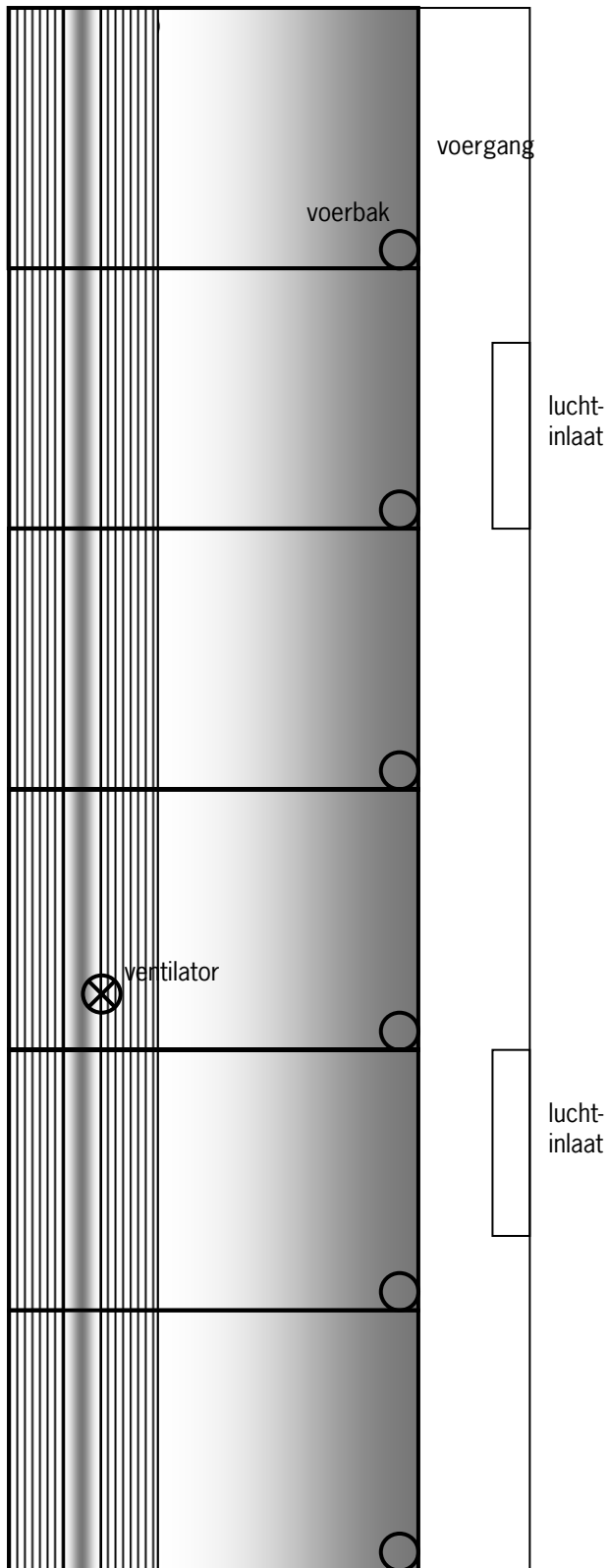
1. Het dagelijks gescheiden afvoeren van urine en vaste mest met behulp van een V-vormige mestband biedt duidelijke milieuvoordelen ten opzichte van een traditionele stal met alleen onderkeldering onder de roostervloer:
 - a. De ammoniakemissie uit de stal met het Kempfarm-concept, waarin de varkens een netto hokoppervlakte hadden van 0,80 m² bedraagt 1,05 kg/jaar per dierplaats. Dit betekent een reductie van 58% ten opzichte van stallen met een hokoppervlakte van maximaal 0,8 m² per dier en een reductie van 70% wanneer wordt vergeleken met stallen met een hokoppervlakte van meer dan 0,8 m² per dier.
 - b. De geuremissie wordt verlaagd van 23,0 tot 5,9 ou_e/s. Dit betekent een reductie van 74%.
 - c. De emissie van methaan is beduidend lager dan waarden die in de literatuur worden gegeven. De emissie van methaan uit de urine en mest in het Kempfarmsysteem zijn waarschijnlijk te verwaarlozen. Dit in tegenstelling tot de emissie van methaan uit mengmest in traditionele systemen.
 - d. De emissie van lachgas is laag en vrijwel verwaarloosbaar. Dit geldt ook voor traditionele mengmestsystemen.
 - e. De gemeten fijn stofemissie (PM10) was 110 g/jaar per dierplaats. Ten opzichte van de huidige emissiefactor voor fijn stof (305 g/jaar) is dit een duidelijke verlaging. Het is echter niet aannemelijk dat dit veroorzaakt is door het Kempfarmsysteem. Er zijn indicaties dat ook de huidige traditionele stallen een lagere fijn stofemissie hebben.
 - f. Er wordt een goede scheiding verkregen van de dunne en de dikke fractie. Dit blijkt uit het lage fosfor-gehalte van de urine en het hoge ds-gehalte van de vaste mest.
2. Naast een milieuvoordeel blijkt het Kempfarm-concept ook een financieel voordeel op te leveren. Het economisch voordeel per gemiddeld aanwezig vleesvarken is € 8,07 voor het gelijkvloers Kempfarm-concept en € 9,98 voor het Kempfarm-concept met twee verdiepingen, dit in vergelijking met traditionele stallen.

