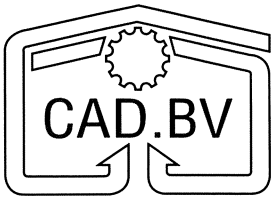
Klimaatsnormen voor varkens

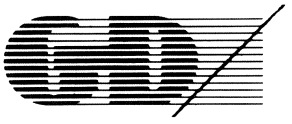
Werkgroep Klimaatsnormen Varkenstallen

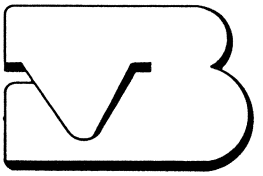
Ir. C.E. van 't Klooster
Ing. H.J.M. Hendriks
Dr.Ir. A.M. Henken
Ir. A. van 't Ooster
Ing. E.N.J. van Ouwerkerk
Drs. C.J.M. Scheepens
Ing. P. van der Voorst

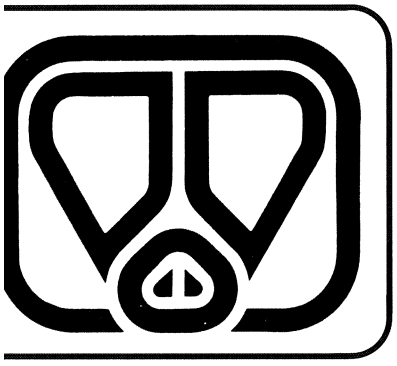












Proefstation voor de Varkenshouderij

Postbus 83
5240 AB Rosmalen
Tel.:04192-19026

Proefverslag nummer P 1.43
Mei 1989

INHOUDSOPGAVE

		Pagina
	WOORDENLIJST	4
	BEKNOPT VERSLAG VOOR VOORLICHTING EN PRAKTIJK	5
	ABSTRACT	21
1	INLEIDING	21
2	THERMISCH KLIMAAT	22
21	Achtergrond	22
2'1.1	Bepaling thermisch klimaat	22
2'1.2	Thermisch klimaat en warmtebalans	23
2'1.3	Thermisch klimaat en gezondheid	25
2 2	Adviezen thermisch klimaat	26
2'2.1	Warmteproduktie van dieren in de vermeerdering	26
2.2.2	Kritieke temperaturen voor guste en drachtige zeugen	27
2.2.3	Pas geboren biggen	27
2.2.4	Adviestemperatuur voor lacterende zeugen en biggen	29
2.25	Onderste kritieke temperaturen voor gespeende biggen	31
2.2.6	Onderste kritieke temperaturen voor opfokzeugen	33
2.2.7	Adviestemperaturen voor beren	33
2.2.8	Warmteproduktie en adviestemperaturen voor mestvarkens	34
2.2.9	Uitloop	38
2.2.10	Luchtsnelheid	38
2.2.11	Luchtvochtigheid	39
2.3	Onderzoeksvelden	39
3	LUCHTKWALITEIT	41
3.1	Achtergrond	41
3 2	Adviezen luchtkwaliteit	42
3'2 .1	Kooldioxyde	42
3'2.2	Ammoniak	42
3'2.3	Waterdamp	42
3'2.4	Andere gassen	42
3;2.5	Stof	43
3.3	Onderzoeksvelden	43
4	VENTILATIE HOEVEELHEDEN	44
41	Minimum ventilatiebehoefte	44
4.2	Ventilatie capaciteit	45
5	LICHT EN GELUID	47
5.1	Licht	47
5.2	Geluid	47
6	AANBEVELINGEN VOOR NADER ONDERZOEK	49
7	CONCLUSIES	51
	LITERATUUR	52

