

Optimaal klimaat en
energiebesparing in de kraamstal:
Vloerkoeling voor zeugen



November 2005



PraktijkRapport Varkens 44

Optimaal klimaat en energiebesparing in de kraamstal: Vloerkoeling voor zeugen

November 2005



Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.po.asg@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

© Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

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

Bestellen

ISSN 1570-8608
Eerste druk 2005
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

Referaat

Kraamzeugen hebben moeite hun lichaamswarmte aan de omgeving af te geven. Koelen van de vloer onder de zeug ("cool-sow" vloersysteem) verhoogt het thermische comfort. In dit praktijkonderzoek is vastgesteld dat kraamzeugen op het *cool-sow* systeem gemiddeld 12% hogere voeropname hebben en 8% zwaardere biggen bij het spenen. Het liggedrag van de zeug veranderde niet. De warmte uit de vloer kan via een warmtepomp gebruikt worden voor stalverwarming. De economische betekenis van de verbeterde technische resultaten dient hoger te zijn dan € 5,- per productieve zeug per jaar.

ISSN 1570-8608

A.V. van Wagenberg, P.J.P.W. Claessen, G.P. Binnendijk (Praktijkonderzoek)

Optimaal klimaat en energiebesparing in de kraamstal: het *cool-sow* vloersysteem (2005)

PraktijkRapport 44

20 pagina's, 10 figuren, 10 tabellen

Trefwoorden:

Koeling, vloerkoeling, kraamzeugen, thermisch comfort, voeropname, energiebesparing, warmtepomp



ANIMAL SCIENCES GROUP

WAGENINGEN UR

PraktijkRapport Varkens 44

Optimaal klimaat en energiebesparing in de kraamstal: Vloerkoeling voor zeugen

A.V. van Wagenberg
P.J.P.W. Claessen
G.P. Binnendijk

November 2005

Voorwoord

De Animal Sciences Group van Wageningen UR is steeds op zoek naar innovatieve en duurzame huisvestingsystemen. Hierbij proberen we ondermeer de volgende items geïntegreerd op te lossen: welzijn dier, arbeid(somstandigheden), gezondheid, economie en milieu. Het *cool-sow* vloersysteem voor kraamzeugen is een voorbeeld van een innovatieve aanpassing in de huisvesting van kraamzeugen met een laag energiegebruik en met meer thermisch comfort voor de dieren. Dit onderzoeksrapport toont aan dat het systeem technisch uitvoerbaar is en perspectief biedt. Het onderzoek zal worden voortgezet om te bepalen of de verhoogde voeropname in de kraamstal (die tijdens het onderzoek is vastgesteld) tot uiting komt in productietechnische voordelen van de nakomelingen en betere reproductieresultaten van de zeugen. Op basis van die uitkomsten wordt bepaald of het *cool-sow* systeem een economisch verantwoorde investering is.

Ik wil het Productschap voor Vee en Vlees (PVV) en Nooyen Roosters bedanken voor de financiering van dit onderzoek en de constructieve samenwerking. Het PVV en Nooyen Roosters financieren ook het vervolgonderzoek.

N. Verdoes
Clustermanager Huisvesting en Techniek

Samenvatting

De temperatuur in de kraamstal is in de praktijk meestal tussen de 22 en 27 °C. Hierbij kan de zeug haar lichaamswarmte moeilijk aan de omgeving afgeven wat kan leiden tot een verminderde voeropname van de zeug. Dit heeft een lagere melkproductie en dus een lagere biggengroei als gevolg. Ook neemt hierdoor het gewicht- en conditieverlies van de zeug gedurende de lactatie toe, waardoor de reproductieresultaten van de zeug en de grootte van de opvolgende worp negatief kunnen worden beïnvloedt. Het koelen van de vloer waarop de zeug ligt, is een maatregel die de warmteafgifte door geleiding verhoogt en daarmee bijdraagt aan verhoging van het thermische comfort van de zeug. Zo'n gekoelde vloer wordt in dit rapport *cool-sow* systeem genoemd. In dit onderzoek is vastgesteld wat het effect is van het *cool-sow* systeem op de productieresultaten van zeug en biggen in de kraamstal, en tevens wat het effect is op het liggedrag van de zeugen. Tenslotte is berekend of het inzetten van een warmtepomp economisch rendabel is als schakel tussen het *cool-sow* systeem en de stalverwarming.

Het onderzoek is uitgevoerd in één afdeling met twaalf kraamhokken gedurende vijf ronden, verdeeld over najaar, voorjaar en zomer. Alle kraamhokken waren voorzien van het *cool-sow* systeem. Per hok was de koeling aan of uit te zetten. In zes van de twaalf hokken werd de vloer onder de zeug gekoeld gedurende de gehele kraamperiode, in de overige 6 hokken niet (referentie). De vloer in de zeugenbox was voorzien van een stalen rooster met coating (3 mm Plastisol coating), met onder de schouder van de zeug een koelcircuit. De koelwatertemperatuur was ingesteld op 17 °C. De proefafdeling was voorzien van mestpannen. Verse lucht stroomde door het grondkanaal tussen de mestpannen en de betonnen ondervloer van de afdeling. Via smalle luchtinlaatgangetjes aan beide zijden in de afdeling kwam de lucht omhoog, en stroomde deels onder de troggen door direct naar de neuzen van de zeugen. Het ondergrondse kanaal zorgde ervoor dat de lucht werd geconditioneerd.

In totaal zijn 60 zeugen gevolgd in dit onderzoek. Er zijn vooral 2^{de} tot 5^{de} worps zeugen geselecteerd om de variatie in voeropname te beperken (bij oudere worps zeugen is de kans op variatie in voeropname groter). Vanaf inleg in het kraamhok tot het spenen werd aan de zeugen twee maal daags voer verstrekt in een klepelbak. Dagelijks werd op basis van de gerealiseerde voeropname de voergift al dan niet bijgesteld.

De zeugen die op het *cool-sow* systeem lagen, namen duidelijk meer voer op tijdens de kraamperiode. Gemiddeld lag de voeropname van die zeugen 0,6 kg per dag hoger dan van de zeugen in de referentiehokken. De biggen die zijn gezoogd door zeugen op het *cool-sow* systeem waren groeiden ruim 20 gram per dag harder, en waren bij een vergelijkbare duur van de zoogperiode daardoor 0,6 kg zwaarder bij spenen. Er was geen verschil in gewichtsverlies van de zeugen tijdens de zoogperiode, en er was ook geen effect op de uitval van biggen. Uit analyses per ronde blijkt dat tijdens de vijf ronden zeugen op het *cool-sow* systeem meer voer opnamen, dus niet alleen tijdens warme rondes. De lighoudingen en -posities verschilden niet noemenswaardig tussen de twee proefbehandelingen. Energiemetingen tonen aan dat door de koeling gemiddeld 58 Watt per zeug via de vloer werd afgevoerd. Dit is zo'n 10 tot 25% van de voelbare warmteproductie van de zeug.

Het koelwatersysteem inclusief regeling, warmtepomp, warmtewisselaar in de bodem en koppeling met het verwarmingssysteem vergt circa € 473,- extra investeringskosten per kraamhok. Een deel van deze meerkosten kan worden terugverdiend door de energiebesparing. Daarnaast zijn betere reproductieresultaten van de zeugen en betere technische resultaten van de biggen als gespeende big en vleesvarken, ter waarde van minimaal € 5,- per productieve zeug per jaar, noodzakelijk om het systeem terug te verdienen. In vervolgonderzoek in 2006/2007 worden de productietechnische voordelen onderzocht, op basis waarvan berekend kan worden of het *cool-sow* systeem een economisch verantwoorde investering is.

Summary

The actual temperature in a farrowing room is mostly between 22 and 27 °C. At these temperatures the sow has problems giving off body heat to her environment, resulting in a reduced feed intake by the sow. This causes a reduced milk production by the sow, resulting in a reduced growth of the piglets. Furthermore, this causes an increased weight loss of the sow during lactation, resulting in reduced reproductive performance and a reduced subsequent litter size. Cooling of the floor under the sow is a measure to increase the body heat removal by conduction, thereby contributing to the thermal comfort of the sow. In this report such a cooled floor is called *cool-sow* system. In this study the effect of the *cool-sow* system on the productivity of the sow and her piglets in the farrowing room is determined. Also the effect of the *cool-sow* system in the lying position of the sow in the farrowing crate was determined. Finally, theoretical calculations are used to determine the possibility of using a heat pump between the *cool-sow* system and the room heating in the pig house.

The research was done in one room with 12 farrowing pens during in autumn, spring and summer. All pens were equipped with the *cool-sow* system, and per pen the cooling could be switched off. In 6 out of 12 pens the cooling was on during the whole farrowing batch, in the other 6 the cooling was off (reference pens). The floor under the sow consisted of an iron slats with a plastic coating (3 mm Platisol coating), and under the shoulder of the sow there was a cool water circuit. The water temperature was set at 17 °C. The experimental room was equipped with manure trays and under floor ventilation. Fresh air entered the room from a cellar through small air-inlet alleys in front of the pens, and reached the noses of the sows directly via openings under the through. The air inlet cellar caused the inlet air to be heated or cooled.

In total 60 sows were in the study. Mainly sows with a parity number between 2 and 5 were selected to minimize the variation in feed intake (sows with a high parity number show more variation in feed intake). The sows received feed twice a day. Daily the feed intake was observed, what was a basis for the decision whether or not adjusting the feed gift.

The sows on the *cool-sow* system had clearly a higher feed intake during the farrowing period. On average the feed intake increased with 0.6 kg per sow and day compared to the reference sows. The piglets of these sows grew 20 gram per piglet and day faster, resulting in 0.6 kg heavier weight at weaning. There was no effect on the loss of bodyweight of the sow or on mortality of the piglets. The sows on the *cool-sow* system showed a higher feed intake during all 5 batches, not only during warm batches. The laying position of the sow was hardly affected by the *cool-sow* system. The *cool-sow* system removed on average 58 Watt of warmth from the sow's body. This is between 10% and 25% of the sensible heat production of the sow.