Literatuur

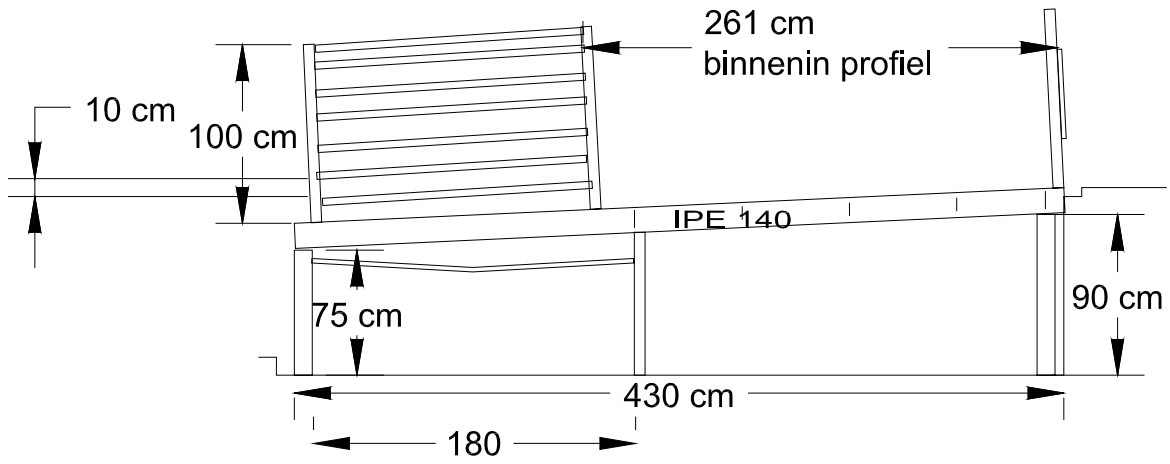
- Aarnink, A. J. A., and J. Huijben. 1988. Praktijkonderzoek naar de oorzaken van de variatie in volume en drogestofgehalte van mest op verschillende mestvarkensbedrijven. IMAG-rapport 104, Wageningen.
- Aarnink, A. J. A., A. Scheer, A. I. J. Hoofs, M. A. H. H. Smolders, and D. Swierstra. 2001. De herculesstal voor vleesvarkens uitgetest onder semi-praktijkomstandigheden. Nota V 2001-61, IMAG Wageningen, 32 pp.
- Aarnink, A. J. A., D. Swierstra, A. J. Van den Berg, and L. Speelman. 1997. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. *J. agric. Engng Res.* 1997, 66: 93-102.
- Aarnink, A. J. A., and M. W. A. Verstegen. 2007. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Sciences* 109: 194-2003.
- Anonymous. 1996. Beoordelingsrichtlijn in het kader van groen label stallen., Publicatie van de Ministeries van LNV en van VROM, Den Haag.
- Berckmans, D., P. Vandebroeck, and V. Goedseels. 1991. Sensor for continuous measurements of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air* 3: 323-336.
- Canh, T. T. 1998. Ammonia emission from excreta of growing-finishing pigs as affected by dietary composition. PhD Thesis Agricultural University Wageningen, The Netherlands, 163 pp.
- CEN standard 13725. 2003. Air quality - determination of odour concentration by dynamic olfactometry., European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Chardon, W. J., and K. W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. Rapport 682, Alterra / RIVM, Wageningen.
- Groenestein, C. M., and H. G. v. Faassen. 1996. Volatilization of ammonia, nitrous oxide and nitric oxide in deep-litter systems for fattening pigs. *J. agric. Engng Res.* 65: 269-274.
- Huis in 't Veld, J. W. H., and C. M. Groenestein. 1995. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen xxiv. Vleesvarkensstal met verdunning van mest door opvang in ammoniakvrije vloeistof. DLO-rapport 95-1007.
- Kaspers, B., B. Burnette, J. Koger, M. Van Kempen, and T. Van Kempen. 2002. Separating urine from feces may be key to flexibility. *Feedstuffs* 74: 11.
- KWIN-V 2006-2007. 2006. Kwantitatieve informatie veehouderij 2006 - 2007. Handboek 1. Animals sciences group van wageningen ur, lelystad.
- Mol, G., and N. W. M. Ogink. 2002. Geuremissie uit de veehouderij ii. Overzichtsrapportage 2000-2002. Rapport 2002-09, IMAG.
- Monteny, G. J., A. Bannink, and D. Chadwick. 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture Ecosystems & Environment* 112: 163-170.
- Mosquera, J. et al. 2002. Meetmethoden gasvormige emissies uit de veehouderij. Report 2002-12, IMAG, Wageningen.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm 10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegetrouwheid aan te tonen van meetmethoden., Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm2,5 mass fraction of suspended particulate matter., Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Ogink, N. W. M., H. C. Willers, A. J. A. Aarnink, and I. H. G. Satter. 2000. Development of a new pig production system with integrated solutions for emission control, manure treatment and animal welfare demands. Paper ASAE-meeting Des Moines.
- Scholtens, R. (Editor), 1993. Nh3-converter + nox-analyser en meetventilator. Meetmethoden nh3-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij, 16, 19-22 pp.
- Scholtens, R., and J. W. H. Huis in 't Veld. 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen xxxvi. Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met betonroosters voor melkvee. DLO Rapport 97-1006.
- Scholtens, R., and C. E. Van 't Klooster (Editors). 1993. Meetventilator. Meetmethoden nh3-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij, 16, 59-62 pp.
- Van Ouwkerk, E. N. J., and A. J. A. Aarnink. 1994. Gasproductie in vleesvarkensstallen; model van bronsterkten bij de berekening van luchtsamenstelling en stalemissies. IMAG-DLO rapport 94-32, Wageningen, 43 pp.
- Waarderingsnormen. 2007. Waarderingsnormen voor de rentabiliteitsindex en productiegetal. Animal sciences group van wageningen ur, lelystad.
- Waest, R. C., M. J. Astle, and W. H. Beyer. 1986. Handbook of chemistry and physics, 67th edition. Florida, CRC Press Inc.
- Wathes, C. M. et al. 2004. Production responses of weaned pigs after chronic exposure to airborne dust and ammonia. *Animal Science* 78: 87-97.