VOORWOORD

Doordat de varkenshouderij in Nederland verandert, veranderen de klimaatseisen die de varkens stellen. De beheersbaarheid van het klimaat in stallen neemt door betere technische voorzieningen toe en daarmee de mogelijkheden klimaatsnormen in stallen ook werkelijk te realiseren. De oude normen voor wat betreft minimum ventilatiebehoefte en maximaal toelaatbaar CO_2 gehalte waren met elkaar in tegenspraak. Deze drie argumenten waren voor de Taakgroep Huisvestings- en Verzorgingsonderzoek voldoende aanleiding een Werkgroep Klimaatsnormen Varkensstallen in het leven te roepen om de bestaande normen te herzien en uit te breiden.
Het Proefstation voor de Varkenshouderij, het Consulentschap in Algemene Dienst voor Bedrijfsuitrusting in de Veehouderij, het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, de vakgroep Veehouderij en de vakgroep Agrotechniek en Fysica, beide van de Landbouw Universiteit Wageningen, de Faculteit voor Diergeneeskunde van de Rijks Universiteit Utrecht en de Gezondheidsdienst voor Dieren in Noord-Brabant hebben gezamelijk enthousiast gewerkt aan deze publicatie. Naast nieuwe, theoretisch onderbouwde klimaatsnormen heeft de werkgroep ook een lijst met aanbevelingen voor nader onderzoek opgesteld.
De taakgroep Huisvesting en Verzorgingsonderzoek wil de leden van de Werkgroep Klimaatsnormen Varkensstallen graag bedanken voor hun inzet en het bereikte resultaat. Wij spreken graag de verwachting uit dat de gepresenteerde resultaten snel toegepast gaan worden.

Ir. A.A. Jongebreur
voorzitter Taakgroep Huisvestings- en Verzorgingsonderzoek

Ir. J.A.M. Voermans
waarnemend directeur Proefstation voor de Varkenshouderij

VERKLARENDE W0 0RDENLIJST

Begrippen die in dit rapport worden gebruikt en bij de lezer mogelijk niet voldoende bekend zijn of verkeerd begrepen kunnen worden zijn de volgende:

Bovenste kritieke temperatuur:
Bovengrens van de thermoneutrale zone.

Comfortzone:
Het onderste deel van de thermoneutrale zone, in dit deel neemt de warmteafgifte door verdamping nog niet duidelijk toe met de temperatuur.

Onderhoudsbehoefte:
De hoeveelheid voer (in bijvoorbeeld kg/dier/dag) die bij verbranding juist voldoende energie geeft voor het in stand houden van levensprocessen en op gewicht blijven, voor beweging en, bij te lage omgevingstemperaturen, voor het op peil houden van zijn lichaamstemperatuur.

Onderste kritieke temperatuur:
Ondergrens van de thermoneutrale zone.

Temperatuur:
Waar gesproken wordt over temperatuur, wordt bedoeld de omgevingstemperatuur bij het dier. Dit wordt benaderd door de luchttemperatuur op die plaats. Als dieren op roosters liggen is deze luchttemperatuur de temperatuur van de lucht in de put. Als dieren op een dichte vloer liggen moet de temperatuur bij de dieren worden gemeten. Als de voeler daar niet kan hangen maar ergens anders hangt, moet met een handthermometer regelmatig het verschil worden gecontroleerd.

Thermoneutrale zone:
Het temperatuurstraject waarbinnen bij gelijkblijvende voeropname de onderhoudsbehoefte van een varken minimaal is en de warmteproductie van een varken constant is.

Ventilatiedebiet:
De hoeveelheid lucht die ververst wordt per tijdseenheid.

Voerniveau
De hoeveelheid voer uitgedrukt in aantal malen de onderhoudsbehoefte. De voergift in deze eenheid uitdrukken heeft het voordeel dat het niet afhankelijk is van het diergewicht en als nadeel dat men de onderhoudsbehoefte moet kennen om de voeropname in kg/dier/dag uit te kunnen drukken.

Varkens stellen eisen aan het thermisch klimaat en aan de luchtkwaliteit. Eerst zal worden ingegaan op het thermisch klimaat. Het thermisch klimaat is het klimaat dat de warmtebalans van een varken direct beïnvloedt.
Dit is dus niet alleen de temperatuur (van lucht, vloer, plafond, wanden, etc.). Ook de luchtsnelheid en de luchtvochtigheid hebben invloed op de warmteafgifte van een varken. Binnen bepaalde grenzen van de omgevingstemperatuur kan een varken zijn warmteproduktie constant houden.

Een varken doet dit onder andere door verwijding of vernauwing van de onderhuidse bloedvaten. Deze zogenaamde "thermoneutrale zone" heeft een ondergrens en een bovengrens.

Te lage temperaturen

Als de omgevingstemperatuur lager wordt dan de ondergrens, (de onderste kritieke temperatuur) kan het varken zijn warmteafgifte niet nog verder beperken. Het varken zal extra warmte moeten produceren, door verbranding van voer, om zijn lichaamstemperatuur op peil te houden. Temperaturen onder de onderste kritieke temperatuur en vooral ook schommelingen in het thermisch klimaat kunnen, afhankelijk van duur en wijze van blootstellen, gezondheidsproblemen veroorzaken bij varkens. Om bij lage temperaturen toch een evenwicht te houden tussen warmteafgifte en warmteproduktie zal het dier de warmteproduktie moeten verhogen, bijvoorbeeld door meer voer op te nemen, of als dit niet mogelijk is, door meer lichaamsreserves aan te spreken.