The cool system, including the control, pump, energy storage in the ground and connection to the heating system cost circa € 473,- per farrowing pen. To recover a part of these costs there are savings on energy costs for heating. But better reproduction results and better performance of the piglets as weaned piglet and as growing-finishing pig, with a minimal value of € 5,- per productive sow per year, are necessary to recover all the extra costs. In a follow-up study in 2006/2007 these advantages will be quantified. With these data it can be calculated whether the *cool-sow* system is an economical interesting investment.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Proefbehandelingen.....	2
2.2	Proefopzet en proefindeling	3
2.3	Voeding en drinkwaterverstrekking	3
2.4	Huisvesting en klimaat	4
2.5	Waarnemingen en verwerking van de gegevens	5
3	Resultaten	7
3.1	Technische resultaten van zeugen en biggen	7
3.2	Veterinaire behandelingen en uitval	8
3.3	Liggedrag en houding van de zeugen.....	9
3.4	Klimaatparameters.....	11
3.5	Energieopbrengst uit het <i>cool-sow</i> systeem.....	12
3.6	Energiegebruik bij toepassing van een warmtepomp	12
3.7	Economisch perspectief	15
4	Discussie	16
5	Conclusies	17
	Bijlagen	18
Bijlage 1	Verband tussen buitentemperatuur, energievraag/energieaanbod en productiestadium/leeftijd van de dieren zoals gebruikt bij de berekening	18
Bijlage 2	List of tables and figures	19
	Literatuur	20

1 Inleiding

De temperatuur in de kraamstal is in de praktijk meestal tussen de 22 en 27 °C (Van Wagenberg et al., 2000a) en daarmee een compromis tussen de behoefte van de zeug en de behoefte van de biggen (Makkink et al., 1994). Door de relatief hoge ruimtetemperatuur kan de zeug haar lichaamswarmte moeilijk aan de omgeving afgeven. Dit heeft productietechnisch een aantal nadelen. Zo kan een hoge ruimtetemperatuur leiden tot een verminderde voeropname, met als gevolg een lagere melkproductie en dus een lagere biggengroei en een toenemend gewichts- en conditieverlies van de zeug gedurende de lactatie (Quiniou en Noblet, 1999). Ook heeft de voeropname in de kraamstal invloed op de reproductieresultaten van de zeugen. Lage voeropnames kunnen leiden tot verlenging van het interval spenen tot de eerste inseminatie en hebben negatieve invloed op de grootte van de volgende worp (Mullan, 1991; Koketsu et al., 1996a; Prunier et al., 1997; Schoenherr et al., 1988).

Er kunnen maatregelen genomen worden om het microklimaat rondom de zeug koeler te maken en haar zodoende meer thermisch comfort te bieden (Bockisch et al., 1999), zonder nadelige effecten voor de biggen. Normaal gesproken geeft een zeug via convectie, straling en geleiding warmte af aan haar omgeving (Serres, 1992). Het koelen van de vloer waarop de zeug ligt, is een maatregel die de warmteafgifte door geleiding verhoogt. In een eerder oriënterend onderzoek bleek dat koelen van de vloer in de kraambox onder de schouder van de zeug praktisch en technisch perspectief biedt. De energieafvoer per zeug varieerde tussen de 70 en 110 Watt per dier, zo'n 20 tot 30% van de voelbare warmteproductie (Van Wagenberg et al., 2000b). De vloer voorzien van een koelcircuit onder de zeug wordt in dit rapport verder aangeduid als het *cool-sow* systeem.

De warmte van de zeug kan via een warmtepomp opgewaardeerd worden en gebruikt voor vloerverwarming in het biggenest of voor verwarming in de biggenopfok. Hiermee ontstaat een duurzaam energiesysteem en kan bespaard worden op energiekosten.

De hierboven genoemde aspecten zijn onderzocht, met als doelstellingen:

- vaststellen in een praktijkonderzoek wat het effect is van het *cool-sow* systeem op de productieresultaten van zeug en biggen in de kraamstal;
- vaststellen in een praktijkonderzoek wat het effect is van het *cool-sow* systeem op het liggedrag van de zeugen;
- met berekeningen nagaan wat het energetische en economische rendement is van een warmtepomp als schakel tussen het *cool-sow* systeem en het verwarmingssysteem.

2 Materiaal en methode

Het onderzoek is uitgevoerd op Praktijkcentrum Sterksel met in totaal 60 zeugen, verdeeld over vijf rondes in één afdeling. De rondes zijn verspreid in de tijd opgelegd, verdeeld over najaar, voorjaar en zomer. De eerste ronde liep van medio september tot en met eind oktober 2004. Rondes 2 tot en met 5 zijn aansluitend aan elkaar gedraaid, in de periode medio april tot en met eind september 2005.

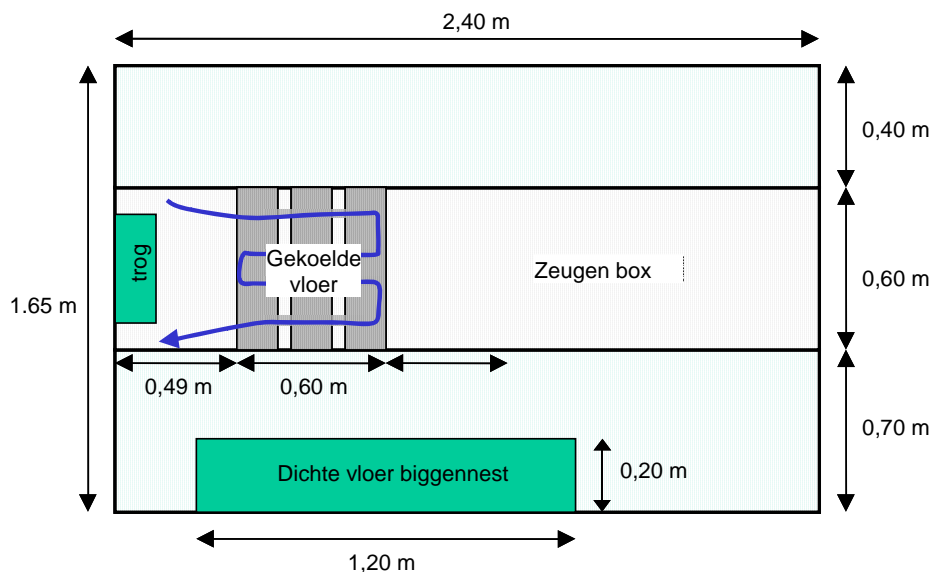
2.1 Proefbehandelingen

In één kraamafdeling voor 12 zeugen waren alle kraamhokken voorzien het *cool-sow* systeem. Per hok was de koeling aan of uit te zetten. De proefbehandelingen die zijn vergeleken waren dus:

1. De koeling was de gehele kraamperiode uitgeschakeld (referentie).
2. De koeling was de gehele kraamperiode ingeschakeld (*cool-sow* systeem).

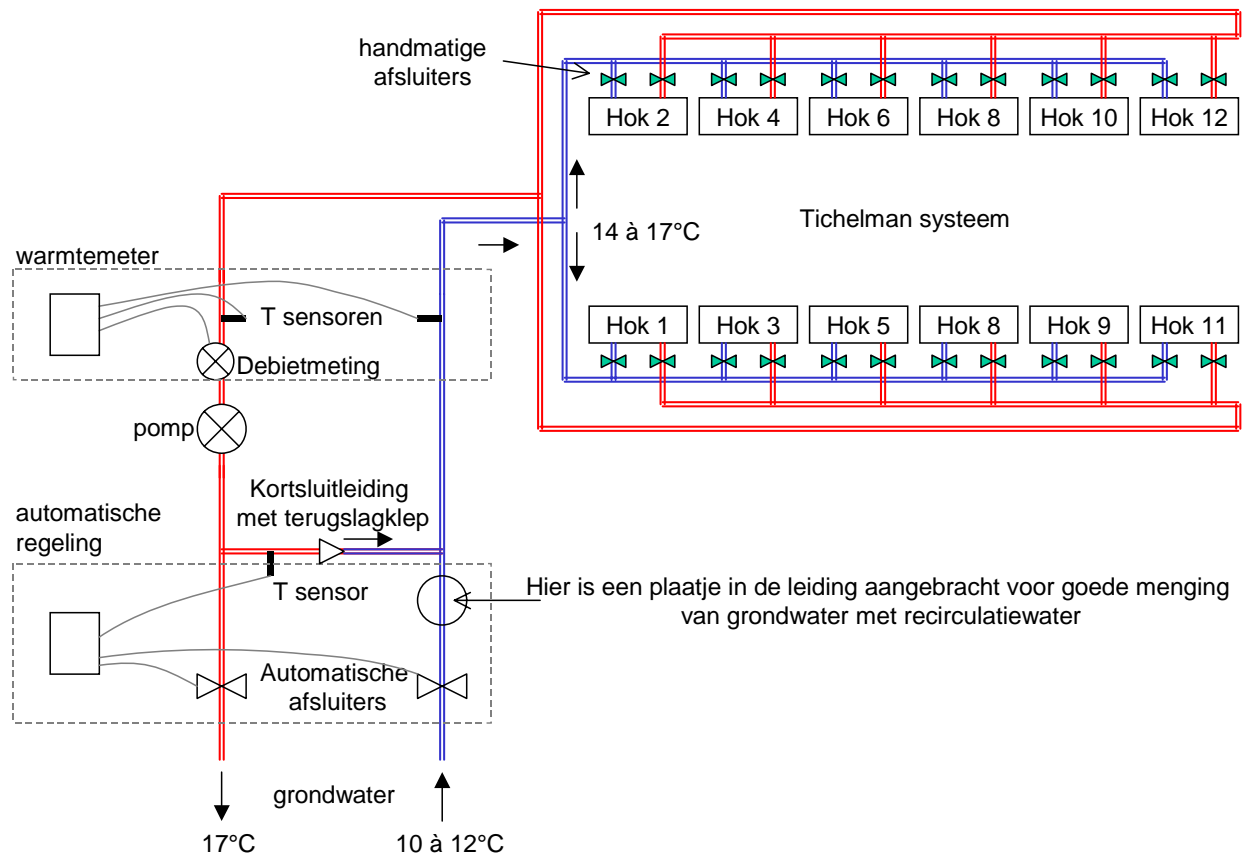
De koeling werd ingeschakeld op de dag nadat de zeugen in het kraamhok kwamen.