Bijlagen

Bijlage A Schematische plattegrond van de afdeling



Bijlage B Schematische weergave van de dwarsdoorsnede van de afdeling



Bijlage C Foto van het ventilatiesysteem



Ventilatiekoker met monsterleidingen

Bijlage D Principe en kalibratieresultaten NO_x-monitor

Meetprincipe

De ammoniakconcentratie wordt continu gemeten met een NO_x-monitor (Advanced Pollution instimulation Inc., model 200A). De meting is gebaseerd op de chemiluminescentiereactie tussen ozon (O₃) en stikstofmonoxide (NO). Bij deze reactie komtstikstofdioxide (NO₂), zuurstof (O₂) en licht vrij. De stroom lichtdeeltjes is evenredig met de NO-concentratie van de aangezogen lucht:



Om ammoniak (NH₃) te kunnen meten moet het eerst door een convertor worden omgezet tot NO. In de convertor wordt de lucht verhit tot circa 775 °C. Bij deze temperatuur wordt NH₃ aan een roestvrijstalen katalysator geoxideerd tot NO. De luchtmonsters worden continu via verwarmde en geïsoleerde teflon slangen aangezogen. NH₃ adsorbeert namelijk makkelijk aan allerlei materialen en lost makkelijk op in water, waardoor metingen kunnen worden verstoord (Bleijenberg, R en Ploegaert, J.P.M.. Handleiding meetmethoden ammoniakemissies uit mechanisch geventileerde stallen. Wageningen, IMAG-DLO, 1994; Rapport 94-1, 76 pp).

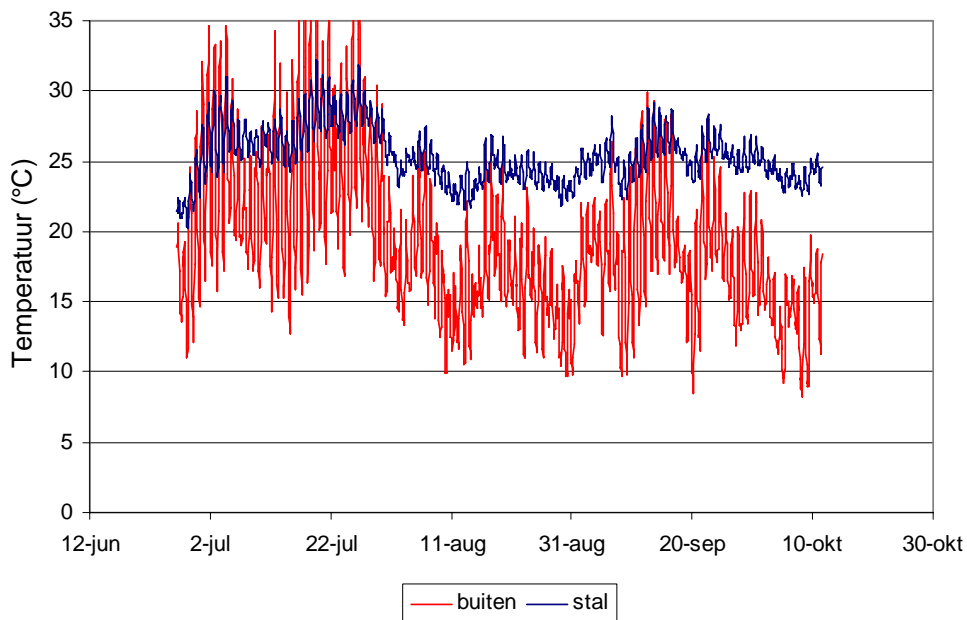
Kalibratieresultaten

Tijdens de meetperiodes was de maximaal meetbare NH₃-concentratie 50 ppm. De wekelijkse kalibratie van de NO_x-monitor werd gedurende de meetperiodes uitgevoerd met NO-gas. De gemiddelde NO-concentratie van dit gas bedroeg 41,1 ppm. Tijdens de eerste meetperiode bedroeg de absolute afwijking tijdens de kalibraties gemiddeld 6%, tijdens de tweede periode gemiddeld 7%. Voor het verloop in ammoniakconcentratie tussen twee kalibraties zijn de concentraties lineair op basis van de duur sinds de voorafgaande kalibratie gecorrigeerd.