Te hoge temperaturen

Als de omgevingstemperatuur hoger wordt raakt het varken niet voldoende warmte kwijt via geleiding, straling en convectie. Mogelijkheden voor varkens om genoeg warmte kwijt te raken zijn om verder uit elkaar te gaan liggen, op een plaats met hogere luchtsnelheden (roosters) en/of op een nat oppervlak te gaan liggen. Dit laatste is effectief, maar heeft als nadeel dat er hokbevuiling op kan treden. Het varken zal via ademhaling (bij hoge temperaturen hijgen) meer water gaan verdampen om op deze wijze warmte kwijt te raken. Wordt de omgevingstemperatuur nog hoger, dan is noch gedragsaanpassing van de varkens noch hijgen voldoende om alle geproduceerde warmte ook af te geven. De lichaamstemperatuur stijgt dan tot boven normaal. Dit resulteert o.a. in verlies van eetlust. Door minder voer op te nemen treedt vermindering van de warmteproduktie op.

Comfortzone

Het is van belang de onder- en bovengrens van de thermoneutrale zone te kennen. De comfortzone is dat deel van de thermoneutrale zone waarin het varken de warmteafgifte door verdamping nog niet merkbaar verhoogt. Het streven dient erop gericht te zijn de temperatuur in de ligruimte in de comfortzone te houden. De onder- en bovengrens van de comfortzone zijn afhankelijk van een aantal factoren, Deze zijn onder andere diergewicht, voeropname, vloeruitvoering, gezondheid en luchtsnelheid. De omgevingstemperatuur moet hoger zijn naarmate het gewicht lager is, de voeropname lager is, er minder stro op de vloer ligt en als er een volledige roostervloer wordt gebruikt. Hetzelfde geldt na veranderingen zoals spenen, verplaatsen en/of veranderingen in koppelsamenstelling. De dieren nemen na deze veranderingen weinig voer op en hebben daardoor een andere comfortzone. Hoe hoger de luchtsnelheid is, hoe hoger de omgevingstemperatuur dient te zijn. Naast de algemeen afkoelende werking van hogere luchtsnelheden, kunnen hoge luchtsnelheden van verse ventilatiestromen met een temperatuur die nog relatief laag is, varkens mogelijk ook plaatselijk afkoelen. Dit kan de weerstand van het dier verminderen.
De omgeving voor het varken wordt bepaald door de ruimtetemperatuur, de huidtemperatuur van andere dieren in de koppel, de vloertemperatuur en de luchtsnelheid. Ook hebben de temperaturen van wanden en plafonds, afhankelijk van isolatiewaarde, via straling invloed op de warmtebalans van de varkens.

De rol van de voeropname op de temperatuurbehoefte.

De voeropname kan worden weergegeven in voerniveau's die een veelvoud van het onderhoudsniveau inhouden. Deze maat is niet afhankelijk van het gewicht. Een voerniveau van 1 wil dus zeggen dat juist voldoende voer wordt opgenomen om te voorzien in de onderhoudsbehoefte. Direct na het verplaatsen van varkens (gespeende biggen, mestvarkens) is de voeropname erg laag. In de eerste week na spenen of opleg in de meststal kunnen de temperatuursadviezen voor een voerniveau van 1(= onderhoudsbehoefte) worden gebruikt. Ook als helemaal geen voer wordt opgenomen, produceren varkens warmte die vrijkomt bij hun levensprocessen. Deze warmtehoeveelheid komt overeen met die van voerniveau 1. Deze dieren verliezen dan gewicht. Wordt meer voer opgenomen dan voerniveau 1, dan komt dat ten goede aan groei. Goed groeiende biggen en mestvarkens hebben een voerniveau van ongeveer 3 maal onderhoudsbehoefte.