Figuur 1 Schematisch bovenaanzicht van kraamhok met het *cool-sow* systeem



In de zeugenbox lag een stalen rooster met coating (3 mm Plastisol coating), dat ter hoogte van het te koelen gedeelte was voorzien van dichte platen. Onder deze platen waren pijpen gelast (22 mm buitendiameter) waar het koelwater doorheen stroomde. De plaats was zodanig gekozen dat de zeug alleen met het voorste deel van het lichaam hierop kon liggen. Hiermee werd voorkomen dat de uier gekoeld werd. Wanneer de koeling was ingeschakeld werd water met een temperatuur van circa 17 °C in het vloercircuit gepompt. Deze temperatuur was gebaseerd op eerder oriënterend onderzoek met vloerkoeling bij zeugen (Van Wagenberg et al., 2000a). Uit oriënterende metingen met een infrarood temperatuursensor bleek dat de gekoelde vloeren waar de dieren net opgelegd hadden een oppervlaktetemperatuur hadden van tussen de 21° en 23°C, terwijl deze bij ongekoelde vloeren tussen de 26 en 28 °C lag.

Het schematische ontwerp van het koelcircuit staat in figuur 2. De rondpumpsnelheid was ongeveer 20 liter per minuut, dus per hok zo'n 3,3 liter per minuut. Het temperatuurverschil tussen het water in de aanvoerleiding en de afvoerleiding van de hokken was gering (maximaal enkele tienden van graden). De vloeren waren parallel aangesloten aan het koelcircuit volgens het Tichelman systeem, waardoor alle vloeren dezelfde hoeveelheid koelwater kregen. In het circuit was een kortsluitleiding opgenomen met een terugslagklep. De automatische regeling was zodanig ingesteld dat de afsluiters openden bij een watertemperatuur van 17 °C in de kortsluitleiding. Op dat moment kwam er kouder grondwater (10 à 12 °C) in het circuit. Direct na de automatische afsluiter (aan de aanvoerszijde) was in de leiding een plaatje geplaatst om de doorstroming van het grondwater te remmen. In dit plaatje zat een gaatje van ongeveer 10 mm, dat zorgde voor menging van het warme water uit de kortsluitleiding met het koude grondwater. De afsluiters gingen weer dicht zodra de temperatuur in de kortsluitleiding onder de 17°C kwam. Ten behoeve van het onderzoek kon de koeling per hok handmatig aan en uit gezet worden.

Figuur 2 Schematisch overzicht van het koelcircuit in de proefafdeling

2.2 Proefopzet en proefindeling

Iedere ronde zijn uit een groep van circa 40 zeugen met een vergelijkbare verwachte werpdatum 12 zeugen gekozen voor de proef. De gehanteerde criteria bij deze selectie waren: een zo veel mogelijk gelijk worpnummer en een zo gelijk mogelijk gewicht. Omdat verwacht werd dat jongere zeugen minder variatie in voeropname zouden vertonen dan oudere zeugen is gestreefd naar zoveel mogelijk 2^e tot en met 5^e worpszeugen.

De zeugen zijn paarsgewijs opgelegd, dat wil zeggen dat van twee vergelijkbare zeugen de ene zeug aan de ene proefbehandeling is toegekend en de andere zeug aan de andere proefbehandeling. De proefbehandelingen waren voorafgaand aan de ronde geloot over de hokken.

Binnen 48 uur na het werpen van de zeugen zijn de tomen geüniformeerd op gelijke aantallen biggen. Duidelijk zwakke biggen zijn uit de proef gehaald omdat de kans op uitval onevenredig groot werd geacht.

2.3 Voeding en drinkwaterverstrekking

Vanaf inleg in het kraamhok tot het spenen werd aan de zeugen twee maal daags commercieel lactozeugenvoer verstrekt in een klepelbak. Het voer werd verstrekt met een voerinstallatie. Tot circa 1 dag voor het werpen kregen de zeugen 3,4 kg per dag. Vanaf 1 dag vóór tot 1 dag na het werpen was dat ongeveer 1 kg/dag. Vervolgens werd de voergift in ongeveer 10 dagen verhoogd tot maximaal 7 kg per dag. Als de zeugen het voer goed opnamen bleef dit niveau gehandhaafd tot spenen. Aanpassing van het voerniveau vond plaats op basis van de gerealiseerde voeropname van de zeug. Dagelijks werd een half uur voor de voerstart de hoeveelheid voer in klepelbak en de trog beoordeeld. Op basis hiervan besloot de dierverzorger de voergift al dan niet te verhogen. Deze strikte werkwijze was noodzakelijk om te voorkomen dat zeugen "overvoerd" zouden raken, waarbij zeugen

gedurende 1 dag een enorme piek in de voeropname laten zien waarna de voeropname instort (Koketsu et al., 1996b).

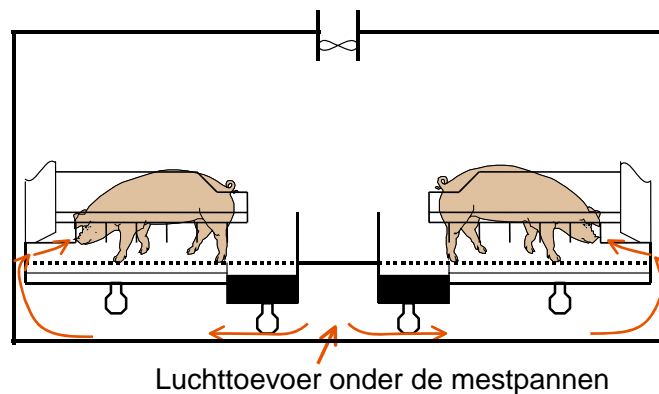
De zuigende biggen werden bijgevoerd vanaf circa 10 dagen leeftijd. Eerst kregen zij een melkrijk product in meelvorm. Wanneer zij dit goed opnamen, werden ze in enkele dagen geleidelijk overgeschakeld op een biggenkorrel tot aan het spenen.

Zeugen en biggen beschikten onbeperkt over drinkwater. De zeugen hadden een nippel in de trog, voor de biggen was er een nippel achter in het hok.

2.4 Huisvesting en klimaat

Het onderzoek is uitgevoerd in één kraamafdeling met twee rijen van zes hokken. De hokken waren 2,4 m lang en 1,7 m breed. De zeugenbox was recht opgesteld en voorzien van een gecoat stalen rooster (3 mm Plastisol coating). De rest van het kraamhok was eveneens voorzien van een gecoat stalen roostervloer, met een dicht gedeelte van 120 x 20 cm voor de biggen. Gedurende 4 tot 7 dagen na de geboorte werd een biggenlamp van 150 Watt gebruikt voor verwarming van het biggenest. Onder ieder kraamhok lag een mestpan waarin de mest werd opgevangen.

Figuur 3 Schematische dwarsdoorsnede van de proefafdeling met mestpanventilatie



De afdeling werd mechanisch geventileerd. Ventilatie en verwarming werden computermatig gestuurd op basis van de gemeten temperatuur op 1,2 m hoogte, ongeveer 2 m van de zijmuur en boven één van de middelste hokken (dus niet boven de hokafscheiding). De verse lucht kwam van buiten via de centrale gang (minimale temperatuur 5 °C) in de stal, en ging vanuit de centrale gang naar de ruimte tussen de mestpannen en de betonnen ondervloer van de afdeling (mestpanventilatie, zie figuur 3). Van daaruit kwam de verse lucht in de afdeling via kleine gangetjes aan weerszijden van de afdeling. Onder de trog door kwam een deel van de verse lucht direct bij de neuzen van de zeugen; een ander deel van de verse lucht kwam in de hokken door over de hokafscheiding te stromen. Het ondergrondse kanaal zorgde ervoor dat de lucht werd geconditioneerd. Indien lucht met een temperatuur onder de 15 °C het ondergrondse kanaal instroomde, werd deze voorverwarmd. Lucht boven de 20 °C werd gekoeld. De gehanteerde klimaatinstellingen tijdens het onderzoek staan in tabel 1.

Tabel 1 Gehanteerde klimaatinstellingen tijdens het onderzoek (P-band ventilatie 5 °C, neutrale zone 2 °C)

	Begin temperatuur ventilatie (°C)	Minimum ventilatie per kraamhok (m ³ /h)	Maximum ventilatie per kraamhok (m ³ /h)	
			Ronde 1 en 2	Ronde 3, 4 en 5 ¹
Voor het werpen	20	42	217	178
Tijdens het werpen	23	42	217	178
Na het werpen	23 – 20	42	217	178 - 198 ²

¹ géén geplande verlaagde maximum ventilatie in kader van het onderzoek

² geleidelijke overgang in 7 dagen

2.5 Waarnemingen en verwerking van de gegevens

Tijdens het onderzoek zijn de volgende waarnemingen uitgevoerd en gegevens verzameld.