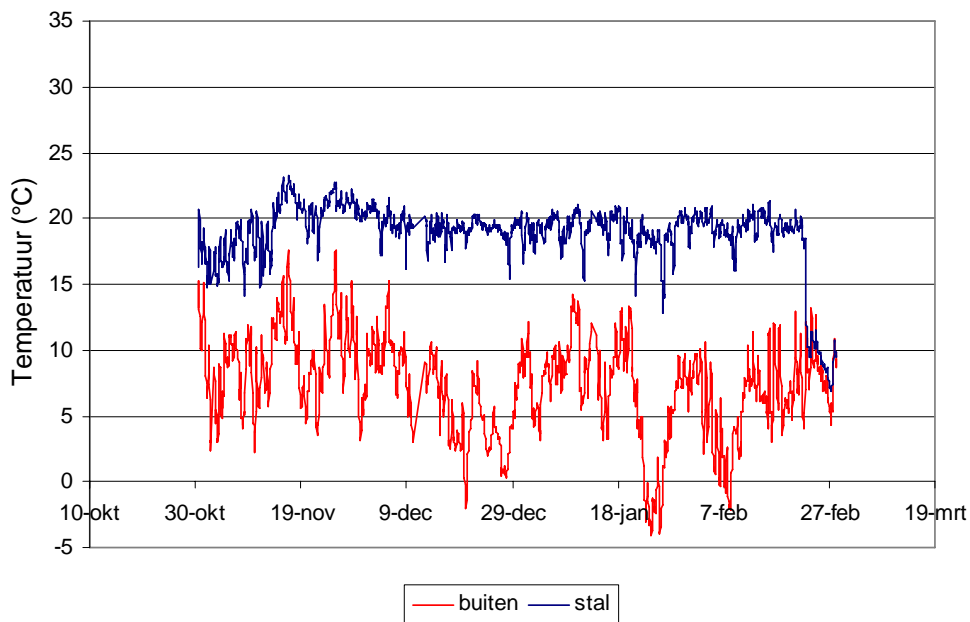
Bijlage E Temperatuur

In onderstaande figuren is de gemeten temperatuur (°C) binnen en buiten de stal gedurende beide meetronden weergegeven.

1e ronde

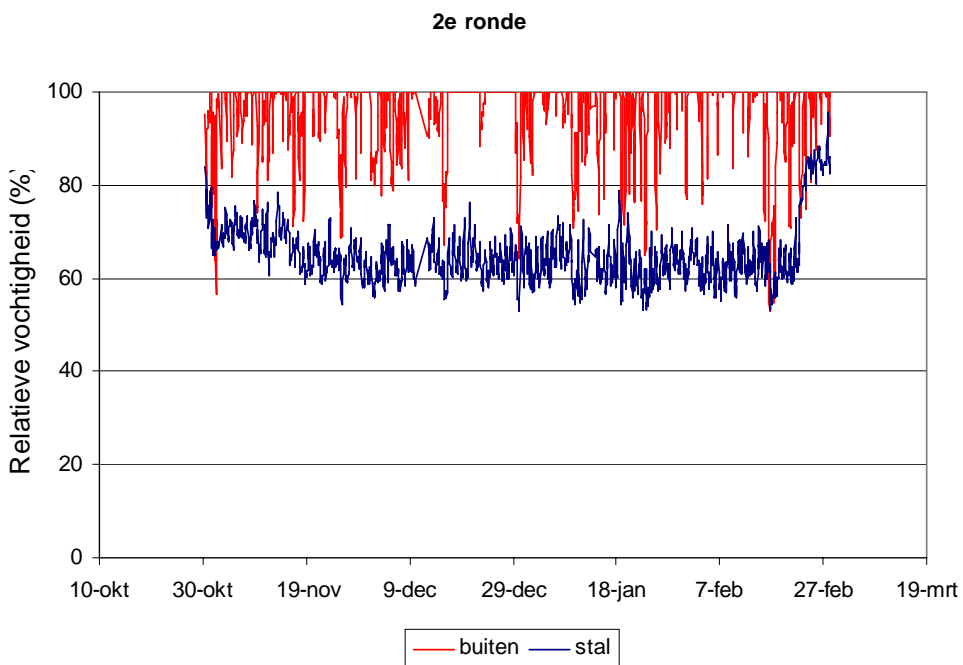
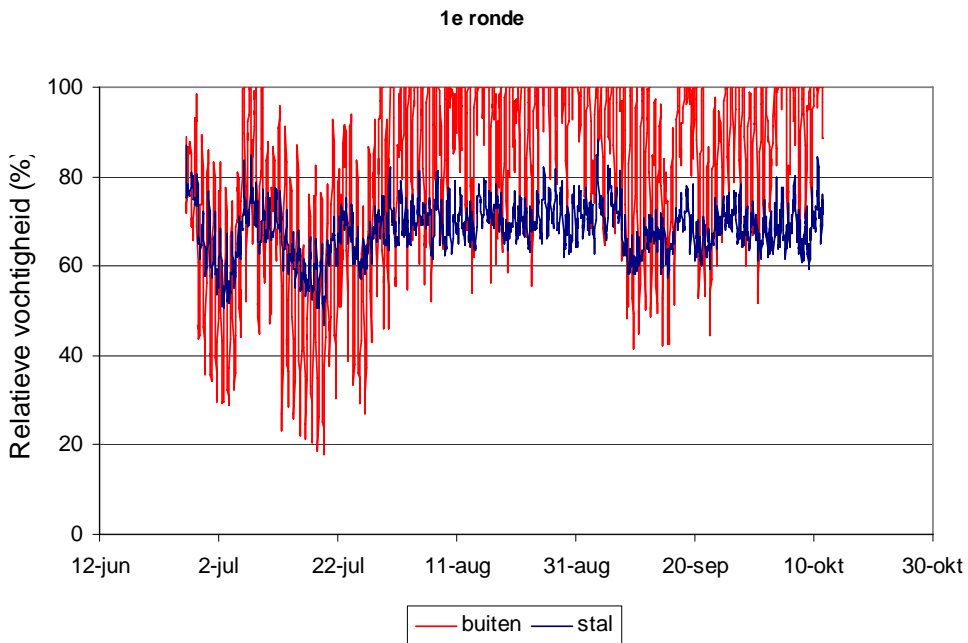


