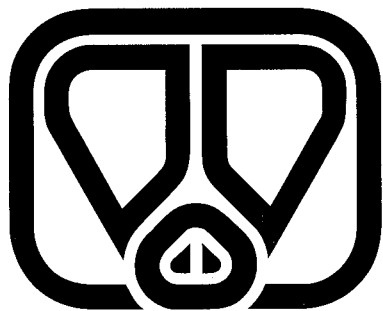


A.V. van Wagenberg
J.H.C. Rooseboom
A.I.J. Hoofs
M.A.H.H. Smolders
P.F.M.M. Roelofs

Het praktisch en technisch functioneren van grondkanaalventilatie in afdelingen voor guste en drachtige zeugen



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Redactie-adres
Postbus 83
5240 AB Rosmalen
tel: 073 - 528 65 55

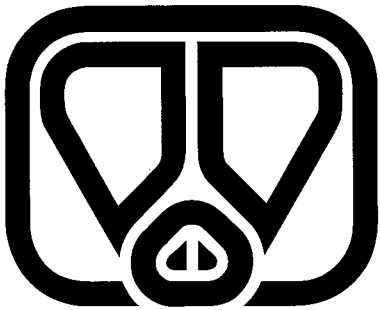
Proefverslag nummer P 1.248

ir. A.V. van Wagenberg
J.H.C. Rooseboom¹
ing. A.I.J. Hoofs
ing. M.A.H.H. Smolders
ing. P.F.M.M. Roelofs

¹ Agrarische Hogeschool
's-Hertogenbosch

Het praktisch en technisch functioneren van grondkanaalventilatie in afdelingen voor guste en drachtige zeugen

*Practical and technical
performance of ground
channel ventilation in
rooms for dry sows*



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Locatie:
Varkensproefbedrijf
"Zuid- en West-Nederland"
Vlaamseweg 17
6029 PK Sterksel
tel. 040 - 226 23 76

Proefverslag nummer P 1.248
oktober 2000
ISSN 0922 - 8586

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	4
	SUMMARY	6
1	INLEIDING	8
1.1	Doelstelling van het onderzoek	8
2	MATERIAAL EN METHODE	9
2.1	Inrichting van de proefafdelingen	9
2.2	Voeding en drinkwaterverstrekking	10
2.3	Uitvoering van de ventilatie- en verwarmingsinstallatie	10
2.4	Proefbehandelingen	11
2.5	Duur van het onderzoek	11
3	WAARNEMINGEN	12
3.1	Klimaat	12
3.1.1	Temperaturen	12
3.1.2	Ventilatie-debiet	12
3.1.3	Luchtverdeling, luchtsnelheid, luchtkwaliteit en temperatuurverschil op dierniveau	12
3.1.4	Stofconcentratie	12
3.2	Energiegebruik	13
3.1.1	Energiegebruik ventilatie	13
3.1.2	Energiegebruik verwarming	13
4	RESULTATEN	14
4.1	Klimaat	14
4.1.1	Temperaturen	14
4.1.2	Ventilatie-debiet	19
4.1.3	Luchtverdeling, luchtsnelheid, luchtkwaliteit en temperatuurverschil op dierniveau	20
4.1.3.1	Luchtverdeling	20
4.1.3.2	Luchtsnelheid op dierniveau	20
4.1.3.3	CO ₂ - en NH ₃ -concentraties	21
4.1.3.4	Temperatuur op dierniveau	21
4.1.4	Stofconcentratie	22
4.2	Energiegebruik	22
4.2.1	Energiegebruik ventilatie	22
4.2.2	Energiegebruik afdelingsverwarming	24
4.3	Praktische ervaringen	24
5	THEORETISCHE BESCHOUWING	25
5.1	Statische energiebalans over een afdeling	25
5.1.1	Energiestromen	25
5.1.2	Verschillen tussen plafondventilatie en grondkanaalventilatie	26
5.1.3	Resultaten statische energiebalans	26
5.2	Energieberekeningen met statische energiebalans	28
5.2.1	Energiegebruik centrale gang	28
5.2.2	Energiegebruik afdelingsverwarming	28
5.2.3	Energiegebruik ventilatie	29
5.2.4	Energiegebruik in drachtige-zeugenafdelingen	29

6	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	31
6.1	Klimaat	31
6.1.1	Stofconcentratie	31
6.2	Energiegebruik en afdelingsverwarming	32
6.3	Praktische ervaringen	32
6.4	Statische energiebalans	33
6.5	Economische gevolgen	33
6.6	Conclusies	33
	LITERATUUR	34
	BIJLAGEN	35
	Bijlage 1: Verwerking gemeten stofconcentraties	35
	Bijlage 2: Gemeten stofconcentraties (respirabel stof boven middelste controleingang en inhaleerbaar stof boven de dieren)	36
	Bijlage 3: Resultaten van berekening voor energiegebruik verwarming en ventilatie	38
	Bijlage 4: Economische evaluatie	39
	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN	40

SAMENVATTING

Een van de beleidsdoelstellingen van de overheid is te komen tot energiebesparing in de agrarische sector (Brinkhorst, 2000). Hiertoe heeft het Praktijkonderzoek Varkenshouderij een luchtinlaatsysteem ontwikkeld voor guste-en drachtige-zeugenafdelingen, waarbij de verse lucht via luchtkanalen onder de controlegang bij de neuzen van de zeugen omhoog komt. Dit ventilatiesysteem wordt grondkanaalventilatie genoemd. In dit onderzoek is nagegaan in hoeverre het grondkanaal een conditionerende werking heeft op de inkomende lucht en welke energiebesparing dit tot gevolg kan hebben. Ook is onderzocht of het mogelijk is de ventilatie-debieten te verminderen omdat de verse lucht directer bij de dieren komt, wat een effectievere luchtverversing tot gevolg heeft. Tussen april 1998 en september 1999 is het technisch en praktisch functioneren van grondkanaalventilatie in guste- en drachtige-zeugenafdelingen onderzocht met traditionele en met verlaagde ventilatie-instellingen (30% lagere ventilatie-instellingen dan traditioneel). Ook is een afdeling met plafondventilatie (gaatjesplafond) met traditionele ventilatie-instellingen in het onderzoek betrokken. Het onderzoek heeft plaatsgevonden op het Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland" te Sterksel.

Tijdens warme dagen was de afdelingstemperatuur in de afdeling met grondkanaalventilatie en verlaagde ventilatie-instellingen hoger dan die in de afdeling met grondkanaalventilatie en traditionele ventilatie-instellingen. De afdeling met plafondventilatie en met traditionele ventilatie-instellingen was wat betreft afdelingstemperatuur vergelijkbaar met de afdeling met grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen. Er was nauwelijks koelende werking van de grondkanalen. Het bodemoppervlak van het grondkanaal was zeer gering. Daardoor was ook de warmte-uitwisseling (koeling/opwarming) met de bodem gering. Hierdoor leidde een lagere maximale ventilatie tot een hogere (gemeten) afdelingstemperatuur. Omdat de zeugen direct met de neus in de verse lucht lagen was dit mogelijk minder nadelig.

De voorverwarming op de centrale gang had tot gevolg dat er bij de drie proefbehandelingen nauwelijks op minimumniveau is geventileerd. De luchtkwaliteit was goed, net zoals de temperatuur en de luchtsnelheid in de voerligboxen. Voor in de voerligboxen, vlakbij de luchtinlaat, was de luchttemperatuur onder koude omstandigheden laag, waardoor de zeugen achter in de voerligboxen gingen liggen. Om hiermee geen problemen te krijgen is voorverwarming van de lucht bij grondkanaalventilatie (tot 5°C) noodzakelijk. Afdelingsverwarming is bij grondkanaalventilatie niet toereikend, want dat heeft nauwelijks effect op de temperatuur van de lucht die naar de dieren toestroomt en kan dus niet voorkomen dat zeer koude lucht de dieren bereikt.

In het kader van dit onderzoek zijn fysische energiebalansen opgesteld waarmee een nauwkeurig inzicht wordt verkregen in de optredende warmtestromen in en uit een afdeling. De resultaten van de berekeningen geven hetzelfde beeld als de waarnemingen in de praktijkproef. De opgestelde energiebalansen zijn gebruikt om energie- en klimaatberekeningen uit te voeren.

Berekeningen met behulp van de energiebalans geven aan dat het energiegebruik per zeugenplaats per jaar 39,8 kWh is bij grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen (gemeten 37,4 kWh). Bij grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen is dit 45,1 kWh (gemeten 40,2 kWh) en bij plafondventilatie 45,5 kWh (gemeten 49,0 kWh). Uit zowel metingen als berekeningen blijkt dat er geen afdelingsverwarming nodig is wanneer de lucht op de centrale gang wordt voorverwarmd tot 5°C. Bij plafondventilatie zonder voorverwarming is wel afdelingsverwarming nodig.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de energiekosten bij verschillende systemen.

Plafondventilatie zonder voorverwarming heeft de laagst berekende energiekosten. Wanneer bij grondkanaalventilatie de ruimte

onder de dichte vloer als luchtinlaatkanaal wordt gebruikt, zal de lucht in dat kanaal geconditioneerd worden waardoor het energiegebruik van de voorverwarming zal afnemen.

De jaarkosten (exclusief energiekosten) voor toepassing van grondkanaalventilatie zijn ongeveer gelijk aan de kosten voor een afdeling met plafondventilatie.

Tabel 1: Met energiebalans berekende energiekosten bij verschillende ventilatiesystemen voor guste- en drachtige-zeugenafdelingen

	grondkanaalventilatie		plafondventilatie	
	verlaagd	traditioneel	met voorverw.	zonder voorverw.
ventilatie	<i>f</i> 8,69	<i>f</i> 9,01	<i>f</i> 9,10	<i>f</i> 9,15
verwarming				
- centrale gang	<i>f</i> 3,65	<i>f</i> 3,92	<i>f</i> 4,79	-
- afdeling	-	-	-	<i>f</i> 0,70
<i>totaal</i>	<i>f</i> 12,34	<i>f</i> 12,93	<i>f</i> 13,89	<i>f</i> 9,85

SUMMARY

One of the goals of the Dutch government is to realise energy savings in agriculture (Brinkhorst, 2000). To this end the Research Institute for Pig Husbandry has developed an air-inlet system for compartments for dry sows. In this system the air comes into the compartment through airchannels under the floor and enters near the sows' noses. This ventilation system is called ground channel ventilation.

In this research, the conditioning effect of the airchannel was monitored and the effect on energy use in the compartments was measured. It was also investigated whether it was possible to reduce the amount of ventilation, because of the more effective ventilation (30% lower ventilation than traditional ventilation).

Between April 1998 and September 1999, technical and practical performance of ground channel ventilation in two compartments for dry sows was monitored. Also one compartment with ceiling ventilation (small holes in ceiling) was included in the research. The research was carried out at the Experimental Farm "South- and West-Netherlands" at Sterksel.

During hot days, the temperature in the compartment with ground channel ventilation and lower ventilation amounts was higher compared to the compartment with

ground channel ventilation and traditional ventilation amounts. The temperature in the compartment with porous ceiling ventilation was comparable to the temperature in the compartment with ground channel ventilation and traditional ventilation amounts. The ground channel did not have a cooling effect, which caused a higher room temperature with lower ventilation amounts. Preheating of the air in a central alley caused the minimum ventilation to be hardly reached during the research. Air-quality was adequate, as were the air speed and air temperature in the sow crates. At the front of the crates near the air inlet, air temperature was low under cold conditions, which caused the sows to move to the back of the crate. To avoid problems with too low air temperature at the front of the crate, it is necessary for ground channel ventilation to preheat the air up to 5°C.

Within the framework of this research, physical energy balances were developed, which provide a detailed insight into the heat flows into and out of a compartment. The results of the energy balance calculations were comparable to the results of the practical experiment. The energy balance developed was used to carry out climate and energy calculations.

Table 1: Energy costs calculated for different climate systems for dry sow compartments

	ground channel ventilation		porous ceiling ventilation	
	lower amounts	traditional amounts	with preheating	without preheating
ventilation	Dfl 8.69	Dfl 9.01	Dfl 9.10	Dfl 9.15
heating				
- preheating	Dfl 3.65	Dfl 3.92	Dfl 4.79	-
- compartment	-	-	-	Dfl 0.70
<i>total</i>	<i>Dfl 12.34</i>	<i>Dfl 12.93</i>	<i>Dfl 13.89</i>	<i>Dfl 9.85</i>

The calculations indicate that energy use per sow place per year was 39.8 kWh for ground channel ventilation with lower ventilation amounts (measured 37.4 kWh). For ground channel ventilation with traditional ventilation amounts this was 45.1 kWh (measured 40.2 kWh) and for porous ceiling ventilation 45.5 kWh (measured 46.5 kWh). From calculations and measurements it could be concluded that no heating within the compartment is necessary if the air is preheated up to 5°C. For porous ceiling ventilation without preheating, heating within the compartment is necessary.

Table 1 shows an overview of the energy costs for the different systems.

Porous ceiling ventilation without preheating turned out to have the lowest energy costs. If, with ground channel ventilation, the space under the solid floor is used as an air-inlet channel, the air will be conditioned in that channel, which result in lower energy use for preheating.

The yearly costs (without energy costs) for ground channel ventilation are approximately to porous ceiling.

1 INLEIDING

Een van de beleidsdoelstellingen van de overheid is om het energiegebruik in de agrarische sector te verminderen (Brinkhorst, 2000). Daaraan zal ook de varkenshouderij een bijdrage moeten leveren. Het energiegebruik op een varkensbedrijf wordt in belangrijke mate veroorzaakt door energiegebruik voor ventilatie en verwarming van de stallen. Het Praktijkonderzoek Varkenshouderij zoekt dan ook naar luchtinlaatsystemen waarbij, ten opzichte van de gangbare systemen, het thermisch klimaat en de luchtkwaliteit beter zijn voor de varkens en het energiegebruik voor ventilatie en verwarming lager is. Systemen waarbij de verse lucht direct met lage luchtsnelheden bij de dieren komt en waarbij de aangevoerde ventilatielucht zo efficiënt mogelijk worden benut, lijken aan dit streven te voldoen. In dit kader zijn nieuwe luchtinlaatsystemen ontwikkeld, waarbij de lucht onder de werkvloer of onder de dichte ligvloer van de dieren de afdeling binnenkomt. Bij toepassing van voerligboxen voor guste en drachtige zeugen kan voor de troggen een grondkanaal worden ingebouwd dat gebruikt kan worden als luchtinlaatkanaal.

De verse lucht komt dan door een opening onder de trog direct bij de neuzen van de dieren en wordt efficiënt benut. Mogelijk kunnen de ventilatienormen voor zowel minimale als maximale ventilatie verlaagd worden, waardoor het energiegebruik daalt. Door een lagere minimumventilatie kan de installatie van afdelingsverwarming wellicht achterwege blijven.

1.1 Doelstelling van het onderzoek

Het doel van het onderzoek was het testen van het praktisch en technisch functioneren van grondkanaalventilatie bij guste en drachtige zeugen. Bij grondkanaalventilatie is tevens onderzocht of de instellingen voor minimum- en maximumventilatie met 30% verlaagd kunnen worden. Het energiegebruik voor verwarming en ventilatie is gemeten en vergeleken met dat van grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen en met een gangbaar ventilatiesysteem met traditionele ventilatie-instellingen (plafondventilatie). Het thermisch klimaat en de luchtkwaliteit voor mens en dier moeten hierbij minimaal gelijk blijven.

2 MATERIAAL EN METHODE

2.1 Inrichting van de proefafdelingen

De praktijkproef is uitgevoerd op het Varkensproefbedrijf "Zuid-en West-Nederland" te Sterksel. In dit hoofdstuk worden de afdelingen waarin de praktijkproef is uitgevoerd beschreven.

Afdelingen met grondkanaalventilatie

De twee proefafdelingen met grondkanaalventilatie waren vrijwel identiek en lagen naast elkaar aan een centrale gang. In figuur 1 en 2 zijn een lengte- en dwarsdoorsnede weergegeven. Aan de voorzijde van beide rijen voerligboxen lag een smalle controlegang, onder andere ten behoeve van de luchtaanvoer en luchtverdeling.