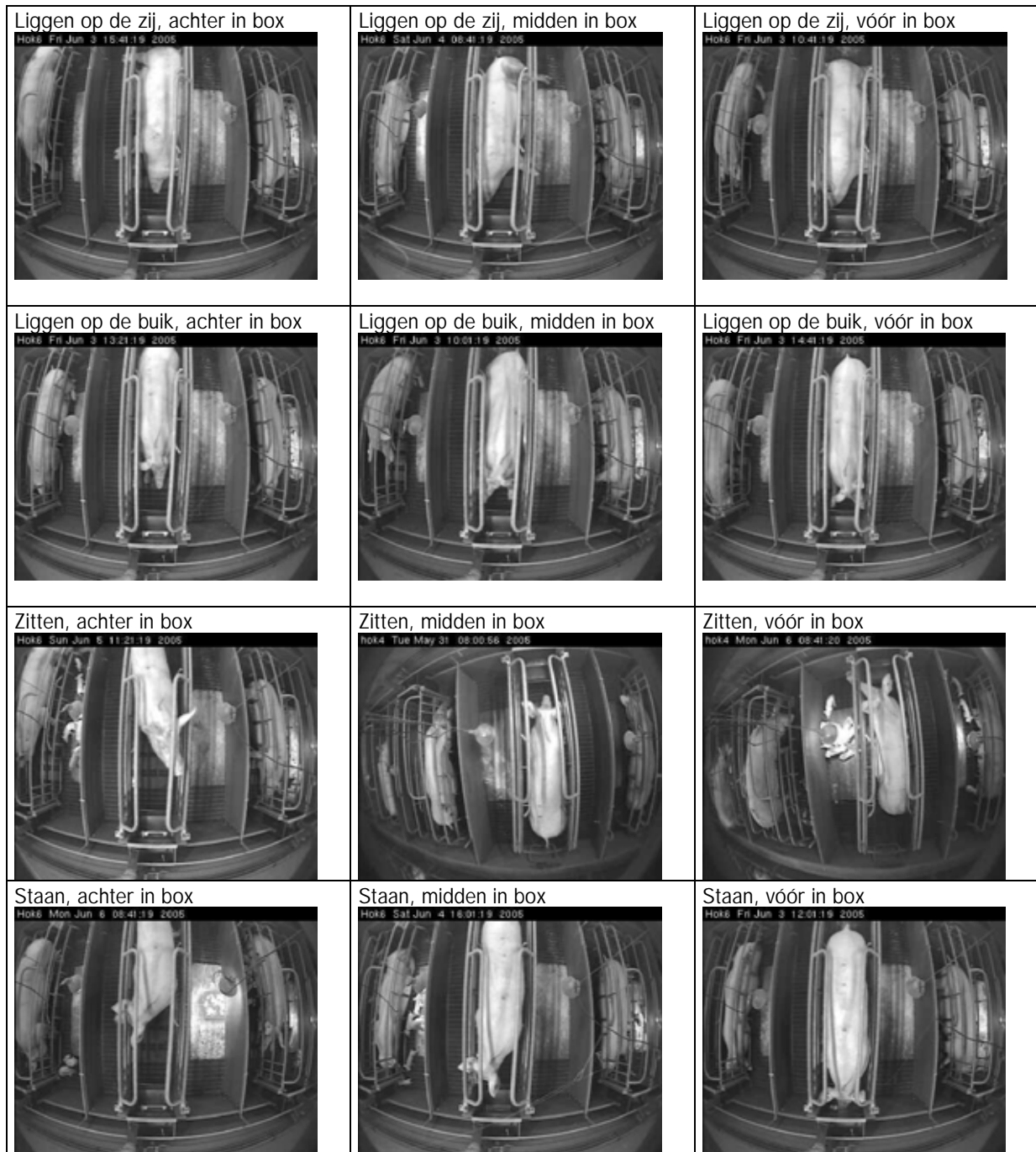
- De productieresultaten van de zeugen (aantal geboren biggen, gewicht van de biggen bij geboorte en spenen) zijn geregistreerd. De zeug is gewogen na het werpen en bij spenen. Ook zijn de verstrekte hoeveelheden voer aan de zeugen en biggen vastgelegd. De groei en voeropname van de biggen en het gewichtsverloop en de voeropname van de zeugen zijn geanalyseerd onder variantie-analyse onder het volgende model:

$$Y = \text{worpnummer zeug} + \text{ronde} + \text{proefbehandeling} + \text{restterm}$$

waarbij Y de te analyseren variabele was. Verder zijn de veterinaire behandelingen van zeugen en biggen en uitval van de biggen (met vermoedelijke redenen) bijgehouden. Deze gegevens zijn geanalyseerd met de Chi-kwadraattoets.

- Gedurende alle ronden zijn ieder uur door de klimaatcomputer buitentemperatuur, ruimtetemperatuur en ventilatiedebiet vastgelegd. Van deze cijfers zijn rondegemiddelden bepaald. In een grafiek is de gemiddelde ruimtetemperatuur per ronde uitgezet tegen de gemiddelde voeropname per ronde, om na te gaan of er een mogelijke relatie was.
- Het liggedrag en de houding van de zeug, met de positie in de box, zijn vastgelegd op videobeelden. Daartoe waren boven acht van de twaalf kraamhokken videocamera's geïnstalleerd. Gedurende de eerste drie ronden is vanaf inleg in het kraamhok tot het spenen iedere 20 minuten een opname gemaakt. Om duidelijke beelden te krijgen in de donkerperiode is tijdens de eerste twee ronden gebruik gemaakt van een IR-straler (deze had geen invloed op het stalklimaat, het opgenomen vermogen was 12 W). Veel beelden uit de donkerperiode waren echter nog steeds onduidelijk. Gedurende de 3^{de} ronde bleef 's nachts één TL lamp branden in het midden van de afdeling, waardoor beelden uit de donkerperiode beter te analyseren waren. Voor liggedrag en houding is onderscheid gemaakt tussen staan, zitten, liggen op de buik en liggen op de schouder (zie figuur 4). Bij de positie zijn vóór, midden en achter in de box onderscheiden. Vóór in de box hield in dat de zeug met tenminste een deel van de neus onder de verhoogde trog lag. Wanneer de zeug met de achterhand tegen de achterkant van de zeugenbox lag, werd dit als 'achter' gescoord. Posities van de zeug die hier tussen lagen vielen in de klasse 'midden'. Liggedrag en houding van de zeugen, en positie in de box, over de totale zoogperiode zijn geanalyseerd onder logistische regressie. Weekgemiddelden zijn in figuren weergegeven.
- Om na te gaan welk effect het *cool-sow* systeem had op de warmtebalans van de dieren is de via de vloeren onttrokken energie elk kwartier gemeten. Tussen ronden (bij lege hokken) is de energieonttrekking ook gemeten. Er was namelijk altijd sprake van enige opwarming van het koelwater door de warme omgeving in de stal, waarvoor later gecorrigeerd is. De gegevens zijn gebruikt om de gemiddelde energieonttrekking in Watt te berekenen. Tevens is het verloop van de energieonttrekking aan de zeug (daggemiddelden) voor de vijf ronden uitgezet in een grafiek.

Figuur 4 Voorbeelden van houding en posities van de zeug in de box zoals vastgelegd tijdens het onderzoek



3 Resultaten

3.1 Technische resultaten van zeugen en biggen

Tijdens het onderzoek zijn twee zeugen voortijdig uitgevallen, beiden in ronde 4. Eén zeug is vlak na het werpen gestorven (in hok met *cool-sow* systeem), de andere zeug had een ernstige baarmoederontsteking en is daardoor ernstig ziek geweest (in referentiehok). De resultaten van deze twee zeugen zijn buiten beschouwing gelaten. In tabel 2 staan de technische resultaten van de zeugen en biggen gedurende de zoogperiode.

Tabel 2 Technische resultaten van zeugen en biggen in de kraamperiode in referentiehokken en in hokken met het *cool-sow* systeem

	Referentie	<i>Cool-sow</i> systeem	SEM ¹	Significantie ²
Aantal zeugen	29	29		
Worpnummer	3,0	3,1		
Totaal geboren biggen	12,8	13,5		
Levend geboren	12,1	12,7		
Doodgeboren	0,4	0,6		
Aantal biggen na standaardisatie	11,2	11,4		
Geboortegewicht biggen na standaardisatie (kg)	1,53	1,55	0,042	n.s.
Lengte zoogperiode (d)	26,4	26,5		
Aantal biggen gespeend	10,6	10,7		
Speengewicht biggen (kg)	7,9	8,5	0,12	**
Groei biggen (g/d)	242	264	4,6	***
Voeropname biggen:				
- melkkorrel (kg/toom)	1,65	1,68	0,010	n.s.
- biggenkorrel (kg/toom)	2,54	2,62	0,190	n.s.
- totaal (kg/toom)	4,19	4,30	0,270	n.s.
- totaal (kg/big)	0,39	0,40	0,024	n.s.
Gewichtsverloop zeugen:				
- gewicht na werpen (kg)	251	251		
- gewicht bij spenen (kg)	223	226	2,0	n.s.
- gewichtsafname (kg)	28	25	2,0	n.s.
- gewichtsafname (%)	11,3	9,9	0,78	n.s.
Voeropname zeugen:				
- van werpen tot spenen (kg)	128,2	145,6	2,85	***
- gemiddeld per dag (kg)	4,9	5,5	0,10	***

¹ SEM = gepoolde standaard error van het gemiddelde (geeft een indicatie van de nauwkeurigheid van de schatting van de gemeten variabele)

² n.s. = niet significant; ** = ($p < 0,01$) ; *** = ($p < 0,001$)

De zeugen die op het *cool-sow* systeem lagen, hebben duidelijk meer voer opgenomen tijdens de kraamperiode. Gemiddeld lag de voeropname van die zeugen 0,6 kg per dag (17,4 kg per zeug in de gehele ronde) hoger dan van de zeugen in de referentiehokken. De biggen die zijn gezoogd door zeugen op het *cool-sow* systeem zijn gemiddeld ruim 20 gram per dag harder gegroeid en waren bij een vergelijkbare duur van de zoogperiode daardoor 0,6 kg zwaarder bij spenen (6,5 kg extra toomgewicht). De opname van vast voer door deze biggen lag op een vergelijkbaar niveau als die van de biggen die gezoogd werden door zeugen in de referentiehokken. Het verschil in gewichtsverlies van de zeugen tijdens de zoogperiode was niet significant. De zeug heeft naar alle waarschijnlijkheid met het extra voer meer melk geproduceerd, zonder zelf extra gewicht te verliezen.

3.2 Veterinaire behandelingen en uitval

De veterinaire behandelingen van de zeugen zijn vermeld in tabel 3.

Tabel 3 Veterinaire behandelingen van zeugen tijdens de zoogperiode in referentiehokken en in hokken met het *cool-sow* systeem

	Referentie	<i>Cool-sow</i> systeem	Significantie ¹
Aantal zeugen	29	29	
Aantal veterinair behandeld	13	7	#
Behandeld per reden:			
- geboortehulp	7	3	n.s.
- baarmoederontsteking	0	3	²
- uierontsteking	2	1	²
- kreupelheden	3	0	²
- diversen	1	0	²

¹ n.s. = niet significant; # = ($p < 0,10$)

² aantallen te laag om te toetsen

Het aantal veterinair behandelde zeugen tendeert ($p=0,10$) naar lager bij het *cool-sow* systeem. Het aantal veterinair behandelde zeugen per reden van behandelen verschilde niet.

In tabel 4 staan de uitval en veterinaire behandelingen van de biggen tijdens de zoogperiode vermeld.