2e ronde



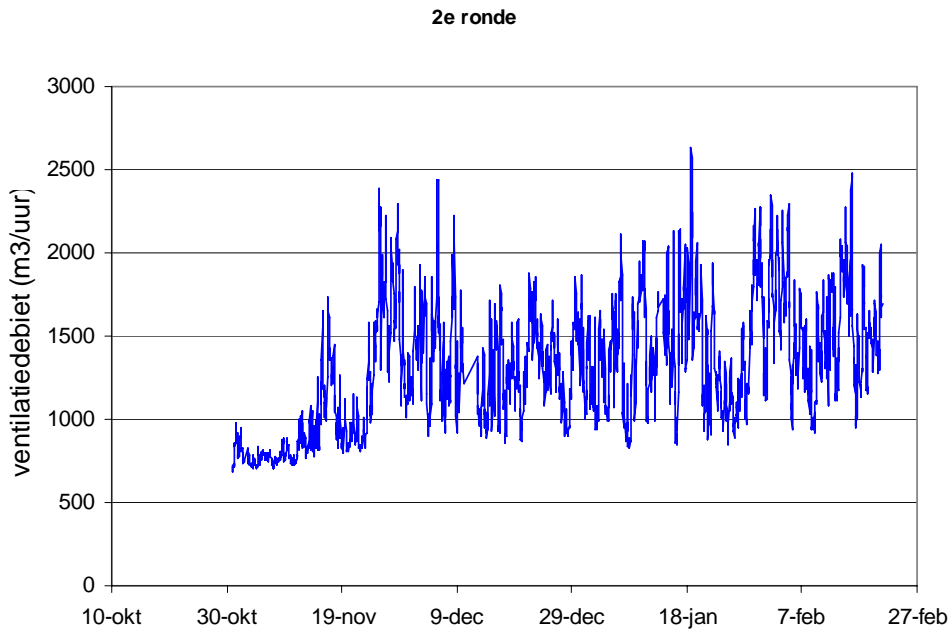
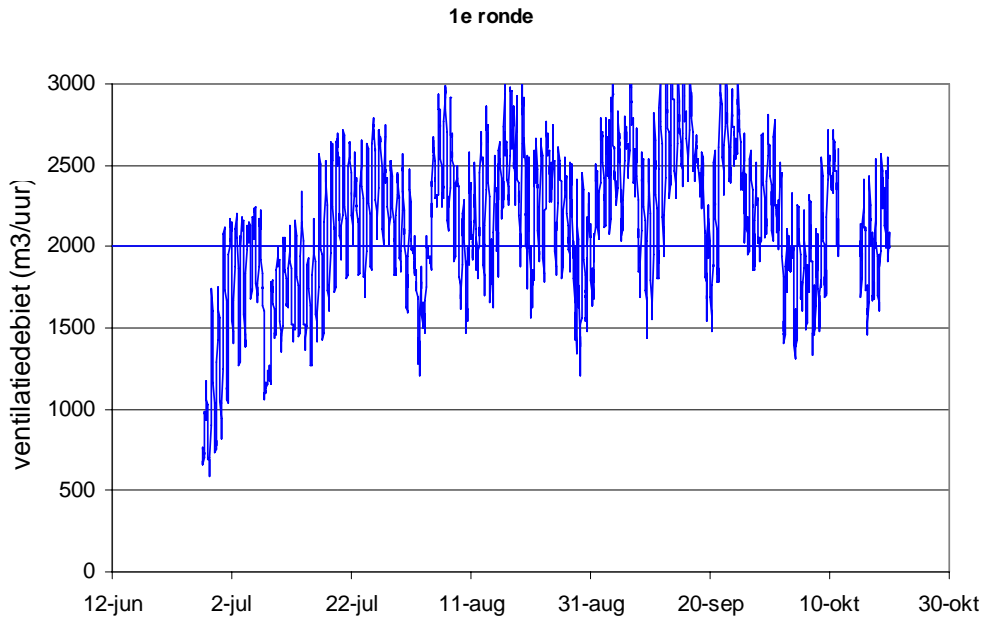
Bijlage F Relatieve luchtvochtigheid

In onderstaande figuren is de gemeten relatieve luchtvochtigheid (%) binnen en buiten de stal gedurende beide meetronden weergegeven.



Bijlage G Ventilatiedebit

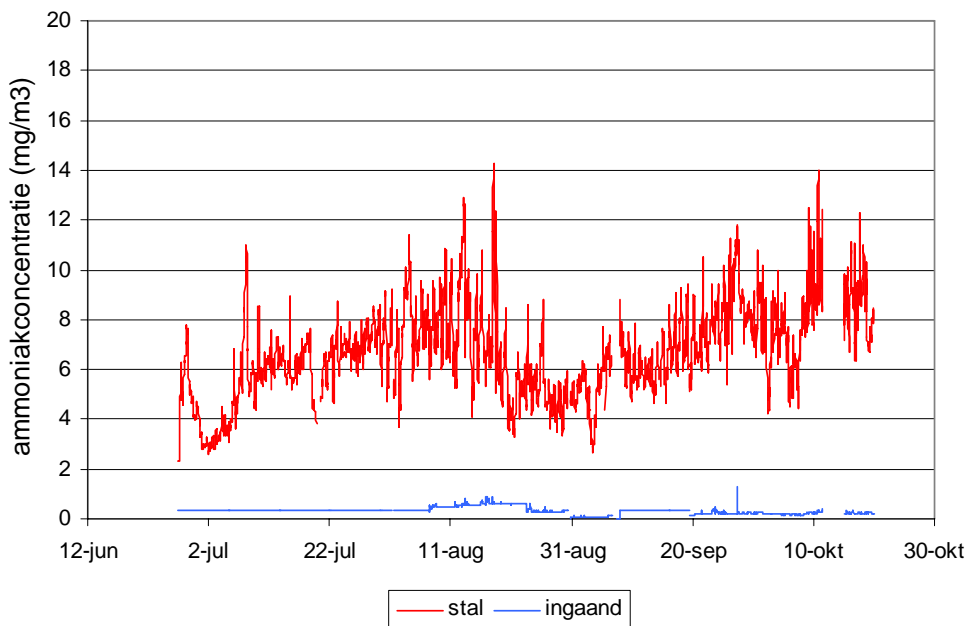
In onderstaande figuren is het gemeten ventilatiedebit (m^3/uur) gedurende beide meetronden weergegeven.