De kenmerken van de afdelingen waren:

- twee rijen met elk twaalf voerligboxen voor guste en drachtige zeugen;
- ingericht met een smal mestkanaal met metalen roosters (Groen Label (BB.95.02.027), ammoniakemissie 2,4 kg NH₃ per dierplaats per jaar);
- middengang 0,6 m breed, gangen voorzijde zeugen 0,6 m breed;
- afmetingen voerligbox: 0,65 m breed en 2,10 m diep;
- vloeruitvoering: dichte betonnen vloer van 1,55 m en een mestkanaal van 0,55 m met een metalen driekantrooster met een mestpleet van 12 cm;

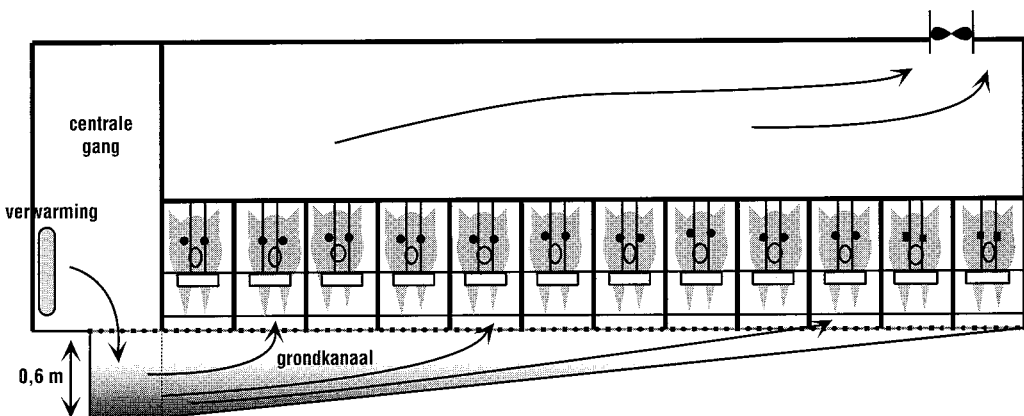
- inhoud van de afdeling: 7,85 m x 6,20 m x 2,55 m = 124,1 m³ (5,2 m³ per zeug);
- er was geen buitenmuur aanwezig, dus uitsluitend binnenwanden grenzend aan andere afdelingen en grenzend aan de centrale gang;
- de muur aan de voorzijde van de afdeling, grenzend aan de centrale gang, was ongeïsoleerd en voorzien van ramen over de volle breedte. In één afdeling was ook een zijmuur die grensde aan de centrale gang; de ramen in deze zijmuur waren extra geïsoleerd;
- het plafond bestond uit dupanel platen van 20 mm dikte; deze waren extra geïsoleerd met een 40 mm dikke glaswol deken.

Afdeling met plafondventilatie

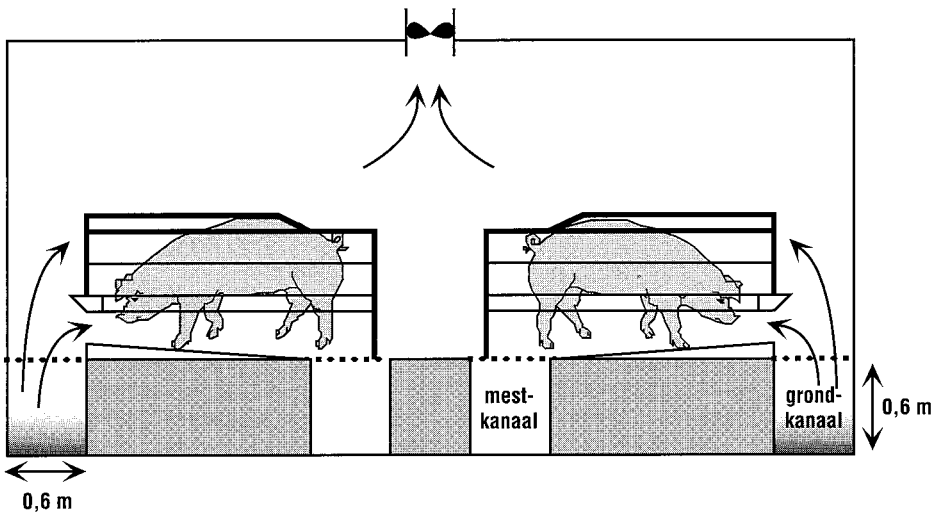
De afdeling met plafondventilatie lag aan een centrale gang. Aan de voorzijde van elke rij was een smalle gang gesitueerd.

De kenmerken van de afdeling waren:

- twee rijen met elk achttien voerligboxen voor guste/drachtige zeugen;
- ingericht met een smal mestkanaal (Groen Label (BB.95.02.027), ammoniakemissie 2,4 kg NH₃ per dierplaats per jaar);
- middengang 1,3 m breed, gangen voorzijde zeugen 0,8 m breed;
- afmetingen voerligbox: 0,60 m breed en 2,00 m diep;
- vloeruitvoering: dichte betonnen vloer van



Figuur 1: Lengtedoorsnede van de afdeling met grondkanaalventilatie



Figuur 2: Dwarsdoorsnede van de afdeling met grondkanaalventilatie

1,55 m en een mestkanaal van 0,55 m met een metalen driekantrooster en een mest-spleet van 12 cm;

- inhoud van de afdeling: 10,8 m diep x 7,7 m breed x 2,50 m hoog = 212 m³ (5,8 m³ per zeug);
- er was geen buitenmuur aanwezig, dus uitsluitend binnenwanden grenzend aan andere afdelingen en grenzend aan de centrale gang;
- de muur grenzend aan de centrale gang was ongeïsoleerd en voorzien van ramen over de volle breedte.

2.2 Voeding en drinkwaterverstrekking

De zeugen werden tweemaal daags volgens schema individueel gevoerd via volumedosators. De zeugen kregen een standaardzeugenkorrel dracht verstrekt (ED = 1,01). Drinkwater werd tweemaal daags individueel via een drinkwatercomputer verstrekt. De water : voer verhouding bedroeg gedurende de gehele dracht 2,8 : 1.

2.3 Uitvoering van de ventilatie- en verwarmingsinstallatie

Afdelingen met grondkanaalventilatie

Voorverwarming van de lucht vond plaats op de centrale gang. De radiatoren gingen verwarmen bij een temperatuur van 5°C of

lager op de centrale gang. De afdelingen met grondkanaalventilatie waren identiek wat betreft ventilatie en verwarmingsinstallatie. Afdelingsverwarming in de afdeling kon plaatsvinden via deltabuizen die in het grondkanaal hingen.

Via openingen in de vloer van de centrale gang, afgedekt met metalen driekantroosters, kwam de verse lucht in het grondkanaal. De grondkanalen voor de luchtinlaat waren elk 0,60 m breed. De grondkanalen waren oplopend uitgevoerd in verband met de luchtverdeling. De diepte voor in het grondkanaal was 0,60 m en achterin 0,09 m. De berekende maximale luchtsnelheid in het grondkanaal was 1,4 m/s, de maximale luchtintredesnelheid was 0,15 m/s (bij 150 m³/h per zeug).

Er was één ventilator per afdeling met een diameter van 0,35 m en een (gemeten) maximale luchtverplaatsing van 120 m³/h per zeugenplaats in één afdeling en 126 m³/h per zeugenplaats in de andere afdeling. De afzuigkoker was voorzien van een automatische diafragmaschuif en een meetwaaier. De ventilator bevond zich boven de middelste controlegang, 0,5 m vanaf de achterzijde van de afdeling. De temperatuurvoeler van de klimaatcomputer die de ventilator en verwarming aanstuurde hing op 1,5 m boven de vloer boven de zesde voerligbox aan de rechterkant.

De klimaatinstellingen waarmee gewerkt werd vormen de proefbehandelingen en komen in de volgende paragraaf aan de orde.

Afdeling met plafondventilatie

Voorverwarming van de lucht vond plaats op de centrale gang. De radiatoren gingen verwarmen bij een temperatuur van 5°C of lager op de centrale gang. Als het nodig was kon in de afdelingen naverwarmd worden. In de afdeling met plafondventilatie kon afdelingsverwarming in de afdeling plaatsvinden via enkele ronde buizen die op 2 m hoogte waren opgehangen boven de voerligboxen.

De verse lucht kwam binnen via handmatig regelbare openingen in de buitenmuur van de centrale gang en via een ventilatieplafond in de afdeling. Het plafond bestond uit een isolatieplafond met kunststof V-vormige gootjes. In de gootjes bevonden zich openingen. De luchttoevoeropening naar de gaatjes aan de bovenzijde van de gootjes had twee standen, een minimale (winter) en maximale stand (zomer).

Er was een ventilator met een diameter van 0,45 m en een maximale luchtverplaatsing van 147 m³/h per zeugenplaats. De afzuigkoker was voorzien van een automatische diafragmaschuif en een meetwaaier. De koker bevond zich rechts boven de voerligboxen halverwege de afdeling en 1,5 m boven de vloer. De temperatuurvoeler van de klimaatcomputer die de ventilator en verwarming aanstuurde hing op 1,5 m boven de vloer boven de voerligboxen aan de lin-

kerzijde, halverwege de afdeling.

De klimaatinstellingen waarmee gewerkt werd vormen de proefbehandelingen en komen in de volgende paragraaf aan de orde.

2.4 Proefbehandelingen

Er zijn drie proefbehandelingen onderzocht. Ten eerste grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen, ten tweede grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen (30% lager dan traditioneel) en ten derde plafondventilatie met traditionele ventilatie-instellingen. De eerste twee proefbehandelingen zijn na elke ronde gewisseld tussen de twee afdelingen met grondkanaalventilatie (tabel 2).

De neutrale zone was in alle gevallen 4 graden Celcius, waardoor de verwarmingstemperatuur 4 graden onder de begintemperatuur van de ventilatie ligt.

2.5 Duur van het onderzoek

Het onderzoek heeft plaatsgevonden van april 1998 tot en met augustus 1999. In die periode zijn vier rondes gedraaid. Tussen de rondes werd de afdeling gereinigd. Voor zover mogelijk werden meerdere afdelingen tegelijk opgelegd; meestal echter zaten er een of enkele weken verschil in de inlegdatum. Verwerkt zijn alleen de gegevens van periodes dat minimaal 90% van de dierplaatsen in een afdeling bezet was.

Tabel 2: Gehanteerde klimaatinstellingen (neutrale zone was 4°C)

	begintemperatuur ventilatie (°C)	P-band (°C)	minimum- ventilatie (m ³ /h)	maximum- ventilatie (m ³ /h)
<i>traditioneel (grondkanaalventilatie en plafondventilatie)</i>				
eerste helft dracht (dag 1)	22	5	20	120
tweede helft dracht (dag 60)	20	5	30	150*
<i>verlaagd (grondkanaalventilatie)</i>				
eerste helft dracht (dag 1)	22	4	14	84
tweede helft dracht (dag 60)	20	4	21	105

* in de afdelingen met grondkanaalventilatie was de geïnstalleerde capaciteit 120 en 126 m³/h

3 WAARNEMINGEN

3.1 Klimaat

3.1.1 Temperaturen

Op verschillende plaatsen in de drie proefafdelingen is met thermokoppels de luchttemperatuur gemeten. Ook is de buitenluchttemperatuur en de luchttemperatuur in de grondkanalen gemeten. Met behulp van een datalogstelsel zijn elk uur de momentane waarden weggeschreven. De exacte locaties van de meetpunten staan in tabel 3.

3.1.2 Ventilatiegebied

Het ventilatiegebied is in de drie afdelingen uit dit onderzoek continu gemeten door een meetwaaier (Fancom). Het signaal van de meetwaaier werd ook gebruikt voor de klimaatregeling. Met behulp van het centrale stuurprogramma zijn ieder uur de waarden weggeschreven van het momentane ventilatiegebied.

3.1.3 Luchtverdeling, luchtsnelheid, luchtkwaliteit en temperatuurverschil op dierniveau

Naast het geautomatiseerd verzamelen van klimaatgegevens zoals in beide voorgaande paragrafen is beschreven, is meerdere keren een momentopname gemaakt van het binnenklimaat.

Voor het vastleggen van het luchtbewegingspatroon in de afdeling zijn rookproeven uitgevoerd en zijn in schetsen de luchtstromin-

gen vastgelegd. Ook is op verschillende locaties in de afdeling de luchtsnelheid gemeten met behulp van een draagbare elektronische luchtsnelheidsmeter. Met behulp van gasdetectiebuisjes (Dräger) zijn gasconcentraties gemeten. Hierbij is gekeken naar CO₂ en NH₃. De metingen vonden plaats voor in de voerligbox bij de neus van de zeug in de voorste, de zesde en de achterste voerligbox. Tijdens de metingen werden de volgende gegevens geregistreerd: productiestadium, luchttemperatuur op dierniveau en ventilatiegebied. Bij de klimaatmetingen zijn met een handterminal temperatuurregistraties op verschillende locaties binnen een afdeling uitgevoerd om eventuele temperatuurverschillen binnen de afdeling te meten.

3.1.4 Stofconcentratie

Tussen december 1998 en augustus 1999 is (met een onderbreking in mei) de dagelijkse gemiddelde stofconcentratie in de stallucht gemeten. De hoeveelheden inhaleerbaar en respirabel stof zijn beide gemeten aan de zijkant van de middelste controlegang. Inhaleerbaar stof bestaat uit deeltjes kleiner dan 10 micron, respirabel stof bevat deeltjes kleiner dan 5 micron. Het meetpunt lag boven de achterkant van de voerligbox, ongeveer halverwege de afdeling, op 1,75 m hoogte. Daarnaast is de hoeveelheid inhaleerbaar stof boven een voerligbox gemeten. Dit

Tabel 3: Locaties van de meetpunten voor luchttemperatuur

afdeling	locatie van meting
(buitentemperatuur)	- buiten in de schaduw bij de luchtinlaat
grondkanaalventilatie	- luchttoevoeropening van centrale gang naar grondkanaal - luchttoevoeropening van grondkanaal naar afdeling, net onder de roosters die het grondkanaal afdekken, onder de trog van de tweede en de elfde voerligbox - op 1,5 m boven de vloer, boven de vijfde voerligbox aan de rechterzijde
plafondventilatie	- luchttoevoeropening van centrale gang naar ruimte boven plafond - op 1,5 m boven de vloer, boven de negende voerligbox aan de rechterzijde

meetpunt lag op ongeveer 1,50 m hoogte, op ongeveer eenderde van de afdeling. De concentraties inhaleerbaar stof en respirabel stof zijn gemeten met Casella filterhouders (type T13087 respectievelijk A7650/1). Het meetprotocol voor deze metingen is weergegeven in Van 't Klooster et al. (1991). Aanvullend op het protocol zijn nulmetingen verricht.

De meetgegevens zijn verwerkt conform Roelofs en Binnendijk (2000). De proefbehandeling plafondventilatie met traditionele ventilatie-instellingen is in slechts één afdeling uitgevoerd en derhalve verstrengeld met een eventueel afdelingseffect. Daarom is niet statistisch getoetst maar zijn de meetresultaten grafisch weergegeven. Per meetpunt en per ventilatiesysteem zijn het verloop van de stofconcentratie tijdens de ronde en een lineaire trend van het gemiddelde weergegeven. Vervolgens is getoetst of er aantoonbare verschillen waren tussen verlaagde en traditionele ventilatie-instellingen in de afdelingen met grondkanaalventilatie (bijlage 1).

3.2 Energiegebruik

3.2.1 Energiegebruik ventilatie

Het energiegebruik door de ventilator is gemeten met behulp van een kWh-meter vóór de regelkast. Wekelijks werd de cumulatieve waarde geregistreerd.

3.2.2 Energiegebruik verwarming

Het energiegebruik van de afdelingsverwarming is gemeten met behulp van warmtemeters. Deze meters meten de temperatuur van het in de afdeling ingaande en uitgaande verwarmingswater en het waterdebiet. Met deze gegevens is de warmteafgifte van de verwarming berekend, die afgelezen kan worden op een display. Wekelijks is de cumulatieve waarde geregistreerd.