Tabel 4 Uitval en veterinaire behandelingen van biggen tijdens de zoogperiode in referentiehokken en in hokken met het *cool-sow* systeem

	Referentie	<i>Cool-sow</i> systeem	Significantie ¹
Aantal tomen	29	29	
Totaal aantal biggen ²	326	338	
Aantal uitgevallen	21	30	n.s.
Uitval per reden:			
- doodliggen	5	7	n.s.
- doodbijten	4 [§]	0	³
- aangeboren gebreken	1	9	*
- niet levensvatbaar	4	4	n.s.
- achterblijven	3	7	n.s.
- diversen	4	3	n.s.
Aantal veterinair behandeld	15	11	n.s.
Behandeld per reden :			
- kreupelheden	8	9	n.s.
- luchtwegaandoeningen	0	1	³
- streptococcen	6 [#]	0	*
- diversen	1	1	³

¹ n.s. = niet significant; * = ($p < 0,05$)

² De aantallen verschillen tussen de twee proefbehandelingen omdat enkele biggen (bv. biggen met aangeboren gebreken en niet levensvatbare biggen) uitvielen vóór standaardisatie plaatsvond.

³ aantallen te laag om te toetsen

[§] alle vier biggen zijn door dezelfde zeug doodgebeten

[#] van de zes behandelde biggen (streptococcen) betrof het vijf biggen uit dezelfde toom

Er is geen verschil in aantal uitgevallen biggen. Sterfte door aangeboren gebreken betreft vooral biggen met spreidzit. Van de negen gestorven biggen waren er acht afkomstig van twee zeugen. Verder was er geen verschil in aantal uitgevallen biggen per reden. Ook is er geen verschil in het totaal aantal veterinair behandelde biggen. Van de zes biggen die zijn behandeld vanwege streptococcen waren er vijf afkomstig uit één toom. Voor de andere redenen van behandelen was er geen verschil tussen de proefbehandelingen.

3.3 Liggedrag en houding van de zeugen

In tabel 5 staat een overzicht van liggedrag, houding en positie van de zeugen in het kraamhok gedurende de gehele periode.

In de figuren 5 tot en met 7 is het gedrag vóór in het hok over de verschillende weken van de zoogperiode weergegeven.

Tabel 5 Liggedrag, houding en positie in de zeugenbox van zeugen tijdens de zoogperiode in referentiehokken en in hokken met het *cool-sow* systeem (in % van de waarnemingen)

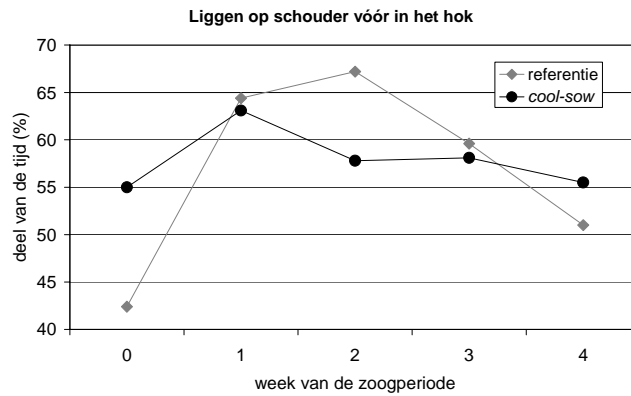
	Referentie	<i>Cool-sow</i> systeem	Significantie ¹
Aantal zeugen	7	10	
Staan:			
- totaal	9,0	8,8	n.s.
- vóór	6,4	7,0	**
- midden	1,5	1,1	
- achter	1,1	0,7	
Zitten:			
- totaal	3,5	3,0	n.s.
- vóór	0,1	0,1	n.s.
- midden	1,8	1,7	
- achter	1,6	1,2	
Liggen op buik:			
- totaal	22,3	22,4	n.s.
- vóór	14,6	13,8	*
- midden	7,3	7,9	
- achter	0,4	0,7	
Liggen op schouder:			
- totaal	65,2	65,8	n.s.
- vóór	60,3	58,8	***
- midden	3,6	5,6	
- achter	1,3	1,4	

¹ n.s. = niet significant; * = ($p < 0,05$); ** = ($p < 0,01$); *** = ($p < 0,001$)

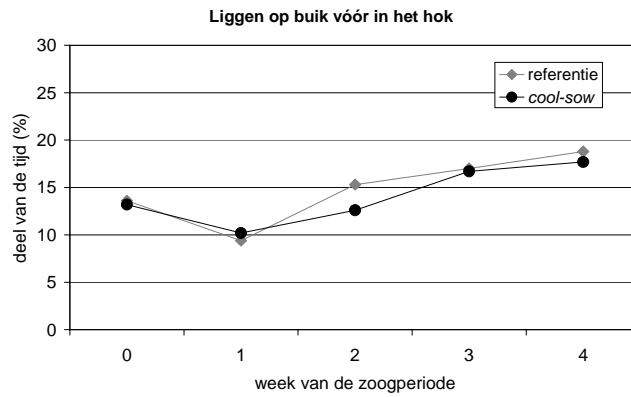
Er is geen verschil in de mate waarin een zeug een bepaalde houding vertoont, dus in de mate van staan, zitten, liggen op de buik en liggen op de schouder, tussen de proefbehandelingen. Wel blijkt dat de houding 'staan' bij de positie 'voor in het hok' hoger is bij het *cool-sow* systeem, wat mogelijk is veroorzaakt doordat deze zeugen meer voer opnamen. Bij de houding 'zitten' is er geen verschil in de mate waarin de zeugen zich vóór, midden of achter in de box bevonden. Zowel bij liggen op de buik als liggen op de schouder is de mate waarin de zeugen vóór in het hok lager bij het *cool-sow* systeem.

Het percentage van de tijd dat de zeug vóór in het hok ligt gedurende de zoogperiode (weekgemiddelden) is weergegeven in de figuren 5 tot en met 7. Het blijkt dat in de week vóór werpen (week 0) het percentage van de tijd dat de zeugen vóór in het hok op de schouder liggen hoger is bij het *cool-sow* systeem dan bij de referentie. In de tweede week van de zoogperiode is dit net andersom, en aan het eind van de zoogperiode (week 4) is dit weer hetzelfde als in week 0. In de overige weken zijn er nagenoeg geen verschillen. Ook de mate waarin de zeugen vóór in het hok op de buik liggen verschilt in de verschillende weken van de zoogperiode niet noemenswaardig tussen de twee proefbehandelingen.

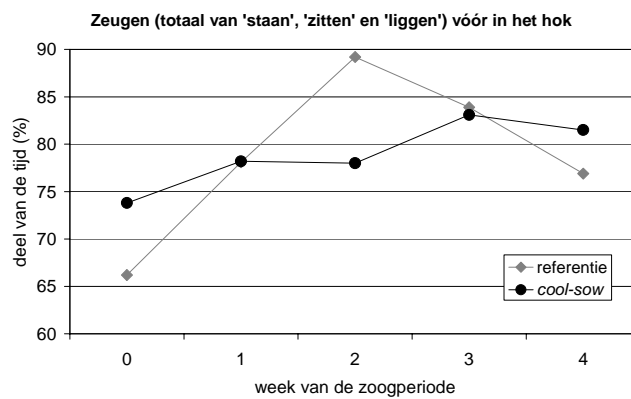
Figuur 5 Het percentage van de tijd dat de zeug vóór in de kraambox ligt op haar schouder in referentiehok en in hok met het *cool-sow* systeem



Figuur 6 Het percentage van de tijd dat de zeug vóór in de kraambox ligt op haar buik in referentiehok en in hok met het *cool-sow* systeem



Figuur 7 Het percentage van de tijd dat de zeug vóór in de kraambox aanwezig is (staan, zitten, liggen) in referentiehok en in hok met het *cool-sow* systeem



3.4 Klimaatparameters

De ruimtetemperatuur, buitentemperatuur en ventilatiedebiet gedurende de verschillende rondes zijn weergegeven in tabel 6.

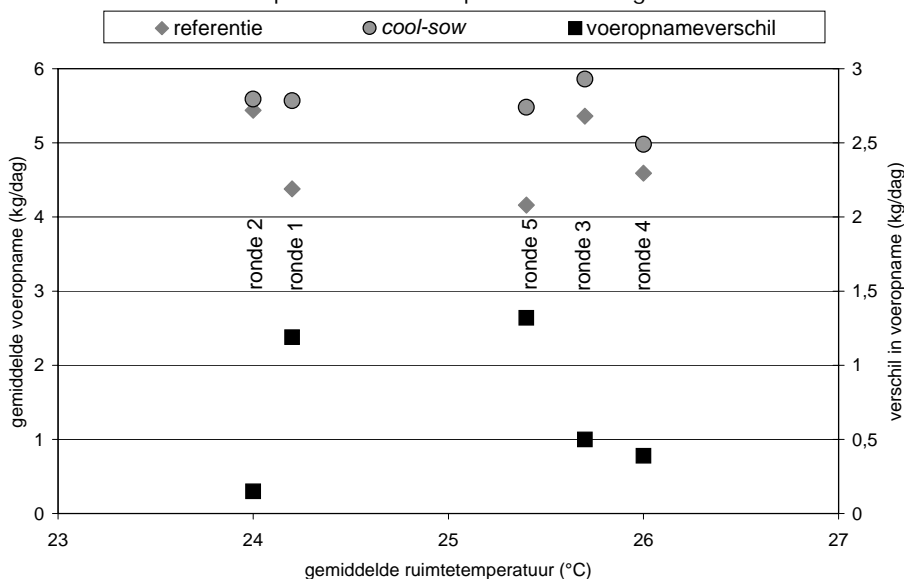
Tabel 6 Karakterisering van enkele klimaatparameters tijdens experimentele rondes (tussen haakjes de standaarddeviatie als maat voor de spreiding)

	Aantal metingen	Ruimte-temperatuur	Ventilatiedebiet (m ³ /uur) afdeling	Ventilatiedebiet (m ³ /uur) per zeug	Buiten-temperatuur
Ronde 1	684	24,2 (0,7)	1813 (338)	151 (28)	12,2 (3,5)
Ronde 2	835	24,0 (1,8)	1674 (521)	140 (43)	11,7 (4,7)
Ronde 3	666	25,7 (2,1)	1945 (410)	162 (34)	17,1 (6,2)
Ronde 4	669	26,0 (2,1)	2069 (331)	173 (28)	18,1 (4,5)
Ronde 5	763	25,4 (1,6)	1966 (396)	164 (33)	17,2 (5,4)

De ruimtetemperatuur blijkt in alle rondes gemiddeld hoger te zijn dan 24°C. Bij deze binnentemperatuur hoort een hoog ventilatiedebiet, kenmerkend voor een afdeling met een hoge interne warmteproductie (met name door zeugen). Omdat het een afdeling met mestpanventilatie betrof, kwam verse lucht direct bij de kop van de zeug de afdeling binnen en was de lucht daar behoorlijk koeler dan de in de tabel weergegeven ruimtetemperatuur. Uit eerder onderzoek bleek deze temperatuur meestal 5 tot 6 °C lager te zijn (Van Wagenberg et al., 2000a).