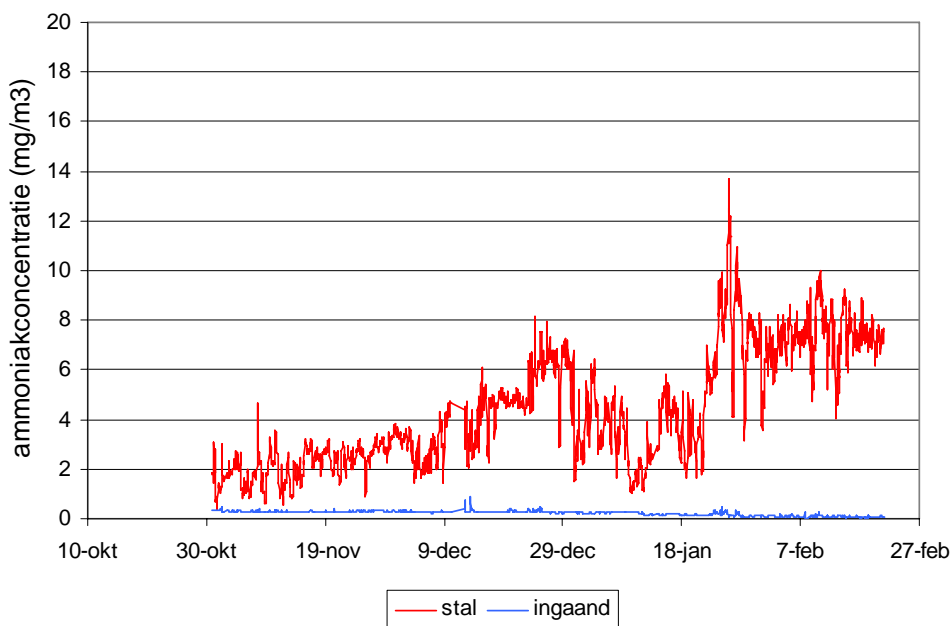
Bijlage H Ammoniakconcentratie

In onderstaande figuren is de gemeten ammoniakconcentratie (mg/m³) van de uitgaande stallucht en ingaande lucht gedurende de beide meetronden weergegeven.

1e ronde

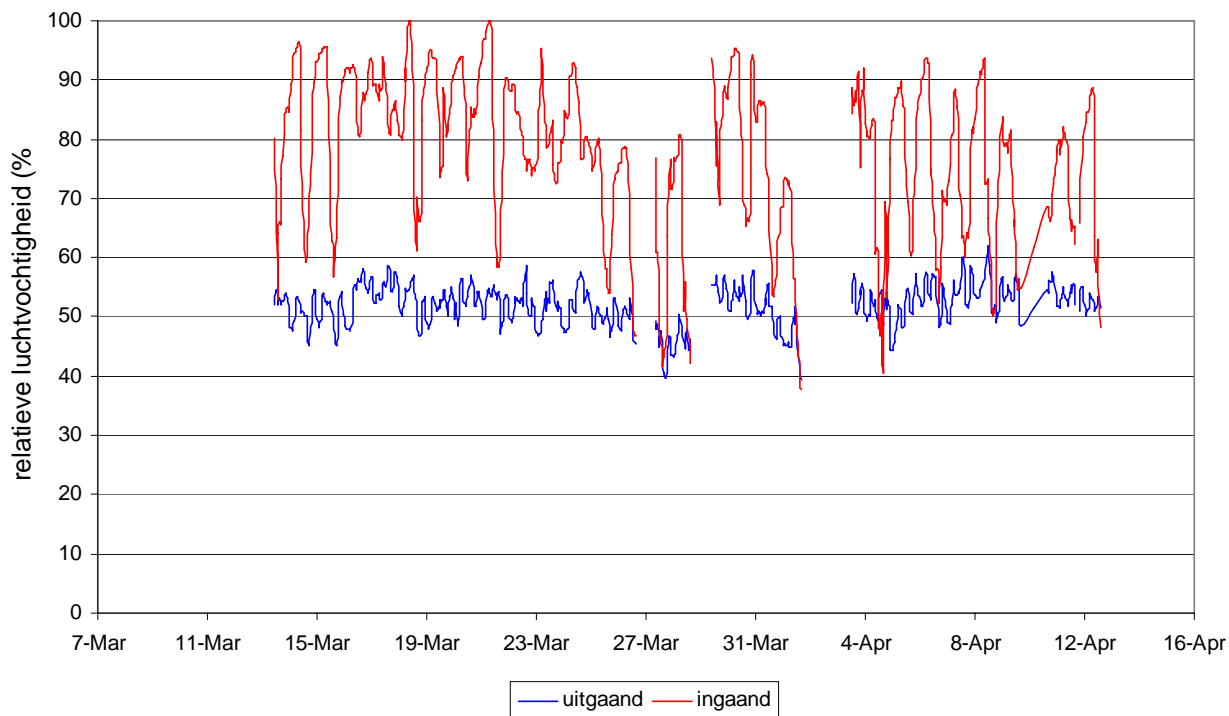
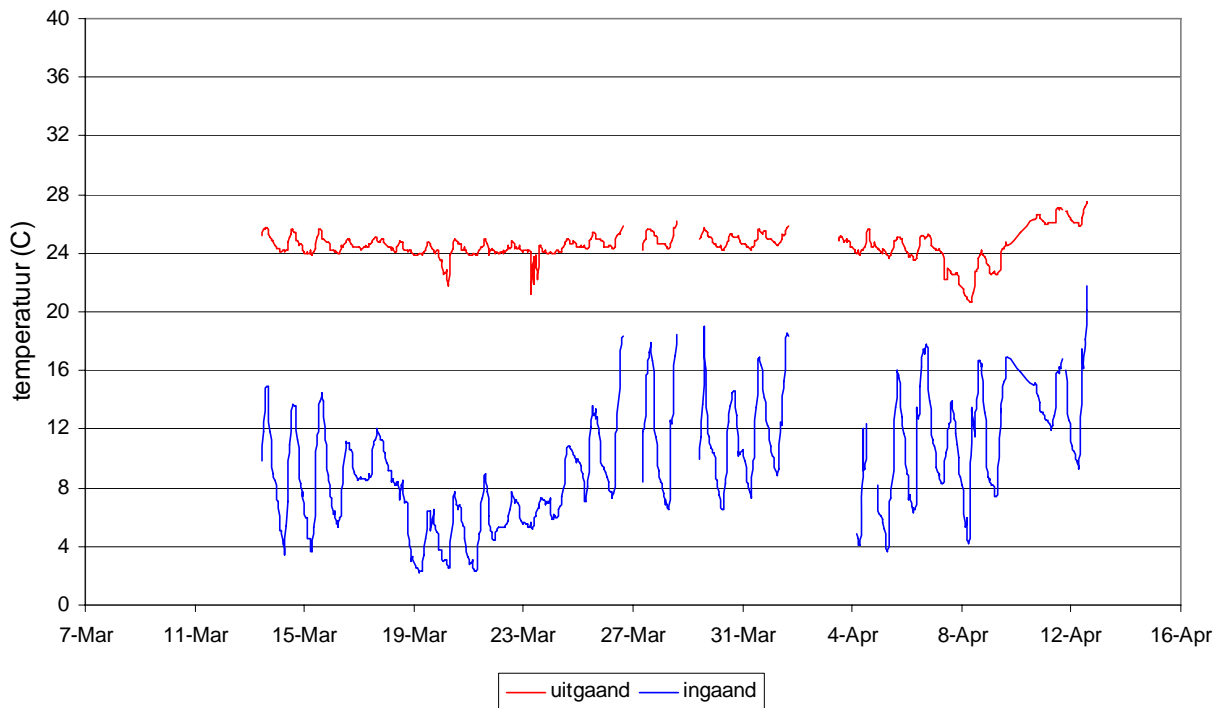