Het energiegebruik van de voorverwarming op de centrale gang is niet gemeten. Wel wordt in hoofdstuk 5 het energiegebruik hiervan ingeschat met behulp van een berekening.

4 RESULTATEN

In de volgende paragrafen zijn de resultaten van de twee proefbehandelingen met grondkanaalventilatie en de proefbehandeling met plafondventilatie naast elkaar gezet.

Vanwege het verschil in aantal dierplaatsen (24 bij grondkanaalventilatie en 36 bij plafondventilatie) is het maken van een vergelijking tussen de twee ventilatiesystemen op basis van de proefresultaten lastig.

Vergelijking tussen verlaagde en traditionele ventilatie-instellingen bij grondkanaalventilatie is wel goed mogelijk.

Voor de presentatie van de resultaten is in de meeste gevallen gekozen voor resultaten van enkele willekeurige of typische dagen in plaats van de resultaten van de gehele meetperiode. Dit geldt voor de gevallen waarbij de willekeurige dagen een representatief beeld laten zien voor een bepaalde periode. De grafieken zijn dan beter leesbaar.

4.1 Klimaat

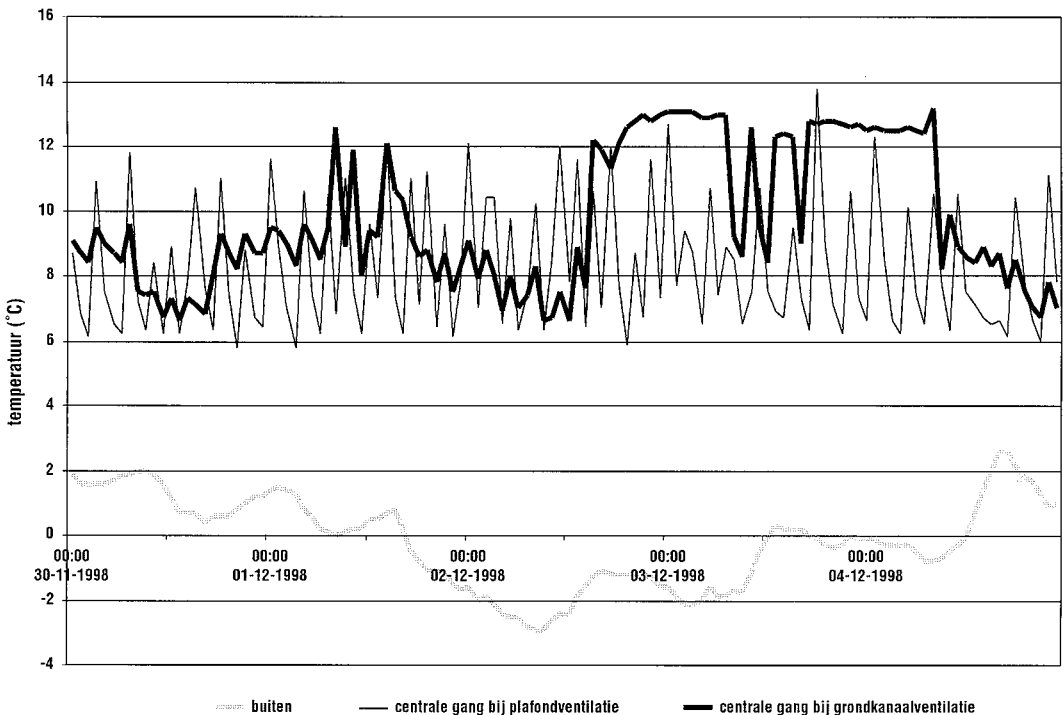
4.1.1 Temperaturen

Als eerste zullen in deze paragraaf de resultaten van de metingen binnen één afdeling worden behandeld. Daarna worden de temperaturen bij de verschillende proefbehandelingen behandeld.

Definitie van voortraject

Het voortraject dat buitenlucht in het stalgebouw aflegt voordat ze werkelijk in de afdeling komt, is in belangrijke mate van invloed op het klimaat in de afdeling. Het voortraject in de afdelingen met grondkanaalventilatie bestaat uit de centrale gang en de grondkanalen. Wanneer in dit rapport wordt gesproken over de binnenkomende lucht in de afdeling wordt de lucht bedoeld die het rooster waarmee de luchtkanalen zijn afgedekt passeert.

Bij plafondventilatie bestaat het voortraject uit



Figuur 3: Temperatuur in inlaatopening tussen de centrale gang en het grondkanaal c.q. ruimte boven het plafond

de centrale gang en de ruimte boven het plafond. De binnenkomende lucht in de afdeling is hier de lucht die door het plafond stroomt.

De lengte van het voortraject bij grondkanaalventilatie kan binnen een afdeling variëren. Deze hangt namelijk af van de plaats waar de lucht uit het luchtkanaal door de roosters de afdeling binnenkomt. Wanneer deze lucht voor in de afdeling omhoog komt is de afgelegde weg korter dan wanneer deze achter in de afdeling omhoog komt.

Voorverwarming op de centrale gang

De temperatuur in de centrale gang bij de afdelingen met grondkanaalventilatie en die met plafondventilatie tijdens een koude periode van vijf dagen is opgenomen in figuur 3.

Uit figuur 3 kan worden afgeleid dat op de centrale gang bij de beide ventilatiesystemen een vergelijkbare opwarming plaatsvindt. Bij plafondventilatie is er een iets sterkere schommeling van de centrale-gangtemperatuur, ten gevolge van de regeling van de verwarming. Bij grondkanaalventilatie is die schommeling veel meer uitgedempt en vaak op een wat hoger temperatuurniveau omdat deze afdeling dieper in het gebouw lag, verder verwijderd van de lucht-

inlaat en verwarmingselementen op de centrale gang.

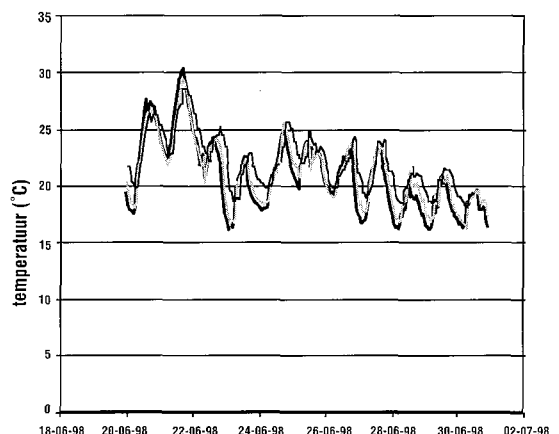
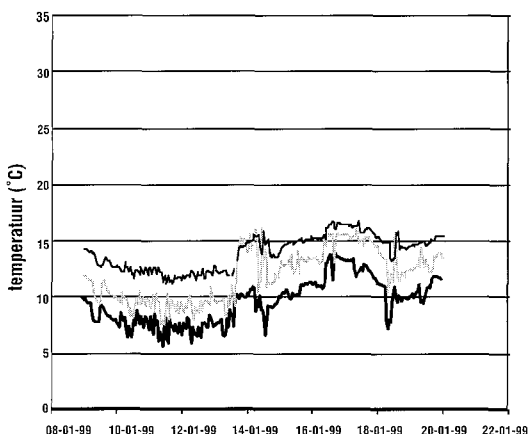
Temperatuurverandering in het grondkanaal

De invloed van de afgelegde weg op de temperatuur van de in de afdeling binnenkomende lucht gedurende tien willekeurige dagen is weergegeven in figuur 4.

Uit figuur 4 kan worden afgelezen dat bij lage temperaturen van de lucht die het kanaal ingaat, de plek waar de lucht uit het kanaal naar boven komt (onder de tweede of onder de elfde trog) belangrijke invloed heeft op de temperatuur van de binnenkomende lucht.

Tijdens een warmere periode is het temperatuurverschil tussen de tweede en elfde trog veel kleiner, onder andere ten gevolge van de hogere ventilatie. In figuur 4 is te zien dat de lucht in het grondkanaal ook tijdens de weergegeven warme periode nauwelijks afkoelt.

Het verwarmend/verkoelend effect van het grondkanaal, zoals gemeten in de proef onder de tweede en de elfde trog, is weergegeven in figuur 5. Op de horizontale as staat de temperatuur van de lucht die vanuit de centrale gang het grondkanaal ingaat, op de verticale as staat de temperatuursveran-



— inlaatopening grondkanaal onder tweede trog - - - - onder elfde trog

— inlaatopening grondkanaal onder tweede trog - - - - onder elfde trog

Figuur 4: Temperatuur van de binnenkomende lucht in het grondkanaal en onder de tweede en onder de elfde trog tijdens enkele koudere en warmere dagen

dering die de lucht ondergaat voordat deze de afdeling binnenkomt.

In figuur 5 is een rechte lijn getrokken door alle waarnemingen die de gemiddelde opwarming weergeven voor de lucht onder de tweede en de elfde trog. Er is te zien dat de opwarming van de lucht in het grondkanaal bij lage inlaattemperaturen enkele graden bedraagt. Bij zeer hoge inlaattemperaturen is er soms een lichte afkoeling van de lucht gemeten. De opwarming c.q. afkoeling onder de elfde trog is groter dan onder de tweede trog (zie ook figuur 4).

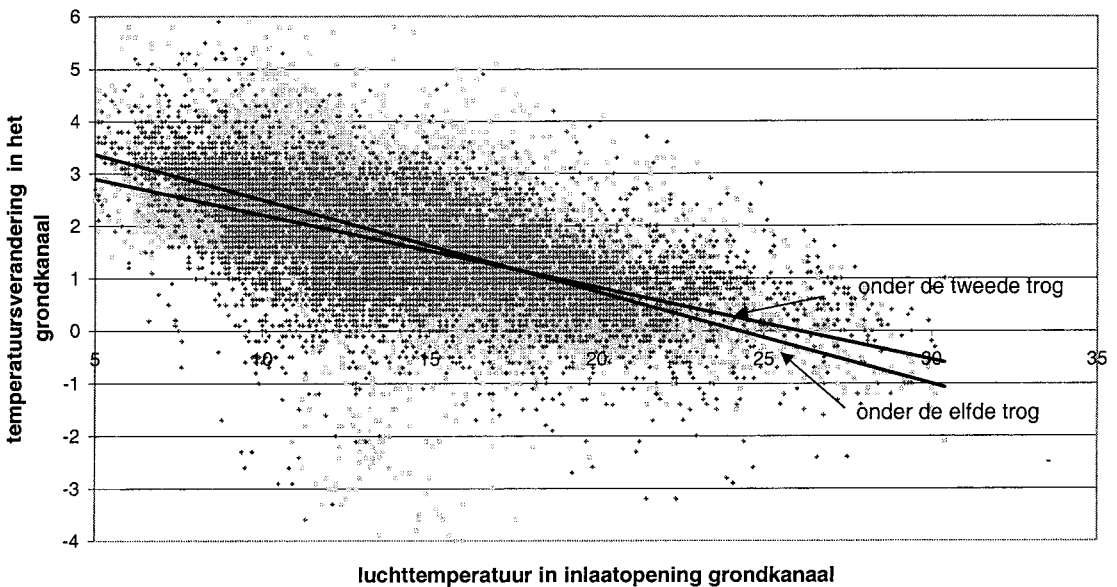
Afdelingstemperaturen

In figuur 6 zijn de afdelingstemperaturen (boven de vijfde voerligbox aan de rechterzijde bij grondkanaalventilatie en boven de negende voerligbox aan de rechterzijde bij plafondventilatie) in de drie proefafdelingen tijdens een koudere en een warmere periode de weergegeven.

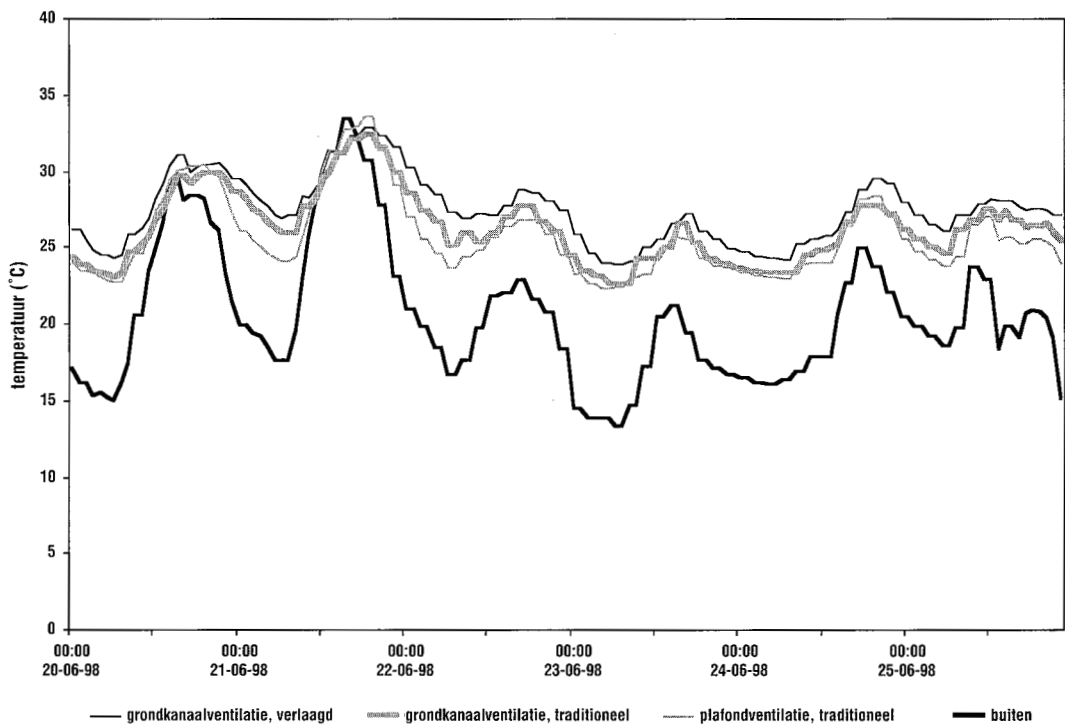
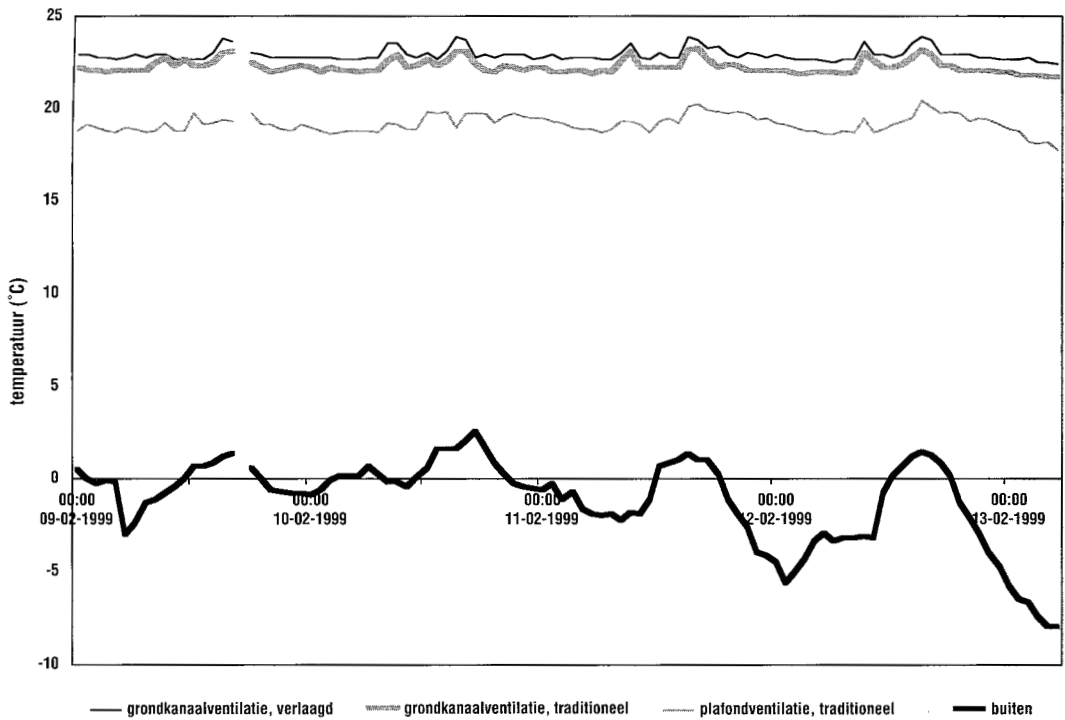
Bij de figuur in de koude periode is te zien dat de dagnummers aanzienlijk verschilden.