Om na te gaan welke invloed de ruimtetemperatuur had op de gemiddelde voeropname van de zeugen, zijn in figuur 8 voor de vijf rondes de gemiddelde voeropname en het verschil in voeropname tussen de twee proefbehandelingen uitgezet tegen de gemiddelde ruimtetemperatuur.

Figuur 8 De gemiddelde ruimtetemperatuur tegen de gemiddelde voeropname van de zeugen en het gemiddelde verschil in voeropname tussen de proefbehandelingen



Uit figuur 8 blijkt dat er geen verband is tussen het verschil in voeropname tussen de proefbehandelingen en de gemiddelde ruimtetemperatuur. Tijdens alle rondes is de voeropname bij de zeugen op het *cool-sow* systeem hoger; het *cool-sow* systeem heeft dus niet alleen effect tijdens warme rondes.

3.5 Energieopbrengst uit het *cool-sow* systeem

De energieopbrengst, ontstaan doordat de zeug warmte afgeeft aan het koelwater, is vermeld in tabel 7.

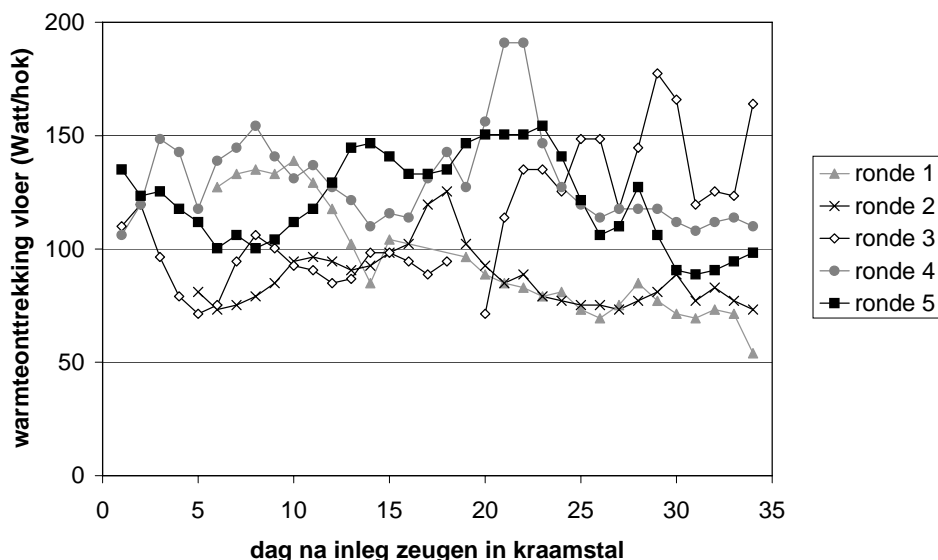
Tabel 7 Energieopbrengst door warmteafgifte van de zeug bij het toepassen van het *cool-sow* systeem

	GJ	dagen	Watt	Bruto Watt/zeug	Watt/zeug (na correctie) ¹
Ronde 1	1,31	29	516	86	37
Ronde 2	1,36	30	524	87	38
Ronde 3	1,92	34	653	109	59
Ronde 4	2,30	34	782	130	81
Ronde 5	2,17	34	739	123	74
gemiddelde	1,81	32	643	107	58

¹ Correctie op basis van metingen aan hokken zonder dieren maar wel warme afdelingen, gemiddeld 49 W/hok

De totale warmteproductie van kraamzeugen kan oplopen tot 700 Watt, waarvan normaal gesproken (bij binnentemperaturen tussen 20 en 25 °C) zo'n 50% voelbare warmteproductie is (afkoeling van het lichaam door opwarming van lucht en vloer). De rest betreft latente warmteproductie door verdamping van water via de ademhaling en door de huid. Via het *cool-sow* systeem wordt dus zo'n 10 tot 25% van de voelbare warmteproductie van de zeug afgevoerd. Dit is lager dan de eerder gevonden 70 – 110 Watt (Van Wagenberg et al., 2000b). Reden hiervoor is waarschijnlijk dat in het eerdere onderzoek het koeloppervlak groter was, en deels onder het uier was gesitueerd. Dit resulteerde destijds bij minimaal één zeug in uierontsteking. In het *cool-sow* systeem in dit onderzoek was de koeling daarom alléén onder de schouder gesitueerd.

Figuur 9 Het verloop van de warmteonttrekking aan het *cool-sow* systeem gedurende de vijf rondes



In figuur 9 is te zien dat de warmteonttrekking gedurende de ronde vrij gelijkmatig gebeurt. Op gemiddeld 9 dagen na inleg in de kraamstal werden de biggen geboren.

3.6 Energiegebruik bij toepassing van een warmtepomp

De warmte die aan de vloer onttrokken wordt zou via een warmtepomp naar een hoger temperatuurniveau gebracht kunnen worden, waardoor de warmte ingezet kan worden voor stalverwarming. Met een eerder ontwikkelde berekeningmethodiek (van Wagenberg et al., 2001) is voor een zeugenbedrijf met 400 productieve zeugen berekend welke besparing op energiekosten gehaald kan worden.

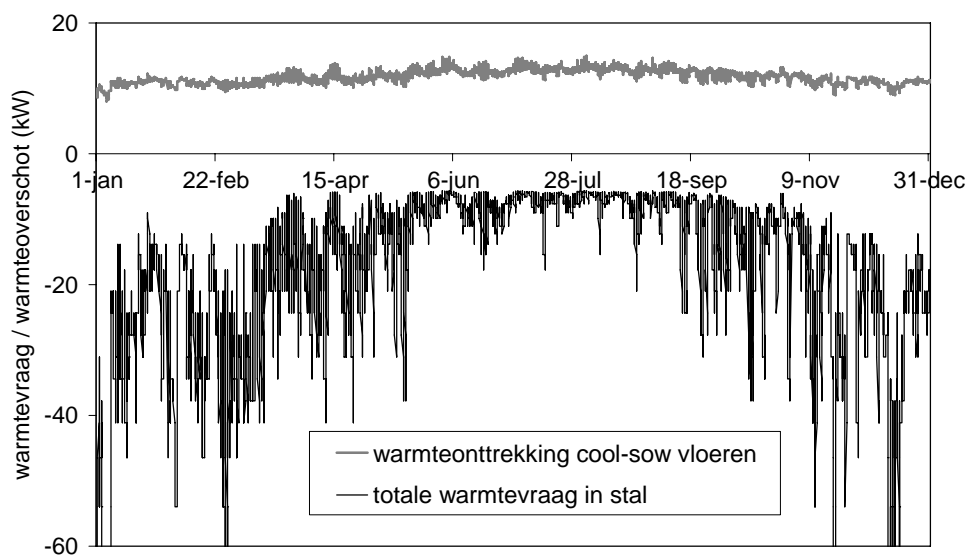
De berekeningmethodiek maakt gebruik van vaste relaties tussen de buitentemperatuur, het productiestadium of de leeftijd van de dieren, en de verwarmingsvraag. De relaties zijn grafisch weergegeven in bijlage 1. De energievraag voor biggennest verwarming, evenals het energieaanbod uit het *cool-sow* systeem is enigszins afhankelijk van de buitentemperatuur (beide variëren van 80 tot 150 Watt). In de berekening is uitgegaan van een bedrijf met 400 productieve zeugen met 80 kraamhokken voorzien het *cool-sow* systeem en met een continu gelijke bezetting met dieren (tabel 8).

Tabel 8 Aangenomen gemiddeld aantal aanwezige dieren en productiestadium/leeftijd op een bedrijf met 400 zeugen

Zeugen		Gespeende biggen	
Productiestadium	Aantal dieren	Leeftijd	Aantal dieren
Kraamzeug (voor werpen)	16	5 weken	160
Kraamzeug (1 ^{ste} en 2 ^{de} week)	32	6 weken	160
Kraamzeug (3 ^{de} en 4 ^{de} week)	32	7 weken	160
Drachtig	280	8 weken	160
Gust	40	9 weken	160
<i>Totaal</i>	<i>400</i>	10 weken	160
		<i>Totaal</i>	<i>960</i>
Aantal biggennesten verwarmd		16	

Aan de hand van de buitentemperatuur zijn vervolgens met de gegevens uit bijlage 1 en tabel 8 de energievraag voor verwarming en het energieaanbod uit het *cool-sow* systeem vastgesteld. Gegevens van de buitentemperatuur zijn afkomstig van een referentiejaar (Breuer et al., 1991), dat bestaat uit 8 760 uurwaarden van de buitentemperatuur. Deze geven een representatief beeld van het verloop van de buitentemperatuur in Nederland. In figuur 10 staat het resultaat van de berekening op uurbasis voor het bedrijf van 400 zeugen.

Figuur 10 Berekend verloop van de warmtevraag en de warmteonttrekking aan het *cool-sow* systeem gedurende een jaar op een bedrijf met 400 zeugen, met 80 kraamhokken die voorzien zijn van het *cool-sow* systeem



Door in figuur 10 beide lijnen op te tellen wordt duidelijk of het bedrijf netto warmtevraag heeft of netto warmteoverschot. Een groot deel van de warmte uit het *cool-sow* systeem komt vrij terwijl ook stalverwarming nodig is. Een warmtepomp kan dus zeer efficiënt zijn. In de winter is er te weinig warmte beschikbaar uit het *cool-sow* systeem, in de zomer is er vaak meer warmteaanbod uit het *cool-sow* systeem dan warmtevraag. Het is dus noodzakelijk het systeem te koppelen aan een warmteopslagsysteem in de bodem. Zo'n systeem kan een *open* systeem zijn, waarbij grondwater opgepompt en teruggepompt wordt (aquifer) of kan *gesloten* zijn, waarbij een circuit van slangen in de bodem ligt (warmtewisselaar in de bodem). Bij beide systemen is het belangrijk dat op

jaarbasis de hoeveelheid toegevoegde energie door het koelen gelijk is aan de hoeveelheid onttrokken energie voor het verwarmen. In het rekenvoorbeeld hieronder wordt uitgegaan van een warmtewisselaar in de bodem die een koelvermogen kan leveren van maximaal 10 kW.