2e ronde



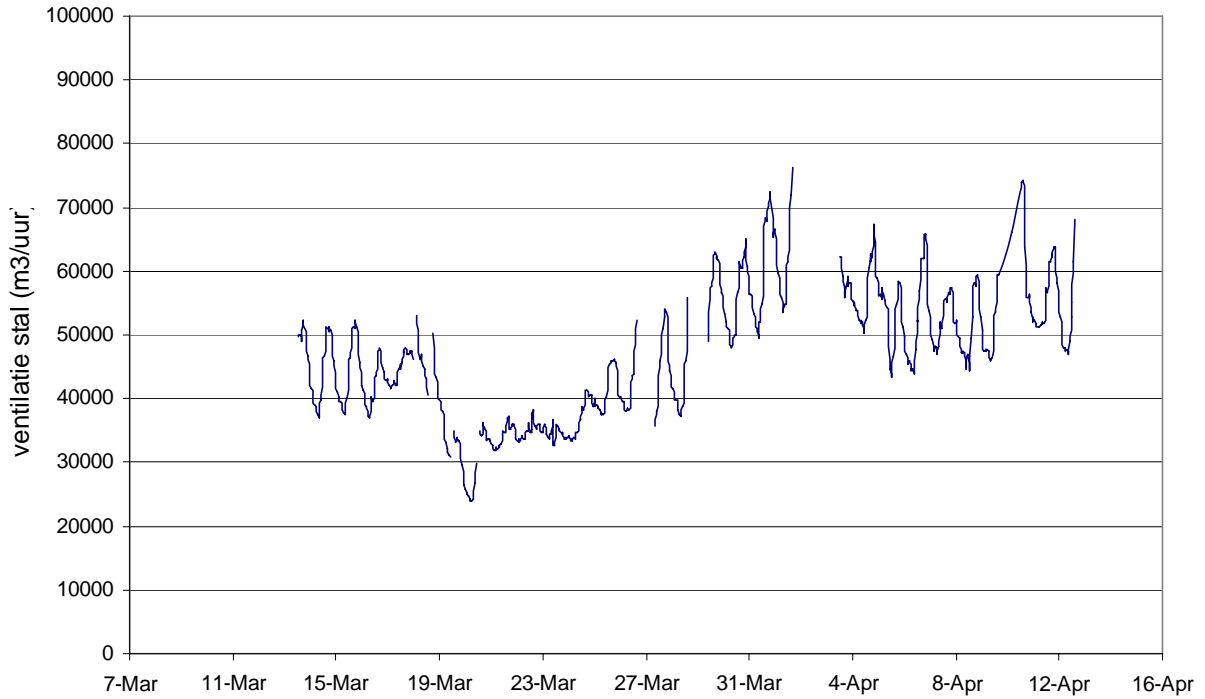
Bijlage I Grote stal: temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

In onderstaande figuren is de gemeten temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de uitgaande stallucht en ingaande lucht weergegeven.