Bij de twee afdelingen met grondkanaalventilatie lagen de zeugen er net in, dagnummer 4 tot en met 8. Bij de afdeling met plafondventilatie waren de dagnummers 54 tot en met 58. De figuur in de warmere periode heeft voor de afdeling met plafondventilatie betrekking op dagnummer 72 tot en met 79, bij de afdeling met grondkanaal met verlaagde ventilatie-instellingen op dagnummer 31 tot en met 37, en bij de afdeling met grondkanaalventilatie en traditionele ventilatie-instellingen op dagnummer 64 tot en met 71.

In figuur 6 is te zien dat de gemeten afdelingstemperatuur tijdens de koude periode vrij constant is in alle drie de afdelingen. Verder is de gemeten afdelingstemperatuur tijdens de koudere periode bij plafondventilatie enkele graden lager dan bij grondkanaalventilatie (geldt voor verlaagde, maar ook voor traditionele ventilatie-instellingen). Tijdens de warme periode is de afdelingstemperatuur bij grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen iets hoger dan bij plafondventilatie (zie figuur 6).



Figuur 5: Temperatuursverandering van de lucht in het grondkanaal onder de tweede (*) en elfde (+) trog met trendlijn (8586 waarnemingen op uurbasis, data van 358 dagen)



Figuur 6: Afdelingstemperatuur in de drie proefafdelingen gedurende een koudere (boven) en een warmere periode (onder)

Grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen had een iets lagere afdelingstemperatuur dan plafondventilatie.

In figuur 7 is de frequentieverdeling van de optredende binnentemperaturen weergegeven.

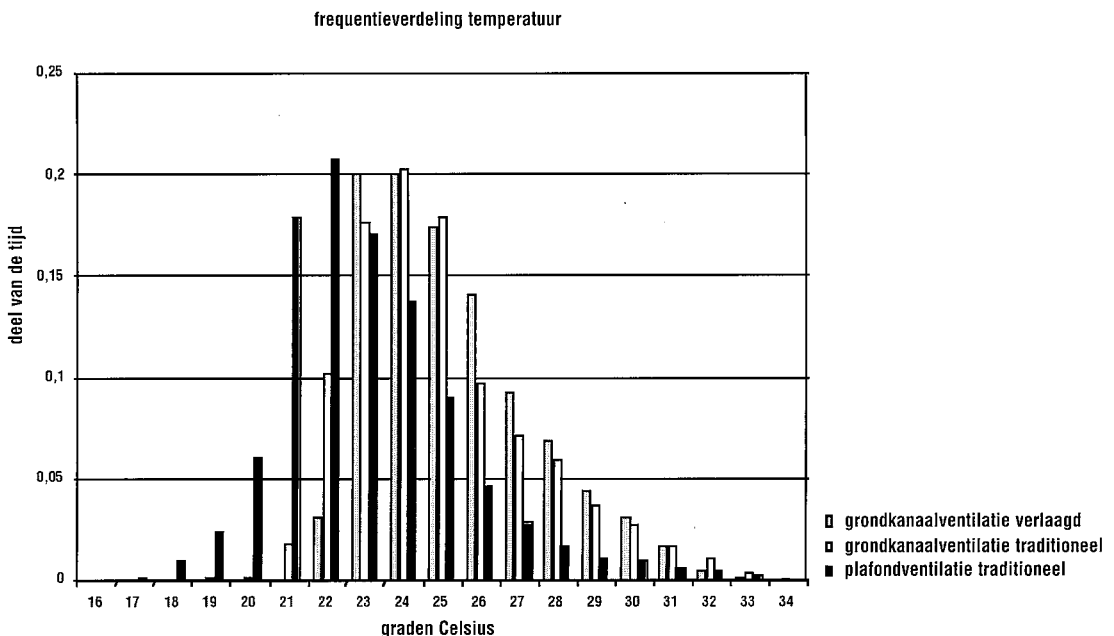
In figuur 7 is te zien dat afdelingstemperaturen onder 20°C nauwelijks voor zijn gekomen in de afdelingen met grondkanaalventilatie. De afdeling met grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen was met gemiddeld 24,9°C iets warmer dan de afdeling met grondkanaalventilatie en traditionele ventilatie-instellingen (24,5°C). De afdelingstemperatuur in de afdelingen met grondkanaalventilatie was over het algemeen hoger dan de temperatuur in de afdeling met plafondventilatie (gemiddeld 22,5°C).

In tabel 4 staan maandgemiddelden voor de afdelingstemperatuur en gemiddelden van de standaardafwijking per dag weergegeven (op basis van de waarnemingen op uurbasis). De standaardafwijking per dag is een indicator voor de variatie in de afdelingstemperatuur gedurende een dag. Wanneer de standaardafwijking niet meer dan 1°C is,

betekent dit dat 66% van de tijd (16 uur van de 24 uur) de afdelingstemperatuur niet meer dan 1°C afwijkt van de gemiddelde afdelingstemperatuur gedurende die dag.

Voor enkele maanden is tabel 4 niet ingevuld. In de periode oktober 1998 tot en met december 1998 zijn vanwege foutieve klimaatinstellingen geen gegevens van de afdelingen met grondkanaalventilatie beschikbaar. Van de overige niet ingevulde maanden zijn er te weinig gegevens beschikbaar om maandgemiddelden en standaardafwijkingen te berekenen. De reden hiervoor is dat de afdeling gedurende een groot aantal dagen van de betreffende maand onbezet was of omdat er een storing aan de meetapparatuur was.

Tijdens de warme maanden is de gemiddelde afdelingstemperatuur in de afdeling met grondkanaalventilatie en verlaagde ventilatie-instellingen in alle gevallen het hoogst, bij plafondventilatie is deze het laagst. Over het algemeen is de gemiddelde standaardafwijking per maand bij plafondventilatie groter dan bij grondkanaalventilatie, wat duidt op een stabielere afdelingstemperatuur bij grondkanaalventilatie. Bij alle ventila-



Figuur 7: Frequentieverdeling van de gerealiseerde afdelingstemperaturen gedurende de proefperiode

Tabel 4: Maandgemiddelde van de afdelingstemperatuur en maandgemiddelde van de dagelijkse standaardafwijking van de gemeten afdelingstemperatuur (°C, uurwaarden)

	grondkanaal traditioneel		grondkanaal verlaagd		plafond	
	gemiddeld	STD	gemiddeld	STD	gemiddeld	STD
apr - 98	-	-	22,4	0,44	22,4	0,73
mei - 98	-	-	23,7	0,73	23,5	0,90
juni - 98	-	-	24,2	0,55	24,0	0,76
juli - 98	-	-	24,6	0,38	24,1	0,76
aug - 98	25,0	0,47	25,2	0,59	23,0	1,03
sep - 98	25,4	0,49	-	-	24,0	0,26
okt - 98	25,8	0,65	-	-	21,9	0,14
nov - 98	-	-	-	-	21,2	0,12
dec - 98	-	-	-	-	20,1	0,30
jan - 99	-	-	-	-	20,7	0,16
feb - 99	-	-	22,5	0,07	19,9	0,13
mrt - 99	-	-	21,9	0,17	20,5	0,32
apr - 99	22,8	0,18	22,2	0,24	21,4	0,60
mei - 99	22,7	0,18	23,4	0,36	22,3	0,59
jun - 99	24,6	0,17	25,0	0,56	23,5	0,65
jul - 99	25,6	0,70	27,3	0,64	25,4	0,88
aug - 99	25,3	0,61	27,2	0,70	24,3	0,83
<i>gemiddeld</i>		<i>0,43</i>		<i>0,45</i>		<i>0,54</i>

tiesystemen geldt dat in warmere maanden de standaardafwijking per dag groter is. Dit wordt veroorzaakt doordat in die perioden gedurende de warmste uren op een dag de afdelingstemperatuur stijgt en het in de avond in de afdeling weer afkoelt.

4.1.2 Ventilatie-debiet

In figuur 8 is de frequentieverdeling weergegeven van de gerealiseerde ventilatie-debieten in de drie proefafdelingen gedurende de periodes dat de zeugen in de afdeling waren.

Voor een juiste interpretatie van figuur 8 is het belangrijk de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit in de afdelingen met grondkanaalventilatie in het oog te houden (dit was 120 m³/h per zeug en 126 m³/h per zeug, in de afdeling met plafondventilatie was dit 147 m³/h per zeug).

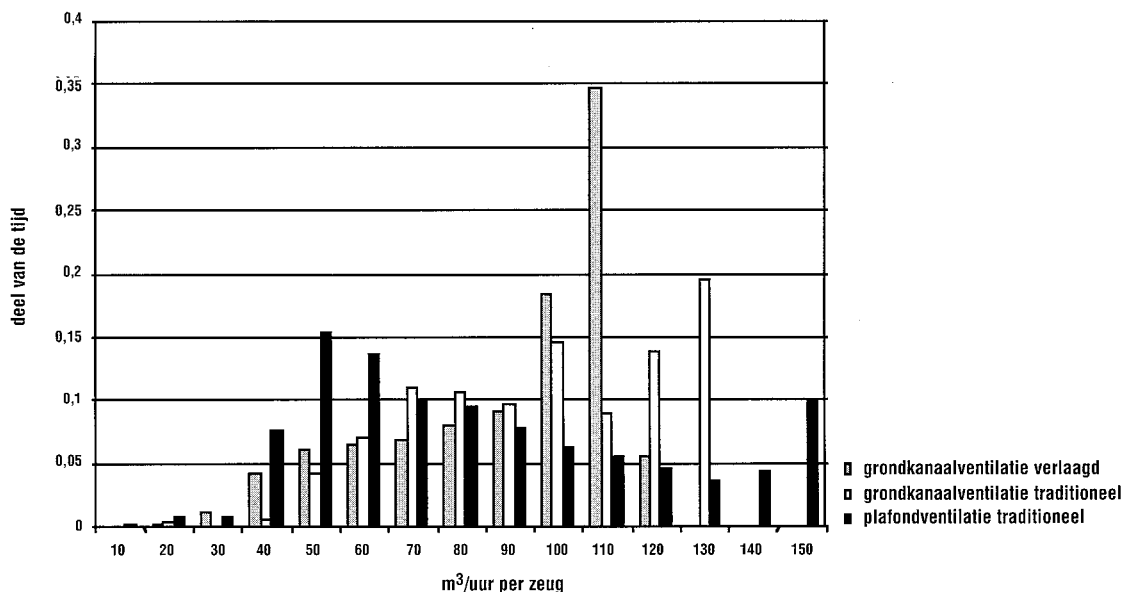
Uit figuur 8 kan worden afgelezen dat lagere ventilatie-debieten (< 70 m³/h per zeug) bij

de afdeling met plafondventilatie vaker voor zijn gekomen dan bij de afdelingen met grondkanaalventilatie. Het niveau van minimumventilatie (20 m³/h op dag 1 en 30 m³/h op dag 60 bij traditionele ventilatie-instellingen; 14 m³/h op dag 1 en 21 m³/h op dag 60 bij verlaagde ventilatie-instellingen) is zeer weinig voorgekomen bij alle drie de proefbehandelingen.

In de afdelingen met grondkanaalventilatie is veel geventileerd op maximale ventilatie. Dit is te zien aan de hoge piek bij 110 m³/h in figuur 8 bij grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen (instelling op maximaal 105 m³/h). Bij grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen zijn de pieken bij 120 en 130 m³/h veroorzaakt door de beperkte ventilatiecapaciteit (maximaal 120/126 m³/h).

Het gemiddelde ventilatie-debiet per zeug was 85 m³/h bij grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen, 92 m³/h bij grondkanaalventilatie met traditionele venti-

frequentieverdeling ventilatie



Figuur 8: Frequentieverdeling van de gerealiseerde ventilatiedebieten gedurende de proefperiode (in klassen van 10 m³/h per zeug)

latie-instellingen en 80 m³/h bij in de afdeling met plafondventilatie met traditionele ventilatie-instellingen.

4.1.3 Luchtverdeling, luchtsnelheid, luchtkwaliteit en temperatuurverschil op dierniveau

De momentopnamen van het binnenklimaat zijn gedaan op de volgende data: 15/10/98, 16/11/98 en 13/01/98. Op basis van de verzamelde gegevens zijn de in de volgende paragrafen gepresenteerde gegevens bepaald.

4.1.3.1 Luchtverdeling

Voor grondkanaalventilatie is het luchtbewegingspatroon bij lagere ventilatiedebieten geschetst in figuur 1 en 2 (hoofdstuk 2, paragraaf 2.1). De verse lucht komt gelijkmatig verdeeld de afdeling binnen via de roosters op de grondkanalen en stroomt onder de troggen door naar de dieren. In de voerligboxen treedt er menging op met afdelingslucht. Als de verse lucht bij de dieren is geweest, stijgt deze op en mengt zich met afdelingslucht. Bij meer ventilatie gaat

een deel van de lucht verder omhoog en komt niet direct bij de dieren, de lucht van de afdeling mengt meer met de verse lucht. Het luchtbewegingspatroon in de afdeling met plafondventilatie was moeilijk te schetsen. De binnenkomende lucht mengde zich direct met afdelingslucht, wat op een goede werking van dit ventilatiesysteem duidt. Er was geen koude luchtval.

4.1.3.2 Luchtsnelheid op dierniveau

In tabel 5 zijn de resultaten van luchtsnelheidsmetingen rondom de dieren opgenomen.

De norm voor de maximale luchtsnelheid op dierniveau is 0,2 m/s (Van 't Klooster et al., 1989). Meerdere malen is een hogere luchtsnelheid gemeten onder de trog bij grondkanaalventilatie. De luchtsnelheid neemt zeer snel af naarmate de lucht verder de voerligbox in stroomt. Enkele decimeters verder is deze afgenomen naar zeer lage waarden die moeilijk meetbaar zijn. De zeug heeft in een voerligbox met een lengte van 2 m de mogelijkheid iets naar achteren te gaan lig-

Tabel 5: Resultaten van de luchtsnelheidsmetingen (m/s, gemiddelde van drie waarnemingen in drie voerligboxen, tussen haken maximaal gemeten luchtsnelheid)

locatie	grondkanaalventilatie	grondkanaalventilatie	plafondventilatie
	verlaagde ventilatie	traditionele ventilatie	traditionele ventilatie
onder de trog	0,18 (0,28)	0,17 (0,20)	0,07 (0,1)
vlak boven de rug van de zeug	0,00 (0,02)	0,00 (0,00)	0,06 (0,1)

gen waardoor tocht op de kop van de zeug geen probleem hoeft te zijn.

De luchtsnelheid boven het lichaam van de dieren was zowel bij grondkanaalventilatie als bij plafondventilatie zeer laag.

4.1.3.3 CO₂- en NH₃-concentraties

In tabel 6 zijn de resultaten van de gasconcentratie metingen weergegeven.

Gezien het geringe aantal metingen is het moeilijk conclusies te trekken uit tabel 6. Opvallend is dat bij traditionele ventilatie-instellingen soms hogere concentraties zijn gemeten dan bij verlaagde ventilatie-instellingen. Voor een nadere analyse van de gemeten concentraties is het aantal waarnemingen echter te gering.

Een overschrijding van de norm voor de CO₂-concentratie van 0,2 vol.% (Van 't Klooster et al., 1989) is in geen van de afde-

lingen gemeten. De norm voor wat betreft de maximale NH₃-concentratie van 10 ppm (Van 't Klooster et al., 1989) is op de middelste controlegang in de afdeling met grondkanaalventilatie en verlaagde ventilatie-instellingen overschreden. Op dierniveau is echter geen overschrijding gemeten.