Uitgangspunt van de energetische berekening is een warmtepomp met een maximale warmteafgifte van 19,2 kW, een maximaal koelvermogen van 15 kW en een COP van 4,5 (1 kWh opgenomen elektrisch vermogen door de warmtepomp levert 4,5 kWh warmte). Daarnaast is in de berekening is uitgegaan van een frequentie geregelde pomp in de warmtewisselaar in de bodem met een gemiddelde opgenomen vermogen van 0,5 kW.

De resultaten van de berekening staan in tabel 9 en worden hieronder kort toegelicht. De totale verwarmingsvraag op het bedrijf bedraagt 148 967 kWh per jaar. De warmtepomp staat alle uren van het jaar aan staan om aan de verwarmingsvraag te voldoen. Op jaarbasis levert de warmtepomp hiervan 64% (95 225 kWh). Indien er weinig warmtevraag is, is er ook een beperkt koelvermogen van de warmtepomp beschikbaar. Op momenten dat er onvoldoende koelvermogen beschikbaar is uit de warmtepomp wordt daarnaast water uit de warmtewisselaar in de bodem gebruikt. Dit komt voor gedurende 4 148 uur per jaar, het elektriciteitsgebruik van de waterpomp hiervoor is 2 074 kWh. Totaal wordt er in dit tijdsbestek 21 095 kWh warmte in de bodem opgeslagen.

Omdat op jaarbasis de hoeveelheid opgeslagen warmte gelijk moet zijn aan de hoeveelheid onttrokken energie, wordt ook weer 21 095 kWh onttrokken op momenten waarop aanvullende stalverwarming nodig is. Via de warmtepomp levert dit 27 123 kWh warmte op. Aangenomen is dat hiervoor de waterpomp 1 500 uur moet draaien. De resterende warmtevraag (26 620 kWh) wordt verkregen door gas te verbranden in een CV ketel

Tabel 9 Berekende jaarlijkse energiestromen, energiegebruik en energiekosten in een zeugenstal met 400 productieve zeugen met conventionele verwarming en warmtepomp i.c.m. het *cool-sow* systeem

	Conventioneel		Warmtepomp met <i>cool-sow</i> systeem	
	Thermische energie	Thermische energie	Benodigde elektrische energie Warmtepomp	Waterpomp
Hoeveelheid warmte (kWh/jaar) die ..				
.. gevraagd wordt voor stalverwarming	148 967	148 967		
.. uit <i>cool-sow</i> systeem via warmtepomp		95 225	21 161	2 074
direct benut wordt voor stalverwarming				
.. in de bodem wordt gestopt tijdens		21 095		
periode met netto warmteoverschot				
.. door de warmtepomp wordt geleverd		27 123	6 027	750
door energie aan de bodem te onttrekken				
.. geleverd moet worden door	148 967	26 620		
gasverbranding in CV ketel				
Jaarlijks energiegebruik				
Gasverbruik (m ³)	16 759	2 995		
Elektra (kWh)			27 188	2 824
Jaarlijkse energiekosten				
Gas kosten ¹	€ 7 456	€ 1 437		
Elektra kosten ²			€ 2 996	€ 311
Totale energiekosten verwarming/koeling	€ 7 456		€ 4 745	

¹ kosten van aardgas zijn € 0,48 per m³ voor de eerste 5 000 m³, daarboven € 0,43/m³ (incl. Ecotax)

² kosten van elektra zijn € 0,11 per kWh (incl. Ecotax)

Zoals te zien is in tabel 8 neemt het gasverbruik aanzienlijk af, maar het elektriciteitsverbruik neemt toe. De kostenbesparing is € 2 711,- per jaar, ofwel € 7,- per productieve zeug per jaar. Aandachtspunt hierbij is dat het temperatuurniveau van het warme water uit de warmtepomp maximaal 50 °C is in plaats van tot 90 °C bij een conventioneel verwarmingssysteem. Het ruimteverwarmingssysteem in de afdelingen systeem zal hierop afgestemd moeten worden.

3.7 Economisch perspectief

Voor een goede inschatting van het economisch perspectief van het systeem dient de economische betekenis van de verbeterde productieresultaten bekend te zijn. Omdat momenteel dit inzicht ontbreekt, is berekend wat deze opbrengsten minimaal moeten zijn om het systeem terug te verdienen. In tabel 10 staan indicatief de meerkosten voor een bedrijf met 400 zeugen, uitgaande van nieuwbouw.

Tabel 10 Indicatieve berekening van de meerkosten van het *cool-sow* systeem voor bedrijf met 400 zeugen

	Investering (€)	Afschrijving (jaar)	Onderhoud (%)	Rente (%)	Jaarkosten (€)
Warmtepomp (warmteafgifte van 20 kW)	5 860	6	2	4	1 211
Besturing	2 500	6	2	4	517
Cool-sow vloeren (€ 25,- per hok)	2 000	20	1	4	160
Leidingwerk en afsluiters (€ 75,- per hok)	8 000	20	1	4	640
Waterpomp + frequentie regelaar	2 500	10	2	4	350
Warmtewisselaar in de bodem (15 kW)	12 500	10	1	4	1 625
Extra Twinbuizen in biggenopfok (€ 3,-/plaats)	2 880	15	1	4	278
Extra Twinbuizen in kraamafdeling (€ 20,-/hok)	1 600	15	1	4	155
Totaal	37 840				4 936
Meerkosten					
Per kraamhok	473				62
Per productieve zeug	95				12

De extra investeringskosten voor het *cool-sow* systeem inclusief warmtepomp en warmtewisselaar in de bodem worden geschat op € 473,- per kraamhok. Hieruit volgen extra jaarkosten van € 12,- per productieve zeug per jaar. De besparing op energiekosten (berekend in de vorige paragraaf) is € 7,- per productieve zeug per jaar. De economische betekenis van de verbeterde technische resultaten dient dus hoger te zijn dan € 5,- per productieve zeug per jaar.

Mogelijk geven de zeugen met een hogere voeropname in de kraamstal betere reproductieresultaten. Verwacht wordt dat een zwaarder speengewicht bij de biggen leidt tot beter technische resultaten als gespeende big en vleesvarkens. In 2006 en 2007 is vervolgonderzoek hierop gericht.

4 Discussie

De discussie van de resultaten is voor een belangrijk deel opgenomen in het vorige hoofdstuk. Hieronder staan discussiepunten met betrekking tot de aanpak en de betekenis van dit onderzoek in een bredere context.

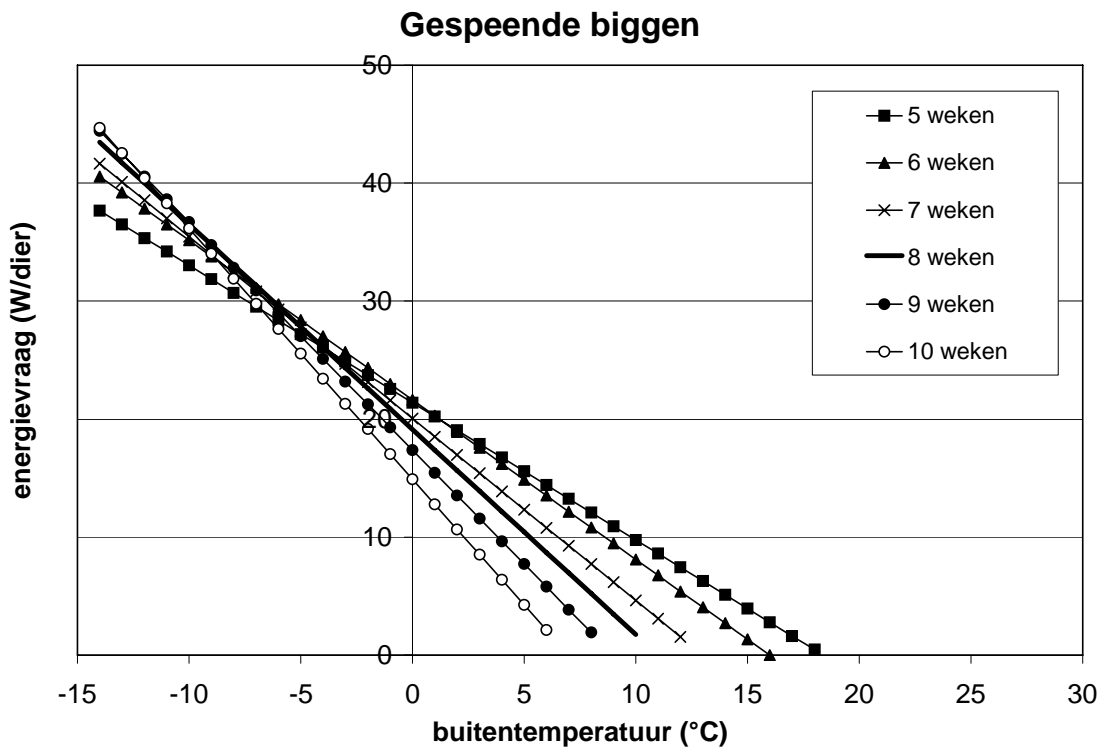
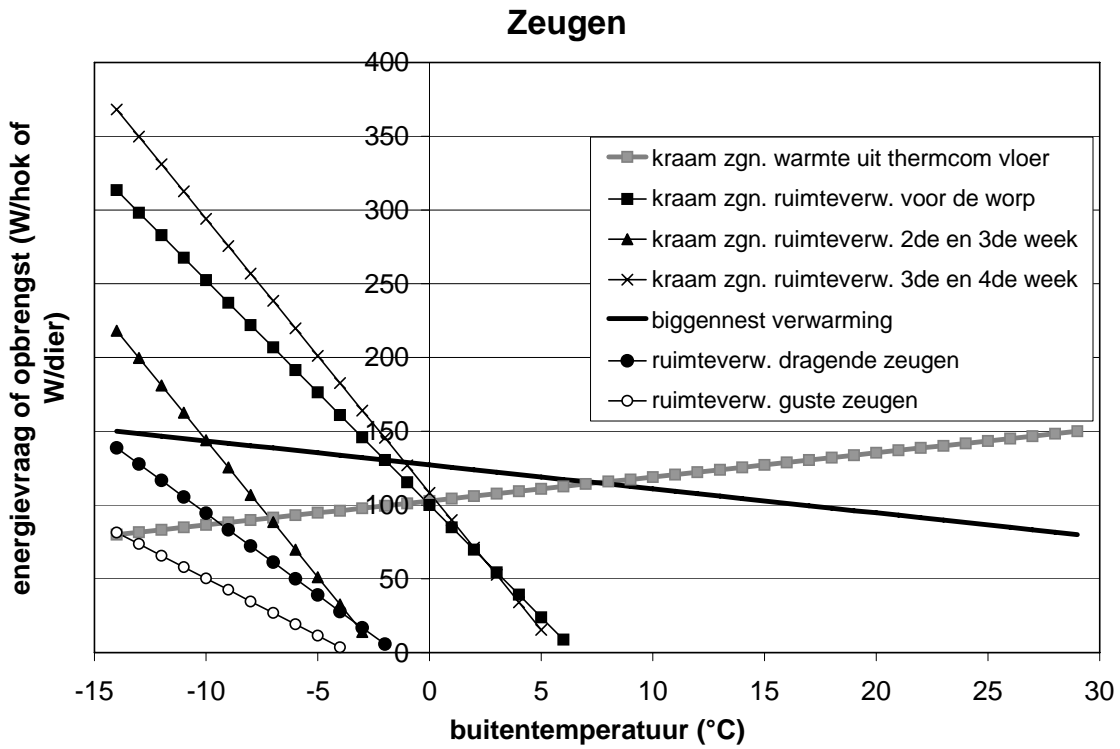
- Het onderzoek is uitgevoerd in een afdeling met mestpanventilatie. In deze afdeling waren er geen problemen met voeropname van de zeugen in de zomer, de verse lucht kwam direct en relatief koel bij de neus van zeug. Bij ventilatiesystemen die minder effectief de verse lucht bij de neus van zeug brengen, is naar verwachting het effect van het *cool-sow* systeem groter.
- Het onderzoek is uitgevoerd in een afdeling waarbij de zeugen in de referentiehokken lagen op een gecoate roostervloer. Indien deze vloer van staal of gietijzer is, zal de zeug haar lichaamswarmte ook makkelijker kwijtraken. Het is onbekend welk koelend effect deze vloeren hebben op de zeug. In elk geval koelen deze vloeren de zeug ook bij het uier wat ongewenst kan zijn. Tevens bieden ze minder ligcomfort dan de zachtere gecoate vloer, maar mogelijk wel meer grip. Vanuit thermisch comfort gezien kan het toepassen van het *cool-sow* systeem bij een stalen of gietijzeren vloer ook perspectief bieden.
- In de energetische en economische berekening is uitgegaan van een systeem inclusief warmtepomp en koppeling met het verwarmingssysteem. Zonder warmtepomp en zonder de koppeling met het verwarmingssysteem kan het *cool-sow* systeem ook aangelegd worden. Hierdoor kan er niet meer bespaard worden op energiekosten, maar dalen de investeringskosten. Het warmteopslagsysteem in de bodem wordt door het *cool-sow* systeem echter alléén opgewarmd. Voor het verkrijgen van een energiebalans over de bodem moet er ook warmte onttrokken worden aan dit systeem.