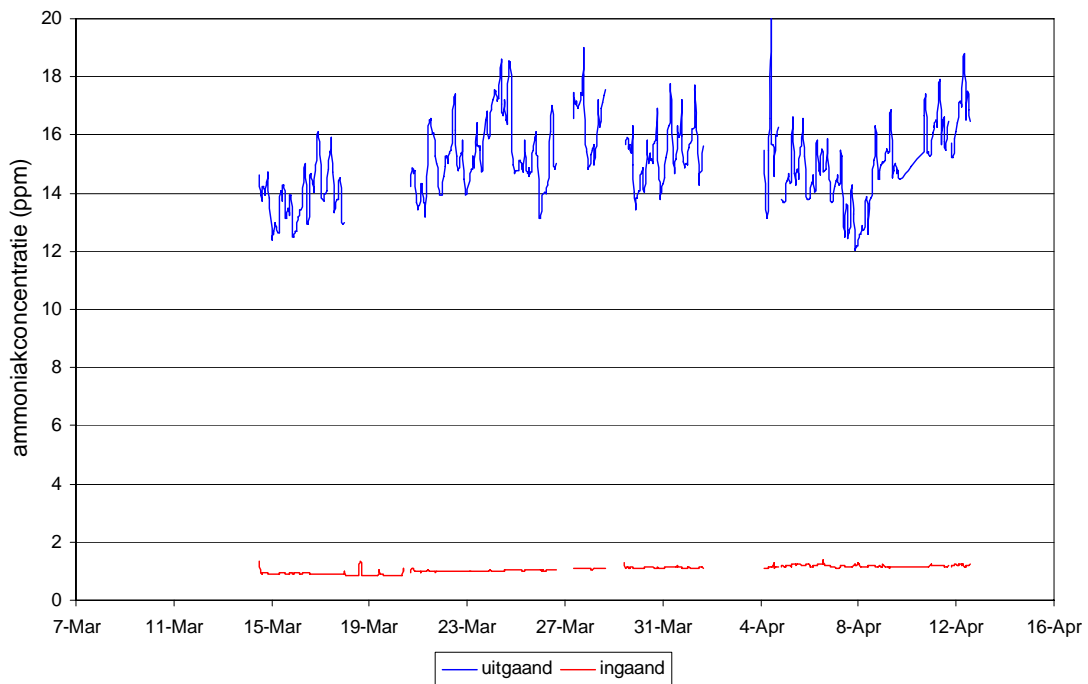


Bijlage J Grote stal: ventilatie en ammoniakconcentratie

In onderstaande figuur is het berekende ventilatiedebiet (m^3/uur) weergegeven.



Hieronder de gemeten ammoniakconcentratie (ppm) van de uitgaande stallucht en ingaande lucht



Bijlage K Bouwkosten Kempfarmstal ten opzichte van een traditionele stal

		Kempfarm, 1 etage			Traditioneel			Kempfarm, 2 etages			Traditioneel		
Aantal dierplaatsen		2160						4320					
Gemiddeld aanwezig		2050						4100					
Aantal hokken/stal		216						432					
Aantal varkens/hok		10						10					
		investering	afschr, ond, rente		investering	afschr, ond, rente		investering	afschr, ond, rente		investering	afschr, ond, rente	
Ruwbouw + grondwerk		329820	7,9%	26.056	512331	7,9%	40.474	534224	7,9%	42.204	949645	7,9%	75.022
Elektra		43200	9,4%	4.061			-	86400	9,4%	8.122			-
Klimaatsysteem				-	69662	12,4%	8.638			-	131792	12,4%	16.342
Staalbouw inrichting		76758	7,4%	5.680			-	253808	7,4%	18.782			-
Hokinrichting		46098	14,4%	6.638	67990	14,4%	9.791	91782	14,4%	13.217	135980	14,4%	19.581
Voeren (roosters/controlepad)		60588	12,4%	7.513	47343	12,4%	5.871	121176	12,4%	15.026	94687	12,4%	11.741
Mestbanden/aandrijving/ophang:				-			-			-			-
Rvs, rvs buizen		49596	14,4%	7.142			-	99194	14,4%	14.284			-
Band + dwarsband		33240	25,5%	8.476			-	52680	25,5%	13.433			-
Aandrijving		42000	9,4%	3.948			-	84000	9,4%	7.896			-
Voerinstallatie (KWIN)		110872	15,4%	17.074	110872	15,4%	17.074	211022	15,4%	32.497	211022	15,4%	32.497
Algemene voorzieningen				-	100496	14,4%	14.471			-	170999	14,4%	24.624
Totale investering/jaarkosten		€ 792.172		€ 86.588	€ 908.693		€ 96.319	€ 1.534.286		€ 165.460	€ 1.694.124		€ 179.808
				10,9%			10,6%			10,8%			10,6%
Per varkensplaats	excl. btw	€ 367		€ 40	€ 421		€ 45	€ 355		€ 38	€ 392		€ 42
Per varkensplaats	incl. btw	€ 436		€ 47,70	€ 501		€ 53,06	€ 423		€ 45,58	€ 467		€ 49,53
Per gem aanwzgv	incl. btw	€ 460		€ 50,26	€ 527		€ 55,91	€ 445		€ 48,02	€ 492		€ 52,19
Kosten elektra, gas				6,90			6,90			€ 3,50			€ 6,90
Mestafzetkosten				14,08			16,50			€ 14,08			€ 16,50
Totaal per varkensplaats				€ 71,24			€ 79,31			€ 65,60			€ 75,59
Totaal voordeel jaarkosten per bedrijf							€ 8,07						€ 9,98
							€ 16.541						€ 40.935
Rentepercentage		4,80%											