4.1.3.4 Temperatuur op dierniveau

De resultaten van de handmatige temperatuurregistraties op verschillende plaatsen in de afdelingen staan in tabel 7 (resultaten van verschillende dagen).

Uit de resultaten van deze metingen blijkt dat in de afdelingen met grondkanaalventilatie de temperatuur van de lucht onder de trog in veel gevallen lager is dan de ruimtemtemperatuur. Verder naar achteren in de voerligbox mengt de lucht zich zeer snel met de afdelingslucht.

Tabel 6: Resultaten van de CO₂- en NH₃-concentratie metingen (gemiddelde en maximum van drie waarnemingen in drie voerligboxen)

	grondkanaalventilatie verlaagde instellingen		grondkanaalventilatie traditionele instellingen		plafondventilatie traditionele instellingen	
	gem.	max.	gem.	max.	gem.	max.
<i>CO₂ (vol.%)</i>						
vlak voor de neus	0,09	0,12	0,13	0,20	0,10	0,10
op de middelste controlegang	0,14	0,18	0,13	0,20	0,10	0,10
<i>NH₃ (ppm)</i>						
vlak voor de neus	4,8	10,0	3,7	6,0	5,7	6,0
op de middelste controlegang	8,5	13,5	6,7	9,0	7,8	10,0

In de afdeling met plafondventilatie zijn de verschillen in luchttemperatuur rondom de zeug veel kleiner als gevolg van een intensieve menging van verse lucht met stallucht.

4.1.4 Stofconcentratie

De gemeten concentraties inhaleerbaar stof boven de middelste controlegang zijn voor de drie proefbehandelingen weergegeven in figuur 9.

Uit figuur 9 kan worden afgelezen dat de stofconcentraties gedurende de ronde lichtelijk lijken af te nemen. Bij plafondventilatie is deze trend het duidelijkst. Het niveau van de gemeten stofconcentraties is afhankelijk van talloze factoren, en lijkt ook afhankelijk te zijn van de ronde. De resultaten van de overige stofmetingen zijn weergegeven in bijlage 2.

De gemeten stofconcentraties lijken bij grondkanaalventilatie en traditionele ventilatie-instellingen wat hoger dan bij plafondven-

tilatie. Vanwege verstrengeling met de afdeling kan echter niet aangetoond worden of dit veroorzaakt is door verschillen tussen de afdelingen anders dan het ventilatiesysteem.

Grondkanaalventilatie met traditionele versus verlaagde ventilatie-instellingen

De twee proefbehandelingen bij grondkanaalventilatie zijn met elkaar vergeleken. Het resultaat van de analyse (bijlage 1) staat in tabel 8.

Er is geen invloed op de stofconcentratie in de stallucht aangetoond van het verlagen van de ventilatie-instellingen bij grondkanaalventilatie.

4.2 Energiegebruik

4.2.1 Energiegebruik ventilatie

Het gemeten energiegebruik voor ventilatie in de drie afdelingen staat weergegeven in tabel 9.

Tabel 7: Resultaten van handmatige temperatuurregistraties (°C) op verschillende locaties, berekend temperatuurverschil met centrale gang tussen haakjes

soort afdeling	centrale gang	inlaat box 2	box 6	onder trog		boven dier	
				box 2	box 6	box 2	box 6
grondkanaalventilatie verlaagd	7,7	8,3 (0,6)	10,6 (2,9)	10,6 (2,9)	11,6 (3,9)	21,3	21,8
	16,5	16,8 (0,3)	16,8 (0,3)	17,2 (0,7)	16,8 (0,3)	22,4	22,8
grondkanaalventilatie traditioneel	10,3	10,9 (0,6)	13,2 (2,9)	13,8 (3,5)	13,9 (3,6)	22,4	22,4
	18,8	19,5 (0,7)	19,8 (1,0)	19,5 (0,7)	19,1 (0,3)	21,8	22,8
plafondventilatie	12,5	16,4 (3,9)	17,0 (4,5)	17,2 (4,7)	17,5 (5,0)	19,4	19,7

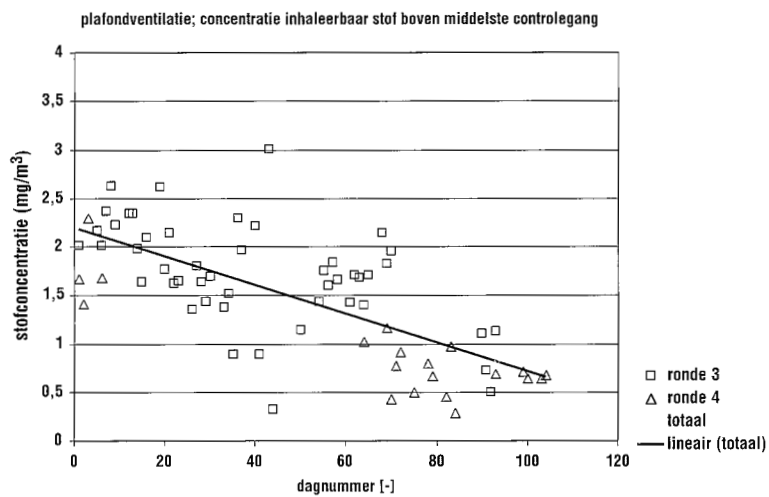
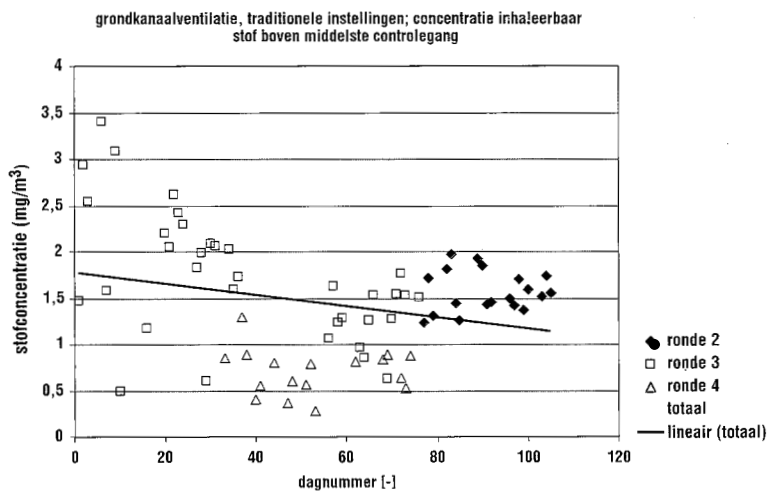
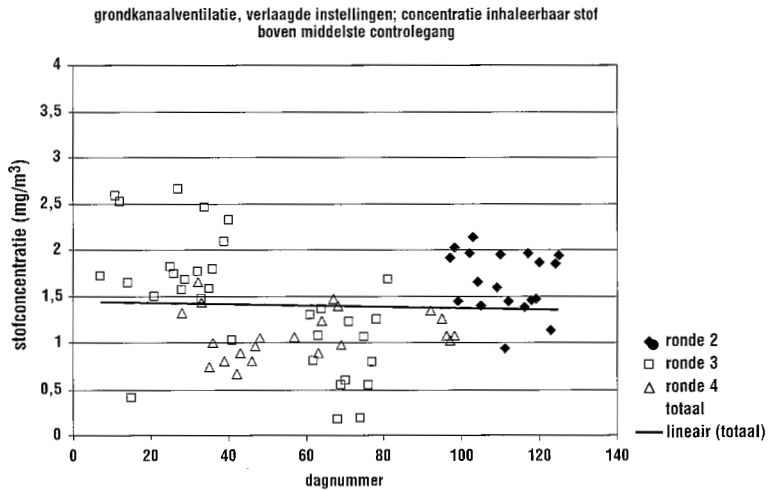
Tabel 8: Stofconcentraties¹ (mg/m³) bij grondkanaalventilatie met traditionele of verlaagde ventilatie-instellingen

	traditionele instellingen	verlaagde instellingen	SEM ²	sign. ³
inhaleerbaar stof boven middelste controlegang	1,09 (1,20)	1,12 (1,22)	0,08	n.s.
inhaleerbaar stof boven voerligbox	1,21 (1,32)	1,13 (1,23)	0,08	n.s.
respirabel stof boven middelste controlegang	0,15 (0,30)	0,18 (0,35)	0,31	n.s.

¹ rekenkundig gemiddelde, tussen haakjes mediaan

² SEM: gepoolde standard error van het gemiddelde van ln(stofconcentratie)

³ sign. = significantie: n.s. = niet significant, p > 0,1



Figuur 9: De gemeten concentratie inhaleerbaar stof boven de middelste controlelegang bij de drie proefbehandelingen

Tabel 9: Gemeten energiegebruik per ronde in de drie afdelingen (kWh per zeugenplaats per jaar)

periode	grondkanaalventilatie en verlaagde instellingen	grondkanaalventilatie en traditionele instellingen	plafondventilatie en traditionele instellingen
apr - sept 98	37,6	44,4	61,0
aug - dec 98	-	-	36,8 ¹
dec - apr 99	21,0	20,2	27,4
apr - aug 99	51,8	63,5	60,0
<i>gemiddeld</i> ²	<i>37,4</i>	<i>40,2</i>	<i>49,0</i>

¹ niet meegenomen bij bepaling van gemiddelde

² berekend met behulp van daggemiddelden

Over de periode oktober 1998 tot en met december 1998 zijn vanwege foutieve klimaatinstellingen geen gegevens van de afdelingen met grondkanaalventilatie beschikbaar. Daarom zijn er ook geen goede gegevens van het energiegebruik van de ronde waarin die periode viel. Gegevens van deze koudere periode zijn wel meegenomen bij het gemiddelde van plafondventilatie.

4.2.2 Energiegebruik afdelingsverwarming

De afdelingsverwarming in de drie afdelingen is tijdens de proefperiode niet in werking geweest.

4.3 Praktische ervaringen

In de afdelingen met grondkanaalventilatie is door de dierverzorgers geconstateerd dat de zeugen bij een lage inlaattemperatuur naar achteren gaan liggen in de voerligbox om de koudere lucht (paragraaf 4.1.3.4) te ontwijken. Voor niet te grote zeugen is dit goed mogelijk bij een voerligbox met een lengte van 2 m. Om problemen met tocht in de voerligboxen te voorkomen dient de lucht voorverwarmd te worden tot minimaal 5°C, voordat deze het grondkanaal ingaat. Gedurende periodes met een hogere inlaat-

temperatuur gaan de zeugen zo ver mogelijk naar voren liggen met de neus onder de trog in de zo fris mogelijke lucht.

In de proefafdelingen met grondkanaalventilatie kwam er veel vuil in de grondkanalen terecht en was er duidelijk een ophoping van vuil. Een reden hiervoor was dat de verzorging van de dieren regelmatig vanuit de controlegang voor langs de voerligboxen plaatsvond en dat diertransport ook over de voorste controlegang plaatsvond (doorloopboxen). Ook was de situering van de troggen zodanig dat vermost voer voor een groot deel door het driekantrooster in het grondkanaal verdween. Hier zijn problemen mee te verwachten ten aanzien van hygiëne en vliegen. Bij aanleg van een luchtkanaal dient er daarom een reinigingsmogelijkheid ingebouwd te worden. Een aflopende vloer met een afvoerputje op het laagste punt en opklapbare roosters voor afdekking van het kanaal kan hiervoor een oplossing zijn. Toepassing van een oplopende vloer heeft daarbij een positief effect op de luchtverdeling, maar werkt kostenverhogend. Aanbevolen wordt het kanaal zodanig te construeren dat er met de hogedrukspuit van bovenaf gereinigd kan worden.

5 THEORETISCHE BESCHOUWING

Dit hoofdstuk geeft een theoretische beschouwing van het onderzoek. Aan de hand van fysische wetmatigheden is een energiebalans over een afdeling met plafondventilatie en een afdeling met grondkanaalventilatie opgesteld. De belangrijkste energiestromen worden behandeld. Met behulp van de energiebalans wordt voor de belangrijkste posten het energiegebruik berekend. Tenslotte wordt een overzicht van de energiekosten onder verschillende omstandigheden gegeven.

5.1 Statische energiebalans over een afdeling

In deze paragraaf wordt een fysische achtergrond gegeven van een afdeling in een varkensstal. Eerst worden alle energiestromen in beeld gebracht, vervolgens wordt behandeld hoe dat vertaald kan worden in een afdelingstemperatuur.

Uitgangspunt bij deze berekening is dat de lucht in een afdeling homogeen gemengd is, wat wil zeggen dat op alle locaties in de afdeling de lucht dezelfde temperatuur heeft. In de praktijk zal dit nooit het geval zijn, zeker niet bij grondkanaalventilatie. Desondanks geeft de berekening inzicht in de optredende warmteoverdrachtprocessen binnen een afdeling en tussen de afdeling en haar omgeving. Hierdoor kunnen inschattingen gemaakt worden van energiegebruik en gemiddeld binnenklimaat. In deze beschouwing wordt warmteopslag in gebouw en constructie niet meegenomen.

5.1.1 Energiestromen

De belangrijkste energiestromen (warmtestromen) die optreden in een varkensstal zijn de warmteproductie van de dieren, de afvoer van warmte met de ventilatielucht en de warmte-uitwisseling met de omgeving via muren, ramen, plafond en vloer. Eventueel kan via verwarming extra energie worden toegevoegd. Hieronder zullen de energiestromen aan de hand van fysische wetmatigheden worden gekwantificeerd.

Warmteproductie van de dieren

Voor een inschatting van de warmteproductie van dieren zijn vele modellen beschik-

baar. Een belangrijke invloedvariabele is in ieder geval de voeropname. Uitgaande van normale voeropname kunnen hiervoor getallen worden afgeleid met behulp van het Handboek voor de Varkenshouderij (Anonymus, 1993). Voor zeugen aan het begin van de dracht is de warmteproductie 175 W, halverwege de dracht 200 W en aan het einde van de dracht 250 W. De invloed van de omgevingstemperatuur op de voelbare warmteproductie van de zeugen is hierin niet meegenomen.

Afvoer van warmte via de ventilatielucht

De hoeveelheid energie die afgevoerd wordt via de ventilatielucht hangt af van het temperatuurverschil tussen de binnenkomende en uitgaande lucht, en van de grootte van het ventilatiedebiet. Met behulp van formule 1 kan de grootte van de stroom berekend worden.

Formule 1:

$$Q_{vent} = \Phi_{lucht} \cdot (\rho c_p)_{lucht} \cdot (T_{in} - T_{uit})$$

waarin:

Q_{vent}	= hoeveelheid afgevoerde energie via ventilatie	(W)
Φ_{lucht}	= ventilatiedebiet	(m ³ /s)
$(\rho c_p)_{lucht}$	= volumetrische warmtecapaciteit	(J/m ³ °C)
T_{in}	= temperatuur van de binnenkomende lucht	(°C)
T_{uit}	= temperatuur van de uitgaande lucht	(°C)

In praktijksituaties wordt de hoeveelheid afgevoerde warmte vooral geregeld met dit principe. Wanneer er een klein temperatuurverschil ($T_{in} - T_{uit}$ is klein) tussen binnenkomende en uitgaande lucht is, zal de afvoer van warmte dus gering zijn. Om hiervoor te compenseren kan er meer geventileerd worden (Φ_{lucht} wordt groter) waardoor de warmteafvoer toeneemt.

Warmte-uitwisseling met de omgeving via muren, ramen, plafond en vloer

Wanneer de temperatuur in een afdeling hoger is dan de omgevingstemperatuur zal er energie verloren gaan door de constructie

heen. De hoeveelheid energieverlies kan worden berekend met formule 2.

Formule 2:

$$Q_{omg} = k \cdot A \cdot dT$$

waarin:

Q_{omg}	= warmtestroom door een bepaald oppervlak (bijvoorbeeld muur, raam)	(W)
k	= warmtedoorgangscoëfficiënt horend bij het oppervlak	(W/m ² K)
A	= grootte van het oppervlak	(m ²)
dT	= temperatuurverschil tussen de twee zijden van het vlak	(°C)

Formule 2 kan worden uitgewerkt voor de verschillende oppervlakken tussen een varkensafdeling en haar omgeving. De waarde van k wordt onder meer beïnvloed door de isolerende werking van het materiaal. Bij warmteverlies door de vloer zal de temperatuur aan de andere zijde gelijk zijn aan de grondwatertemperatuur (circa 10°C); k kan dan worden bepaald uit fysische gegevens van de ondergrond.