5 Conclusies

- Kraamzeugen op het *cool-sow* systeem hebben een hogere voeropname; in dit onderzoek bedroeg dit 0,6 kg per dag, ofwel 12% hoger dan van de zeugen in de referentiehokken.
- De biggen die zijn gezoogd door zeugen op het *cool-sow* systeem groeiden gemiddeld ruim 20 gram per dag harder en waren bij een vergelijkbare duur van de zoogperiode daardoor 0,6 kg, ofwel 8%, zwaarder bij spenen.
- Er is geen verschil in gewichtsverlies van de zeugen tijdens de zoogperiode.
- Het *cool-sow* systeem heeft geen invloed op het aantal uitgevallen biggen.
- Het *cool-sow* systeem leidt niet tot een verandering in lighoudingen en ligposities van de zeug in de zeugenbox.
- De hogere voeropname van de zeugen bij toepassing van het *cool-sow* systeem is in alle ronden waargenomen, niet alleen tijdens warme ronden.
- Via het *cool-sow* systeem wordt gemiddeld 58 Watt per zeug afgevoerd, zo'n 10 tot 25% van de voelbare warmteproductie van de zeug.
- De extra jaarkosten voor het *cool-sow* systeem zijn, inclusief warmtepomp en warmtewisselaar in de bodem, € 12,- per productieve zeug, de besparing op energiekosten is € 7,- . De economische betekenis van de verbeterde technische resultaten dient dus hoger te zijn dan € 5,- per productieve zeug per jaar.

Bijlagen

Bijlage 1 Verband tussen buitentemperatuur, energievraag/energieaanbod en productiestadium/leeftijd van de dieren zoals gebruikt bij de berekening



Bijlage 2 List of tables and figures

- Figure 1** Schematic top view of farrowing pen with *cool-sow* system
- Figure 2** Schematic overview of the cool circuit in the experimental room
- Figure 3** Schematic cross-section of the experimental room with under floor ventilation
- Figure 4** Examples of sow positions in the farrowing crate as registered in the study
- Figure 5** The percentage of the time sows lay on their shoulder in the front of the crate in both reference pen and in pen with *cool-sow* system
- Figure 6** The percentage of the time sows lay on their belly in the front of the crate in both reference pen and in pen with *cool-sow* system
- Figure 7** The percentage of the time sows are in the front of the crate (standing, laying and sitting) in both reference pen and in pen with *cool-sow* system
- Figure 8** The average room temperature plotted against the average feed intake of the sows and the average difference in feed intake between the experimental treatments
- Figure 9** The course of the heat removal by the *cool-sow* system during the five experimental batches
- Figure 10** Calculated course of the heat demand and the heat removal by the *cool-sow* system during a year at a farm with 400 reproductive sows and 80 farrowing pens equipped with the *cool-sow* system
-
- Table 1** Temperature and ventilation settings in the experimental room (temperature range between setpoint minimum and setpoint maximum ventilation was 5°C, setpoint room heating 2°C lower than setpoint minimum ventilation)
- Table 2** Production results of the sows and the piglets during the lactation period in both reference pens and in pens with *cool-sow* system
- Table 3** Veterinary treatments of the during the lactation period in both reference pens and in pens with *cool-sow* system
- Table 4** Mortality an veterinary treatments of the piglets during the lactation period in both reference pens and in pens with *cool-sow* system
- Table 5** Laying position in the farrowing crate during the lactation period in both reference pens and in pens with *cool-sow* system (percentages of the number of observations)
- Table 6** Characterization of some climate parameters during the experimental batches (between brackets the standard deviation as a measure for the variation)
- Table 7** Heat removal from the floor and the sow by using the *cool-sow* system
- Table 8** Assumed average number of present animals including production stage/age at a 400 head sow farm
- Table 9** Calculated annual energy flows, energy consumption and energy costs in a 400 head sow farm with conventional heating and with heat pump in combination with the *cool-sow* system
- Table 10** Indicative calculation of the extra costs of the *cool-sow* system for 400 head sow farm

Literatuur

Bockisch, F. J., T. Jungbluth, en A. Rudovsky. 1999. Technische Indikatoren für die Beurteilung einer tiergerichten Haltung von Rindern, Schweinen, und Leghennen. *Züchtungskunde* 71(1): 38-63.

Breuer, J.J.G., A.M. van Weele en A.H.C. van Paassen. 1991. Referentiejaar voor de Nederlandse glastuinbouw. *Klimaatbeheersing* (4), p. 110-113.

Geurts, P.J.W.M., G.P. Binnendijk, J.J.H. Huijben en J.W.G.M. Swinkels. 1998. Energiegebruik en technische resultaten van zeugen en biggen bij verlagen van de instelling van de ruimtetemperatuur in kraamafdelingen. Proefverslag nummer P 1.202, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Koketsu, Y., G.D. Dial, J.E. Pettigrew en V.L. King. 1996a. Feed intake pattern during lactation and subsequent reproductive performance of sows. *J. Anim. Sci.* 74: 2875 – 2884.

Koketsu, Y., G.D. Dial, J.E. Pettigrew, W.E. Marsh en V.L. King. 1996b. Characterization of feed intake pattern during lactation in commercial swine herds. *J. Anim. Sci.* 74: 1202 – 1210.

Makkink, C.A., C.M.C. van der Peet-Schwering, C.E. van 't Klooster, M.W.A. Verstegen en J.W. Schrama. 1994. Temperatuurbehoefte van lacterende zeugen in relatie tot voeropname, productie en energieverbruik. Proefverslag nummer P 1.105, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Mullan, B.P. 1991. The Response of the Breeding Sow to the Climatic Environment. Department of Agriculture, Victorian Institute of Animal Science. Symposium: Manipulating Pig Production III; Environment and feed intake. p. 167 - 177.

Prunier, A., M. Messias de Bragança en J. Le Dividich. 1997; Influence of high ambient temperatures on performance of reproductive sows. *Livest. Prod. Sci.* 52, 123 - 133.

Quiniou, N. en J. Noblet. 1999. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. *J. Anim. Sci.* 77: 2214 – 2134.

Schoenherr, W.D., T.S. Stahly en G.L. Cromwell. 1988. The effects of dietary fat or fiber addition on yield and composition of milk from sows housed in a warm or hot environment. University of Kentucky. *J. Anim. Sci.* 67: 482 -495.

Serres, H., 1992. *Manual of Pig Production in the tropics*. CTA.

Van Wagenberg, A.V., J.H.C. Rooseboom, A.I.J. Hoofs, M.A.H.H. Smolders en P.F.M.M. Roelofs. 2000a. Het praktisch en technisch functioneren van mestpanventilatie in kraamafdelingen. Rapport P 1.241, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Van Wagenberg, A.V., E.N.J. van Ouwkerk en M.A.H.H. Smolders. 2000b. Oriëntatie op technieken ter vermindering van hittestress bij lacterende zeugen, Rapport P3.189, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Van Wagenberg, A.V., A.J.A. Aarnink en M. Timmerman. 2001. Haalbaarheidsstudie naar de toepassing van warmtepompen in de varkenshouderij, Intern Rapport 471, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.