Warmteproductie door de afdelingsverwarming

Wanneer het in een afdeling te koud wordt gaat de afdelingsverwarming aan. Bij een optimale regeling zal de afgegeven hoeveelheid warmte juist voldoende zijn om de afdeling op de gewenste temperatuur te houden.

5.1.2 Verschillen tussen plafondventilatie en grondkanaalventilatie

De verschillen tussen de twee soorten afdelingen die in deze proef zijn onderzocht komen tot uiting in de warmte-uitwisseling met de omgeving en bij de warmteafvoer via ventilatie.

Bij lagere ventilatiehoeveelheden zal er ten gevolge van verlaagde ventilatie-instellingen minder warmte afgevoerd worden. Daarentegen kan door het voortraject de temperatuur van de ingaande lucht worden beïnvloed (paragraaf 4.1), waardoor het temperatuurverschil tussen ingaande en uitgaande lucht anders is.

De verschillen in warmte-uitwisseling zitten met name in de vloer en het plafond. Bij plafondventilatie komt alle warmte die door het plafond verloren gaat ten goede aan de ventilatielucht. Dit is dus geen energieverlies. Bij grondkanaalventilatie is deze energie wel verloren, maar daar zal het warmteverlies via de grond kleiner zijn omdat een deel van het grondoppervlak bestaat uit grondkanalen van waaruit de warmte weer direct voor opwarming zorgt van de ingaande lucht. Een nauwkeurige beschrijving van de processen in het grondkanaal staan beschreven in een rapport van het Praktijkonderzoek Varkenshouderij (Van Wagenberg et al., 2000).

5.1.3 Resultaten statische energiebalans

Wanneer de hoeveelheid energie die de afdeling inkomt gelijk is aan de hoeveelheid energie die de afdeling verlaat is de afdeling energetisch in balans. Dit betekent dat de afdeling een constante temperatuur heeft (evenwicht). Wanneer de afdeling niet energetisch in balans is, warmt de afdeling op of koelt de afdeling af.

5.1.3 Resultaten statische energiebalans

In een spreadsheetprogramma zijn de formules en data voor de verschillende energiestromen ingevoerd voor de verschillende afdelingen, zoals deze ook in de praktijkproef zijn onderzocht. De afmetingen en het aantal dieren zijn in de berekeningen gelijk gesteld om een betere vergelijking tussen de ventilatiesystemen mogelijk te maken. Als alle energiestromen die een afdeling in en uit gaan worden opgeteld en de uitkomst is 0, dan zijn de energiestromen in balans. Dan is de afdelingstemperatuur constant en kan deze berekend worden, met het daarbij horende ventilatiedebiet.

Belangrijke uitgangspunten waren:

- afkoeling en opwarming van de lucht boven het plafond via het dak (bijvoorbeeld door warmte-instraling van de zon) is buiten beschouwing gelaten. Er wordt dus uitgegaan van een perfect geïsoleerd dak. Bij grondkanaalventilatie wordt aangenomen dat de temperatuur van de lucht

boven het plafond gelijk is aan de temperatuur van de lucht op de centrale gang.

- het ventilatiedebiet hangt volgens de klimaatinstellingen af van de afdelingstemperatuur. Hiervoor is in tabel 10 uitgegaan van de klimaatinstellingen en de warmteproductie bij het begin van de dracht. In tabel 11 is uitgegaan van de klimaatinstellingen en de warmteproductie aan het eind van de dracht (voor beide gevallen zo ongunstig mogelijk).

De resultaten van de berekeningen staan in tabel 10 en tabel 11.

Uit tabel 10 kan worden afgelezen wat de evenwichtstemperatuur zal zijn die zich in de afdeling zal instellen en welk ventilatiedebiet daarbij hoort. De verschillen in afdelingstemperatuur zijn gering.

Het ventilatiedebiet bij plafondventilatie is iets hoger dan bij grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen. Bij grondkanaalventilatie gaat veel warmte via het plafond verloren (bij plafondventilatie ook, maar daar komt die energie weer terug in de afdeling met de ventilatielucht), wat een iets lagere afdelingstemperatuur en dus een iets lager ventilatiedebiet tot gevolg heeft.

In tabel 10 staan de groottes van de verschillende energiestromen vermeld. Duidelijk is dat een groter ventilatiedebiet leidt tot een hogere energie-afvoer via de ventilatielucht. Het warmteverlies via de grond en de muren is vergelijkbaar in de drie afdelingen. De warmte die toegevoegd wordt in het voortraject is bij plafondventilatie gelijk aan de verliezen van warmte door het plafond. Bij grondkanaalventilatie is deze warmtestroom ongeveer gelijk aan de warmteverliezen van de afdeling aan de koude lucht in de grondkanalen. Het kleine verschil wordt veroorzaakt door extra opwarming van de lucht door warmte vanuit de bodem.

De evenwichtstemperatuur in de afdeling met grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen is wat hoger dan in de afdelingen met traditionele ventilatie-instellingen. Dit wordt veroorzaakt door de lagere ventilatiehoeveelheden, waardoor er minder afvoer van warmte via de ventilatielucht is. Verder kan uit tabel 11 afgelezen worden dat de warmteverliezen vanuit de afdeling naar het grondkanaal groter zijn dan de warmte-toevoer in het grondkanaal. Dit verschil wordt veroorzaakt door de koelende werking van de ondervloer in het grondkanaal. Deze

Tabel 10: Resultaten van berekening voor een koude periode met de statische energiebalans aan het begin van de drachtperiode (centrale gang is 5°C)

	grondkanaalventilatie met verlaagde instellingen	grondkanaalventilatie met traditionele instellingen	plafondventilatie met traditionele instellingen
afdelingstemperatuur(°C)	22,3	22,0	22,2
ventilatie per voerligbox (m ³ /h)	20,1	20,7	24,6
<i>warmtestromen (W per afdeling)</i>			
dieren (24)	4.200	4.200	4.200
ventilatie	- 2.788	- 2.817	- 3.389
grond	- 291	- 283	- 357
wanden	- 457	- 449	- 454
grondkanaal	- 633	- 626	-
plafond	- 670	- 658	- 666
<i>voortraject</i>			
grondkanaal	639	633	-
plafond	-	-	666
<i>totaal</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

Tabel 11: Resultaten van berekening voor een warme periode met de statische energiebalans voor het eind van de drachtperiode (centrale gang is 25°C)

	grondkanaalventilatie met verlaagde instellingen	grondkanaalventilatie met traditionele instellingen	plafondventilatie met traditionele instellingen
afdelingstemperatuur(°C)	31	29,3	29,5
ventilatie per voerligbox (m ³ /h)	105	150	150
<i>warmtestromen (W per afdeling)</i>			
dieren (24)	6.000	6.000	6.000
ventilatie	- 5.026	- 5.176	- 5.421
grond	-494	- 455	- 460
wanden	- 158	- 114	- 119
grondkanaal	- 228	- 172	-
plafond	- 231	- 167	-175
<i>voortraject</i>			
grondkanaal	137	84	-
plafond	-	-	175
<i>totaal</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

koelende werking is onvoldoende om te voorkomen dat de afdelingstemperatuur stijgt ten opzichte van die bij plafondventilatie door lagere ventilatiedebieten.

5.2 Energieberekeningen met statische energiebalans

De ontwikkelde statische energiebalans over een afdeling voor guste en drachtige zeugen met grondkanaalventilatie of met plafondventilatie kan worden gebruikt om energieberekeningen mee uit te voeren. In de volgende paragrafen wordt eerst de methode toegepast om het energiegebruik op de centrale gang in te schatten. Daarna wordt de methode gebruikt om het energiegebruik te berekenen in verschillend uitgevoerde afdelingen voor guste en drachtige zeugen. In alle berekeningen is voor gegevens van het buitenklimaat gebruik gemaakt van de graadurentabel (In: Van Ouwkerk, 1999). In de graadurentabel staat het aantal uren vermeldt dat een bepaalde buitentemperatuur voorkomt in het Nederlandse klimaat. Een overzicht van de resultaten is weergegeven in bijlage 3.

5.2.1 Energiegebruik centrale gang

Het energiegebruik op de centrale gang is

ingeschat aan de hand van een theoretische berekening (Van Wagenberg et al., 2000). Uitgangspunt is dat de centrale-gangtemperatuur niet lager mag worden dan 5°C. Het ventilatiedebiet en de afdelingstemperatuur bij een centrale-gangtemperatuur van 5°C zijn bepaald met de statische energiebalans. In tabel 12 staan de resultaten van de berekening.

Uit tabel 12 blijkt dat er geringe verschillen zijn in het energiegebruik op de centrale gang. Bij plafondventilatie zal de opwarming van de lucht tot 5°C over het algemeen tot een wat hoger ventilatiedebiet in de afdeling leiden dan bij grondkanaalventilatie, waardoor het energiegebruik op de centrale gang iets hoger is. Voorverwarming van de lucht tot 5°C bij plafondventilatie is echter niet noodzakelijk, bij grondkanaalventilatie wel (zie paragraaf 4.3).

5.2.2 Energiegebruik afdelingsverwarming

Het energiegebruik van de afdelingsverwarming is bij grondkanaalventilatie met verlaagde en traditionele ventilatie-instellingen en bij plafondventilatie 0 wanneer er op de centrale gang voorverwarmd wordt tot 5°C. Bij grondkanaalventilatie is voorverwarming van de lucht noodzakelijk om te voorkomen dat de lucht te koud bij de dieren komt.

Bij plafondventilatie kan de lucht in principe ook direct van buiten boven het plafond gebracht worden. In dat geval is er wel afdelingsverwarming noodzakelijk. Het berekend energiegebruik van de afdelingsverwarming in een afdeling met plafondventilatie zonder voorverwarming is 1,1 m³ per zeugenplaats per jaar (*f* 0,70).

5.2.3 Energiegebruik ventilatie

Als gevolg van minder luchtverplaatsing door de ventilatoren kan er energie bespaard worden voor elektriciteit. Door de lagere normen voor de minimale ventilatie als gevolg van een efficiënter gebruik van de lucht zal er tevens energie voor verwarming bespaard kunnen worden. Met behulp van de statische energiebalans is bepaald wat het ventilatiedebiet in een afdeling voor guste en drachtige zeugen zal zijn bij verschillende buitentemperaturen en bij verschillende drachtstadia (bij vergelijkbare tegendruk voor grondkanaal- en plafondventilatie).

In tabel 13 staan het berekende energiegebruik en de berekende energiekosten voor ventilatie.

Wanneer de ventilator met triac-regeling is gedimensioneerd op conventionele ventilatienormen en slechts de ventilatie-instellingen worden verlaagd, zal het voordeel ten

opzichte van plafondventilatie zeer gering zijn (*f* 0,31 per zeugenplaats per jaar). Dit heeft te maken met de minder gunstige efficiëntie van de triac-geregelde ventilator in het lage werkgebied, waardoor het opgenomen vermogen per m³ verplaatste lucht stijgt. Wanneer de capaciteit van de ventilator wordt aangepast aan de lagere maximale ventilatie is naast het voordeel van de lagere investeringskosten het te halen financiële voordeel door energiebesparing wat groter (*f* 1,60 per zeugenplaats per jaar).

5.2.4 Energiegebruik in drachtige-zeugenafdelingen

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de verschillende energiestromen.

Energiegebruik ventilatie

Het gemeten elektrisch energiegebruik voor ventilatie lag bij de twee proefbehandelingen en de referentieafdeling zeer dicht bij elkaar. Bij grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen was het energiegebruik 37,4 kWh per voerligbox per jaar (berekend 39,8 kWh), bij grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen was het gemeten gebruik 40,2 kWh per zeugenplaats per jaar (berekend 45,1 kWh), en bij plafondventilatie en traditionele ventilatie-instellingen was het energiegebruik 49,0 kWh per zeugenplaats per jaar (berekend 45,5 kWh). De

Tabel 12: Resultaten van berekening van energiegebruik centrale gang

	grondkanaalventilatie verlaagd	grondkanaalventilatie traditioneel	plafondventilatie
aardgas (m ³)	5,6	6,0	7,3
kosten (<i>f</i>)	3,65	3,92	4,79

Tabel 13: Berekend energiegebruik en kosten voor ventilatie voor verschillende systemen (per guste-/drachtige-zeugenplaats per jaar bij *f* 0,20 per kWh)

	energiegebruik (kWh)	kosten (<i>f</i>)
grondkanaalventilatie verlaagd, traditionele ventilator	39,8	8,69
grondkanaalventilatie verlaagd, kleinere ventilator	37,5	7,50
grondkanaalventilatie traditioneel	45,1	9,01
plafondventilatie	45,5	9,10

metingen en de berekeningen laten een vergelijkbaar resultaat zien. De haalbare energiebesparing door het hanteren van verlaagde ventilatie-instellingen is zeer gering.

Energiegebruik afdelingsverwarming

Het energiegebruik voor afdelingsverwarming tijdens de rondes in de proef was nihil. De berekeningen geven hetzelfde resultaat. Bij voorverwarming van de lucht op de centrale gang tot 5°C is de aanwezigheid van afdelingsverwarming in een guste-en drachtige-zeugenafdeling dan ook niet nodig. Voorverwarming van de lucht bij grondkanaalventilatie is noodzakelijk om te voorkomen dat er te koude lucht direct bij de dieren komt. Als de lucht eerst onder de dichte vloer van de dieren doorgaat en daar al voorverwarmd wordt, kan voorverwarming ten gevolge van de conditionerende werking van de ondergrond mogelijk overbodig zijn. Bij plafondventilatie kan de voorverwarming in principe achterwege blijven, maar dan is er wel een afdelingsverwarming noodzakelijk. De berekende energiekosten voor de afdelingsverwarming bedragen in dat geval f 0,70 per zeugenplaats per jaar.

Energiegebruik centrale-gangverwarming

De verwarmingskosten om de centrale gang op 5°C te houden bedragen bij plafondventilatie f 4,86 per voerligbox per jaar. Bij grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen is dit wat lager, namelijk f 3,98. Bij grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen is dit f 3,70 per voerligbox per jaar.

Door de voorverwarming tot 5°C toe te passen is er geen noodzaak afdelingverwarming te installeren.

In tabel 14 is een overzicht weergegeven waarin de verschillende posten van het energiegebruik zoals deze in de proef zijn onderzocht, staan opgesomd.

Wanneer voorverwarming toegepast wordt, is er een kleine besparing op de energiekosten mogelijk door toepassing van grondkanaalventilatie. Plafondventilatie zonder voorverwarming leidt tot de laagste energiekosten.

Energiegebruik voor verlichting is in dit onderzoek niet meegenomen. Uit eerdere onderzoeken blijkt dat dit voor zeugenbedrijven gemiddeld 12% is van totale energiegebruik (Hoste, 1995).

Tabel 14: Energiekosten van de afdelingen met grondkanaalventilatie en met plafondventilatie (voorverwarming op centrale gang tot 5°C)

	grondkanaalventilatie		plafondventilatie	
	verlaagd	traditioneel	met voorverw.	zonder voorverw.
ventilatie	f 8,69 ¹	f 9,01	f 9,10	f 9,15
verwarming				
- centrale gang	f 3,65	f 3,92	f 4,79	-
- afdeling	-	-	-	f 0,70
<i>totaal</i>	<i>f 12,34</i>	<i>f 12,93</i>	<i>f 13,89</i>	<i>f 9,85</i>

¹ f 7,50 bij aangepaste ventilator (totaal f 11,15)

6 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

De praktijkproef is uitgevoerd in 1998 en 1999. Tijdens de voorbereiding van deze proef werd duidelijk dat groepshuisvesting voor zeugen verplicht zou worden. De afdelingen in deze proef zijn uitgerust met voerligboxen: individuele huisvesting. Besloten is de proef toch door te laten gaan omdat het onderzoek waardevolle informatie oplevert die direct vertaald kan worden naar situaties met voerligboxen met uitloop. Eventueel kan de ruimte onder de dichte vloer in de voerligbox worden gebruikt als luchtinlaatkanaal, waardoor de lucht beter geconditioneerd wordt voordat deze de afdeling ingaat. Daarnaast zijn er ook systemen in ontwikkeling waarbij de lucht verlaagd binnenkomt bij toepassing van een ander groepshuisvestingssysteem. De verse lucht kan binnenkomen door luchtkanalen onder de dichte ligvloer van de dieren en via een controlegang omhoog komen. Opgedane kennis in dit onderzoek kan daarbij worden geïmplementeerd. Daarnaast kan de vertaling naar toepassing bij andere diercategorieën worden gemaakt.

6.1 Klimaat

Het klimaat in de afdelingen met grondkanaalventilatie was goed. De luchtverdeling was gelijkmatig over alle voerligboxen en onafhankelijk van het debiet. De geïnstalleerde ventilatiecapaciteit was in alle drie de proefafdelingen onvoldoende om 150 m³/h per zeugenplaats te halen, wat wel de bedoeling was. In één afdeling met grondkanaalventilatie was de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit zelfs 20% lager. Voor het proefresultaat heeft dit tot gevolg gehad dat de vergelijking tussen de twee soorten afdelingen bij maximale ventilatie niet op basis van metingen kon plaatsvinden. Met behulp van een theoretische benadering is dit overvragen. Een kleine invloed op het gemeten proefresultaat kan veroorzaakt zijn door een verschil in stalinhoud tussen de afdelingen met grondkanaalventilatie (5,2 m³ per zeug) en de afdeling met plafondventilatie (5,8 m³ per zeug). Een grotere inhoud betekent een grotere buffer in de afdeling en een constantere afdelingstemperatuur.

De verlaging van de minimale ventilatiehoeveelheden bij grondkanaalventilatie heeft geen problemen ten aanzien van de luchtkwaliteit veroorzaakt. Als gevolg van de voorverwarming op de centrale gang tot 5°C is het niveau van minimumventilatie echter nauwelijks gehaald.

Tijdens warme periodes was de gemeten temperatuur in de afdeling met grondkanaalventilatie en verlaagde ventilatie-instellingen (op 1,5 m hoogte) altijd hoger dan die in de afdelingen met traditionele ventilatie-instellingen. Een verlaging van het ventilatiedebiet leidde tot een hogere afdelingstemperatuur. Verlaging van de maximumventilatie leidt tot hogere binnentemperaturen. Omdat de zeugen direct met de neus in de aanvoerlucht met een lagere temperatuur (tabel 7) kunnen gaan liggen, leidt dit wellicht minder snel tot problemen dan bij plafondventilatie.

In de afdeling met grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen was de temperatuur gemiddeld hoger dan in de afdeling met plafondventilatie. Er is geen effect gevonden van de conditionerende (koelende) werking van het grondkanaal op de afdelingstemperatuur, op 1,5 m hoogte gemeten.

6.1.1 Stofconcentratie

In afdelingen met grondkanaalventilatie was de stofconcentratie hoger dan in de afdeling met plafondventilatie. Tussen de verlaagde en traditionele ventilatie-instellingen was er geen aantoonbaar verschil in stofconcentratie. Een reden hiervoor is dat in de proefafdelingen met grondkanaalventilatie weinig verschil in ventilatiedebiet is gerealiseerd (paragraaf 4.1.2).

Doorgaans resulteert een hoger ventilatieniveau in een lagere stofconcentratie (Takai, 1987; Heber et al., 1988). Vanwege verstrengeling tussen afdeling en ventilatiesysteem is niet bekend wat de invloed van het ventilatiesysteem en het daaraan gekoppelde luchtbewegingspatroon is op de stofconcentratie in de middelste controlegang.

Er zijn nog geen goede grenswaarden vastgesteld voor blootstelling aan stof in stallen. Op basis van epidemiologisch onderzoek heeft Donham (1999) als grenswaarden voorgesteld 2,4 mg/m³ voor totaal stof en 0,16 mg/m³ voor respirabel stof. Op basis van de concentratie endotoxinen in het stof in stallucht kan een *No Effect Level* (NEL) worden verwacht van ongeveer 1 mg/m³ (Roelofs en Binnendijk, 2000).

De gemeten concentraties inhaleerbaar stof zijn bij grondkanaalventilatie en bij plafondventilatie ongeveer gelijk aan de grenswaarden volgens Donham (1999) (2,0 mg/m³). De gemeten hoeveelheden respirabel stof voldoen bij beide ventilatiesystemen redelijk aan de voorgestelde normen. Hierbij moet echter worden bedacht dat de stofconcentratie overdag hoger is dan 's nachts (Roelofs en Binnendijk, 2000). Hierdoor zullen varkenshouders die hele dagen in dergelijke stallen werken aan iets meer stof worden blootgesteld dan volgens de voorgestelde grenswaarden als acceptabel kan worden beschouwd.

6.2 Energiegebruik en afdelingsverwarming

Het gemeten energiegebruik voor ventilatie per zeugenplaats per jaar is 37,4 kWh in de afdeling met grondkanaalventilatie en verlaagde ventilatie-instellingen, 40,2 kWh in de afdeling met grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen en 49,0 kWh in de afdeling met plafondventilatie met traditionele ventilatie-instellingen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de ventilatoren in de afdelingen met grondkanaalventilatie niet aan de maximale capaciteit van 150 m³/h per zeug voldeden. Daarnaast is bij de afdelingen met grondkanaalventilatie geen winterperiode gemeten, bij plafondventilatie wel. Het berekend energiegebruik voor ventilatie is 39,8 kWh (f 8,69) per zeugenplaats per jaar bij grondkanaalventilatie met verlaagde instellingen, 40,2 kWh (f 9,01) bij grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen en 45,5 kWh (f 9,10) bij plafondventilatie. De resultaten van de metingen liggen in dezelfde orde van grootte als de berekende waarden.

Het gemeten energiegebruik van de afdelingsverwarming is voor alle afdelingen nul.

Uit de theoretische beschouwing blijkt dat dit het gevolg is van de voorverwarming van de lucht op de centrale gang. Wanneer de lucht voorverwarmd wordt tot 5°C is er geen afdelingsverwarming meer nodig. De berekende energiekosten van de voorverwarming tot 5°C bedragen f 4,86 bij plafondventilatie, f 3,98 bij grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen en f 3,70 bij grondkanaalventilatie met verlaagde ventilatie-instellingen. Een lagere inlaattemperatuur bij grondkanaalventilatie is in de geteste uitvoering niet gewenst, omdat de koude lucht vrij direct bij de dieren komt en weinig tijd heeft op te warmen. Wanneer de ruimte onder de dichte vloer gebruikt wordt als luchtinlaatkanaal zal daar de lucht opwarmen, waardoor energie voor voorverwarming bespaard kan worden. Wanneer er bij plafondventilatie geen voorverwarming wordt toegepast is er wel afdelingsverwarming nodig. De berekende verwarmingskosten bedragen dan f 0,70 per zeugenplaats per jaar.

Bij de berekeningen van de kosten voor elektriciteit in dit onderzoek is uitgegaan van een kWh-prijs van f 0,20 (KWIN, 1999). Het gemiddelde tarief is in werkelijkheid afhankelijk van de stroomleverancier, het tijdstip van afnemen (dal- en piektarief) en het totale gebruik op een bedrijf (grootgebruiktarief). Ook heeft het afnamepatroon invloed op de kWh-prijs. Voor de kosten voor verwarming is gerekend met een gasprijs van f 0,66 per m³ (KWIN, 1999). Ook hierin zijn variaties mogelijk. Standaard is een efficiëntie van 80% in de berekeningen aangenomen. Dit is hoog en afhankelijk van de uitvoering van de ketel en de leidingen (met name isolatie en lengte).

6.3 Praktische ervaringen

In de afdeling met grondkanaalventilatie is het zinvol om het plafond extra te isoleren. Warmte die bij plafondventilatie door het plafond heen gaat komt weer terug met de ventilatielucht en is dus niet verloren. Bij grondkanaalventilatie is deze warmte wel verloren en dient de warmtestroom dus beperkt te worden. Bovendien heeft isolatie van het plafond een positief effect omdat daarmee de warmte-instroom door zoninstraling op

het dak vermindert. Om bij plafondventilatie de warmte-instroom door zoninstraling te verminderen dient de binnenzijde van het dak geïsoleerd te worden en heeft extra plafondisolatie geen zin.

De reinigbaarheid van de luchtkanalen gaf geen grote problemen. De roosters op de kanalen waren eenvoudig afneembaar en vanwege de schuin aflopende vorm van het kanaal was reinigen goed uitvoerbaar. Bij het ontwerp van ondergrondse luchtkanalen dient hiermee reeds rekening gehouden te worden.

6.4 Statische energiebalans

Met de statische energiebalans is het mogelijk om aan de hand van dimensies en uitvoering van een afdeling en een buitentemperatuur een inschatting te geven van de afdelingstemperatuur en het ventilatie-debiet dat zich zal instellen. De resultaten van de metingen en de berekeningen laten, ondanks de aanname dat de afdeling homogeen is, een vergelijkbaar beeld zien, wat de correctheid van de berekeningen ondersteunt. De ontwikkelde statische energiebalans kan prima worden gebruikt om het energiegebruik van verschillende posten te berekenen.

6.5 Economische gevolgen

Voor de economische evaluatie is een drachtige-zeugenstal met voerligboxen met uitloop en grondkanaalventilatie vergeleken met een vergelijkbare stal met plafondventilatie. In bijlage 4 staan de verschillen in investeringskosten en jaarkosten per onderdeel uitgesplitst. Het berekende verschil in jaarkosten van de investeringen is zeer gering (minderkosten grondkanaalventilatie f 0,24 per zeugenplaats per jaar). De verschillen in energiekosten zijn reeds in voorgaande paragrafen behandeld.

6.6 Conclusies

- De conditionerende werking van een grondkanaal zoals beproefd in dit onderzoek is onvoldoende om de instellingen voor maximumventilatie 30% te verlagen ten opzichte van de traditionele ventilatie-instellingen, zonder dat dit ten koste gaat

van een hogere staltemperatuur gedurende de warme perioden. Omdat de verse lucht met hoge luchtsnelheden (hoger dan bij plafondventilatie) direct bij de neus van de dieren komt kan dit waarschijnlijk nauwelijks kwaad.

- Bij grondkanaalventilatie zoals beproefd, is voorverwarming van de lucht tot 5°C noodzakelijk omdat anders de lucht te koud bij de dieren komt. De voorverwarming kan plaatsvinden op de centrale gang. Bij anders uitgevoerde grondkanalen, waarbij de lucht onder de dichte ligvloer van de dieren doorstroomt, kan conditionering plaatsvinden in deze ondergrondse luchtkanalen door warmte-uitwisseling met de grond, wat energetisch gunstiger is.
- Het systeem grondkanaalventilatie heeft storingsvrij en bedrijfszeker gefunctioneerd.
- De stofconcentratie in de afdelingen voor drachtige zeugen met plafondventilatie waarin het onderzoek is uitgevoerd ligt ongeveer op het niveau van voorgestelde grenswaarden die voor mensen acceptabel worden geacht. In de afdelingen met grondkanaalventilatie zijn ze hoger. Verlaging van het ventilatieniveau bij grondkanaalventilatie had geen aantoonbare invloed op de stofconcentratie.
- Het ontwikkelde theoretische model ondersteunt de resultaten uit de praktijkproef. Het model is geschikt als hulpmiddel om voorspellingen te doen wat betreft binnenklimaat en energiegebruik. Dit geldt ook voor qua opzet vergelijkbare systemen bij andere diercategorieën.
- De energiekosten per zeugenplaats per jaar (bij toepassing van voorverwarming tot 5°C door middel van centrale-gangverwarming) zijn berekend op f 13,89 bij plafondventilatie. Bij grondkanaalventilatie met traditionele ventilatie-instellingen is dit f 12,93. Er is dan geen verwarming in de afdeling nodig. Bij plafondventilatie zonder toepassing van centrale-gangverwarming kan het bedrag worden verlaagd naar f 9,85 per zeugenplaats per jaar. Er is in dat geval echter wel afdelingsverwarming nodig.
- De verschillen in investeringskosten tussen grondkanaalventilatie en plafondventilatie zijn gering.

LITERATUUR

- Anonymus 1993. *Handboek voor de Varkenshouderij*. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Afdeling Varkenshouderij, Publicatie nr. 37, Rosmalen
- Boleij, J., E. Buringh, D. Heederik en H. Kromhout 1995. *Occupational hygiene of chemical and biological agents*. Elsevier, Amsterdam.
- Brinkhorst, L.J. 2000. *Dummy begroting - Bijlage bij brief aan de kamer, 4-5-2000*
- Donham, K. en D. Cumro 1999. *Setting maximum dust exposure levels for people and animals in livestock facilities*. In: Congress proceedings of the international symposium on dust control in animal production facilities; May 30th - June 2nd, pp. 93-110. Århus, Denmark.
- Heber, A.J., M. Stroik, J.L. Nelssen en D.A. Nichols 1988. *Influence of environmental factors on concentrations and inorganic content of aerial dust in swine finishing buildings*. In: American Society of Agricultural Engineers (31), nr. 3, pp. 875-881.
- Hoste, R. 1995. *Oorzaken van verschillen in energieverbruik op varkensbedrijven*; Publicatie 3.161, Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO), Den Haag
- Klooster, C.E. van 't, et al. 1989. *Klimaatnormen voor varkens*. Proefverslag P 1.43, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen.
- Klooster, C.E. van 't, P.F.M.M. Roelofs, G.P. Binnendijk en M.J.M. Duijf 1991. *Verlagen van stofgehalte van de lucht in varkensstallen; resultaten anno 1991*. Proefverslag P 1.70, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen.
- Kwantitatieve Informatie voor de Veehouderij 1999 - 2000 (KWIN) 1999*. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad.
- Ouwerkerk, E.N.J. van 1999. *ANIPRO klimaat- en energiesimulatiesoftware voor stallen*. IMAG Nota V99-109. Wageningen, 87 pp.
- Roelofs, P.F.M.M. en G.P. Binnendijk 2000. *Gezondheidseffecten van stof in varkensstallen en de invloed van een aangepast ventilatiesysteem op de stofconcentratie*. Proefverslag P1.242, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Takai, H., 1987. *Forekomst af støv i svinestalde, samt mulighederne for at reducere støfmængden*. In: proceedings seminar 'Den rullende afprøvnings staldtekniske opgaver, arbejdsmiljø i svinestalde, 16-17 september, Grenå, Denemarken.
- Wagenberg, A.V. van, J.H.C. Rooseboom, A.I.J. Hoofs, M.A.H.H. Smolders en P.F.M.M. Roelofs 2000. *Het praktisch en technisch functioneren van mestpanventilatie in kraamafdelingen*. Proefverslag P1.241, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen

BIJLAGEN

Bijlage 1: Verwerking gemeten stofconcentraties

Met behulp van de Wilk-Shapiro toets (SAS Institute Inc., 1989) is getoetst of de gemeten concentraties stof normaal verdeeld waren. Bij onvoldoende normaliteit ($p < 0,9$) is gecontroleerd of de normaliteit van de logwaarden van de concentraties beter was. Vervolgens zijn de gemeten stofconcentraties per fractie en meetplaats geanalyseerd met behulp van variantie-analyse (PROC GLM, SAS Institute Inc., 1989), met de waarneming als experimentele eenheid. De stofconcentraties zijn berekend en getoetst met behulp van model A.

Model A:

$$Y_{ij} = m + \text{Ronde}_i + \text{Vent}_j + \text{Aant} + \text{Debiet} + \text{Afd}_k + \text{Vent}_j \times \text{Afd}_k + e_{ijk}$$

met:

Y_{ij} = stofconcentratie (mg/m^3)

m = constante

Ronde_i = ronde, met $i = 1, 2, \dots, n$

Vent_j = ventilatiesysteem, met j = plafondventilatie met traditioneel ventilatieniveau, grondkanaalventilatie met traditioneel ventilatieniveau en grondkanaalventilatie met verlaagd ventilatieniveau

Aant = aantal zeugen in de afdeling

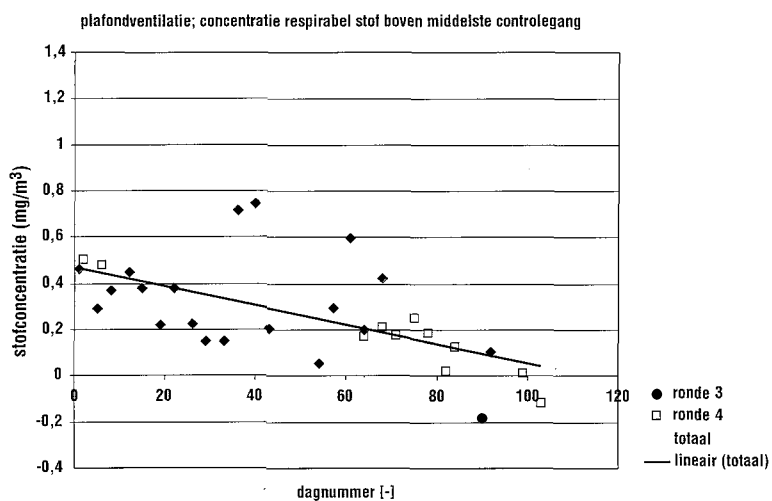
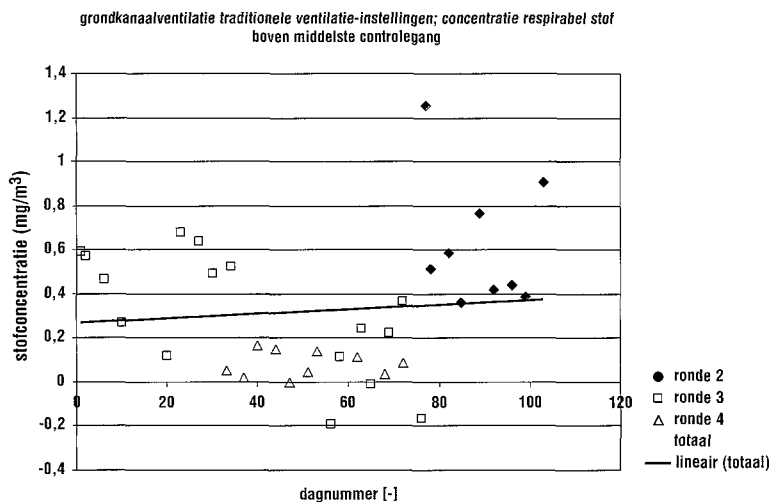
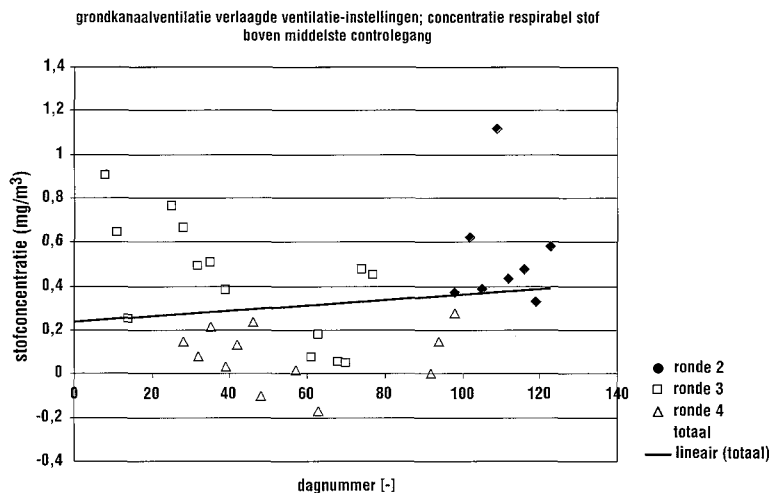
Debiet = werkelijke luchtflow (l/minuut) gedurende de meting

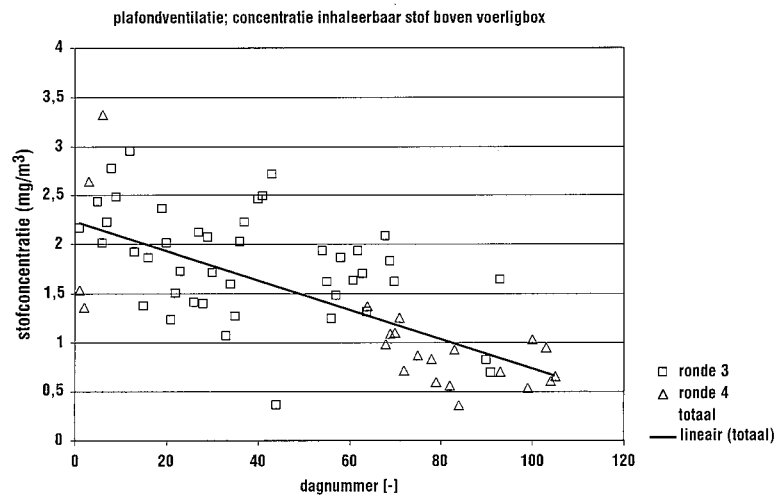
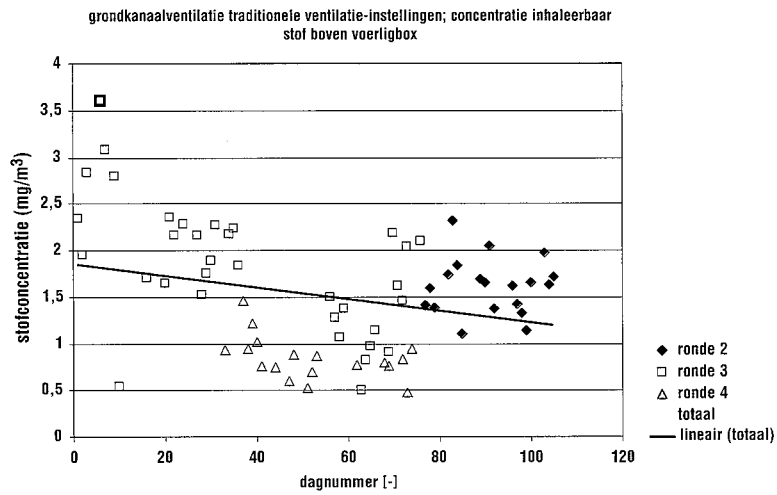
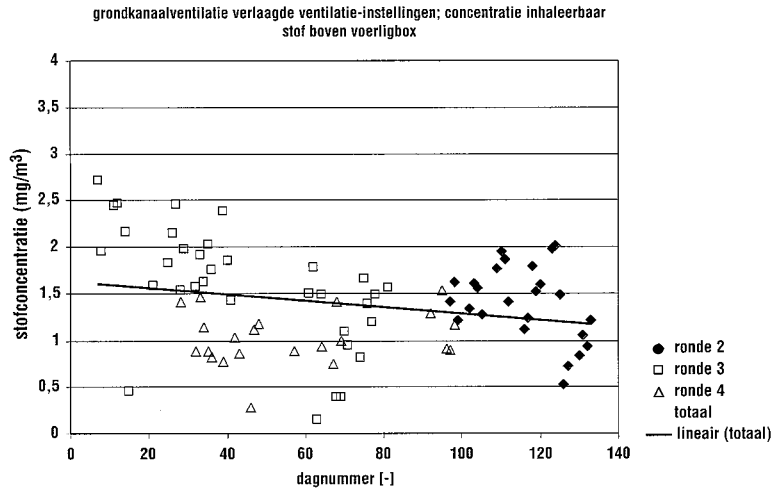
Afd_k = afdeling, met $k = \text{V6V8}, \text{V10V12}$ of Z5Z6

e_{ijk} = restterm

Variabelen die geen significante bijdrage bleken te leveren ($p > 0,1$) zijn uit het model verwijderd. Om de resultaten gemakkelijker te kunnen interpreteren en vergelijken met normwaarden, zijn uit de logwaarden behalve de meetkundige gemiddelde concentraties ook de rekenkundige gemiddelden, conform Boleij et al. (1995), berekend.

Bijlage 2: Gemeten stofconcentraties (respirabel stof boven middelste controlegang en inhaleerbaar stof boven de dieren)





Bijlage 3: Resultaten van berekening voor energiegebruik verwarming en ventilatie¹

	verwarmings- temperatuur (°C)	min. vent. per zeug (m ³ /h)	max. vent. per zeug (m ³ /h)	c.g. verwarming ² (gas)		ventilatie ³ (tr. vent.)		ventilatie ³ (kl. vent.)	
				(m ³)	kosten (f)	(kWh)	kosten (f)	(kWh)	kosten (f)
grondkanaalventilatie verlaagd									
begin dracht ^a	18	14	84	0,7	0,46	13,2	2,65	11,0	2,19
halverwege dracht ^b	16	21	105	1,9	1,28	12,4	2,85	12,4	2,47
eind dracht ^c	16	21	105	2,8	1,87	13,3	2,98	13,3	2,67
leegstand ^d	5	6	6	0,1	0,04	0,8	0,21	0,8	0,17
<i>totaal</i>				5,6	3,65	39,8	8,69	37,5	7,50
grondkanaalventilatie traditioneel									
begin dracht ^a	18	20	120	0,8	0,53	13,5	2,70		
halverwege dracht ^b	16	30	150	2,1	1,40	14,8	2,97		
eind dracht ^c	16	30	150	3,0	1,96	15,7	3,14		
leegstand ^d	5	7,5	7,5	0,1	0,05	1,0	0,21		
<i>totaal</i>				6,0	3,92	45,1	9,01		
plafondventilatie									
begin dracht ^a	18	20	120	1,2	0,81	13,5	2,70		
halverwege dracht ^b	16	30	150	2,5	1,66	15,0	3,00		
eind dracht ^c	16	30	150	3,5	2,28	16,0	3,20		
leegstand ^d	5	7,5	7,5	0,1	0,05	1,0	0,21		
<i>totaal</i>				7,3	4,79	45,5	9,10		

1 de berekeningen zijn uitgevoerd met de statische energiebalans over een afdeling met grondkanaalventilatie en plafondventilatie met voorverwarming op de centrale gang tot 5°C. De voorverwarming heeft tot gevolg dat in de afdeling geen naverwarming meer noodzakelijk is. Voor de berekening van de energiekosten is gerekend met f 0,20 per kWh elektriciteitsgebruik en f 0,66 per m³ aardgas en 20% ketel- en leidingverliezen.

2 gegevens van het buitenklimaat zijn afkomstig uit de graadrentabel (In: Van Ouwkerk, 1999), waarmee het energiegebruik en de energiekosten zijn berekend

3 tegendruk bij maximale ventilatie bij zowel grondkanaalventilatie als plafondventilatie is in de berekening gesteld op 30 Pascal

a gedurende 40 dagen per ronde, warmteproductie per zeug 175 W

b gedurende 40 dagen per ronde, warmteproductie per zeug 200 W

c gedurende 40 dagen per ronde, warmteproductie per zeug 250 W

d gedurende 3 dagen per ronde leegstand en er wordt minimaal geventileerd (5% van maximum)

Bijlage 4: Economische evaluatie

extra kosten bij grondkanaalventilatie

	prijs per eenheid	investering per zeugenplaats	afschrijving (jaar)	rente (5%)	onderhoud (1,4%)	totale jaarkosten
extra plafondisolatie	f 10,- per m ²	f 25,68	f 1,28 (20)	f 0,64	f 0,36	f 2,29
metselewerk	f 70,- per m ²	f 54,60	f 1,37 (40)	f 1,37	f 0,76	f 3,49
extra fundering	f 100,- per m	f 32,50	f 0,81 (40)	f 0,81	f 0,46	f 2,08
betonrooster	f 40,- per m ²	f 10,08	f 0,50 (20)	f 0,25	f 0,14	f 0,90
oplopende vloer	f 60,- per uur (8 uur)	f 20,00	f 0,50 (40)	f 0,50	f 0,28	f 1,28
<i>totaal</i>						<i>f 10,04</i>

minder kosten bij grondkanaalventilatie

	prijs per eenheid	investering per zeugenplaats	afschrijving (jaar)	rente (5%)	onderhoud (1,4%)	totale jaarkosten
gaatjesplafond	f 45,- per m ²	f 115,54	f 5,78 (20)	f 2,89	f 1,62	-f 10,28
<i>extra jaarkosten grondkanaalventilatie</i>						<i>-f 0,24</i>

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN

Proefverslag P 1.235

Haalbaarheid van de ontwerp-GHP-code voor varkensbedrijven. B.G.P. Vlemmix, Bokma-Bakker, M.H., Loo, D.J.P.H. van de en Vesseur, P.C., januari 2000.

Proefverslag P 1.236

Kostprijs van varkensvlees in een aantal EU-landen in 1996 en 1997. L.M.C.J. Kuunders en Mandersloot, F., februari 2000.

Proefverslag P 1.237

Het effect van rogge in vleesvarkensvoer op technische en financiële resultaten, slacht-kwaliteit en gezondheid. M.M. van Krimpen, Plagge, J.G. en Scholten, R.H.J., februari 2000.

Proefverslag P 1.238

Fysieke belasting in de varkenshouderij bij verschillende werkmethoden. E. Hartman, Oude Vrielink, H.H.E. en Roelofs, P.F.M.M., maart 2000.

Proefverslag P 1.239

De gebruikswaarde van de Gezondheidsplanner Varkens onder praktijkomstandigheden. M.H. Bokma-Bakker, Geudeke, Th., Schilder, E.A.M. en Binnendijk, G.P., april 2000.

Proefverslag P 1.240

Monitoring van het energiegebruik in vleesvarkensstallen bij toepassing van frequentieregelaars op ventilatoren. A.V. van Wagenberg en Hoofs, A.I.J., april 2000.

Proefverslag P 1.241

Het praktisch en technisch functioneren van mestpanventilatie in kraamafdelingen. A.V. van Wagenberg, Roosenboom, J.H.C., Hoofs, A.I.J., Smolders, M.A.H.H. en Roelofs, P.F.M.M., mei 2000.

Proefverslag P 1.242

Gezondheidseffecten van stof in varkensstallen en de invloed van een aangepast ventilatiesysteem op de stofconcentratie. P.F.M.M. Roelofs en Binnendijk, G.P., juni 2000.

Proefverslag P 1.243

Effect van eiwitbron in speenvoer op de technische resultaten en gezondheid van biggen. C.M.C. van der Peet-Schwering en Binnendijk, G.P., juni 2000.

Proefverslag P 1.244

Het gebruik van een tarwespecifiek enzym in tarwerijke biggenvoeders. M.M. van Krimpen, Scholten, R.H.J. en Binnendijk, G.P., juni 2000.

Proefverslag P 1.245

Het toevoegen van perspulp aan droogvoer voor vleesvarkens. E.M.A.M. Bruininx, Scholten, R.H.J., Binnendijk, G.P., Roelofs, P.F.M.M., Verdoes, N. en Haaksma, J., augustus 2000.

Proefverslag P 1.246

De invloed van melkzuur op de technische en financiële resultaten en gezondheid van gespeende biggen. M.A.H.H. Smolders, Krimpen, M.M. van, Scholten, R.H.J. en Loo, D.J.P.H. van de, augustus 2000.

Proefverslag P 1.247

INTEGER. Een bedrijfscertificaat met geïntegreerd toezicht voor wet- en regelgeving en minimale markteisen. P.C. Vesseur, Hoff, H.M., Bokma-Bakker, M.H., Mul, M.F., Vleuten, C.W.J.M. van der, Kramer, F.B. en Verhagen, J.M.F., september 2000.

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door *f* 25,- per verslag (m.u.v. P 1.117, deze kost *f* 50,-) over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. Buitenlandse abonnees betalen *f* 30,- per P 1-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én *f* 15,- administratiekosten per bestelling (m.u.v. P 1.117, deze kost *f* 75,-). Ook bestaat de mogelijkheid een abonnement te nemen op de proefverslagen voor *f* 300,- per jaar. Buitenlandse abonnees betalen *f* 375,- per jaar.