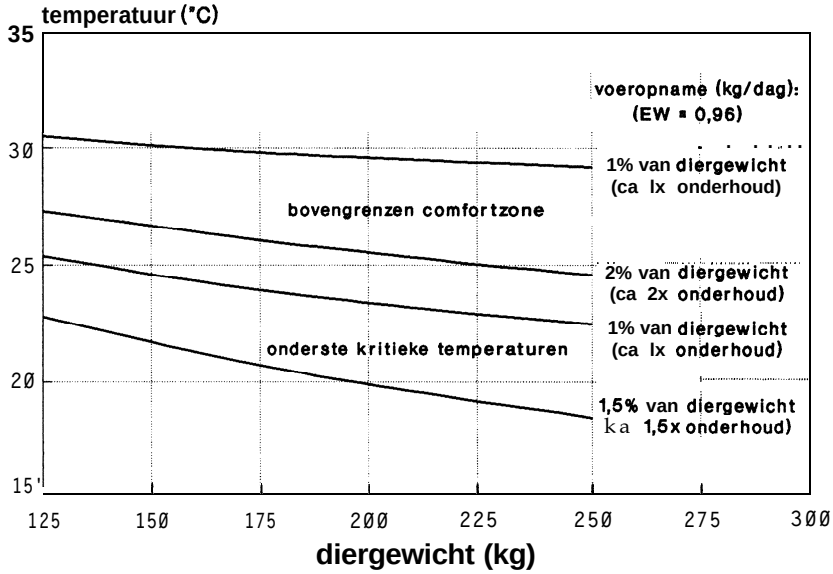
Dieren, die verplaatst zijn, moeten de eerste dagen, zoals gezegd, in een omgevingstemperatuur worden gehuisvest die past bij een voerniveau van 1.
Als de dieren gezond blijven kan deze temperatuur in 7 tot 14 dagen worden verlaagd tot die voor een voerniveau van circa 3. Dit is ondermeer afhankelijk van de werkelijke voeropname.

De rol van vloertype op de temperatuurbehoefte

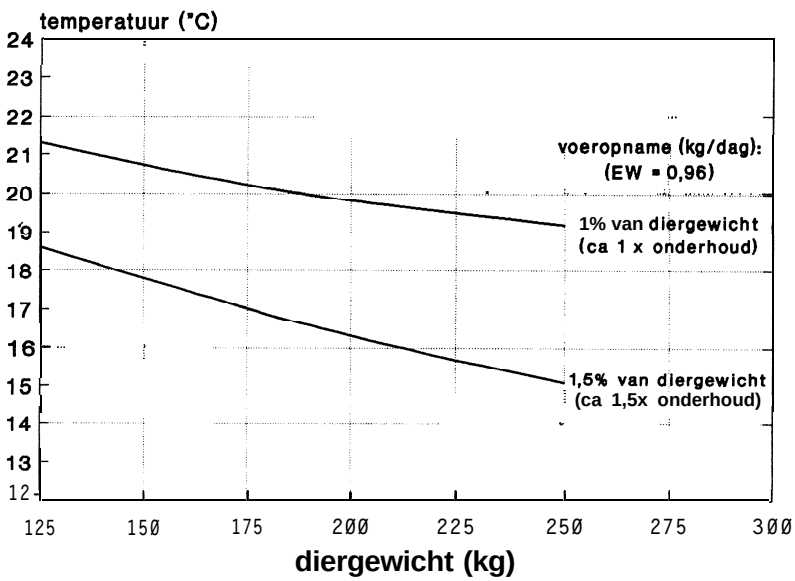
Bij een dichte vloer op de ligplaats zonder vloerverwarming kan de ruimtetemperatuur lager zijn dan bij roostervloer op de ligplaats. Op roosters is er meer luchtbeweging rond de varkens en de lucht uit de mestput stroomt langs de varkens. Men moet dus de luchttemperatuur onder het rooster meten als dieren op roosters liggen. De temperatuur van de lucht in de mestput kan namelijk tot 3°C lager zijn dan de ruimtetemperatuur. Een goede isolatiewaarde van de vloer (bijvoorbeeld stro) vermindert de warmteafgifte van het varken en verlaagt de onderste kritieke temperatuur voor varkens.

Adviestemperaturen voor guste en drachtige zeugen

Figuur 1 geeft een overzicht van de onderste kritieke temperatuur en de bovengrens van de comfortzone voor individueel gehuisveste guste zeugen en zeugen aan het begin van de dracht.
Figuur 2 geeft de onderste kritieke temperaturen voor zeugen op het einde van de dracht. Tijdens de dracht gaat de temperatuurbehoefte van de zeug geleidelijk over van die uit figuur 1 naar die uit figuur 2. Dit komt doordat de vruchten in de baarmoeder tijdens de dracht groeien en de warmtebalans van de zeug beïnvloeden. Hoge ruimtetemperaturen hebben een ongunstige invloed op de berigheid van guste zeugen.



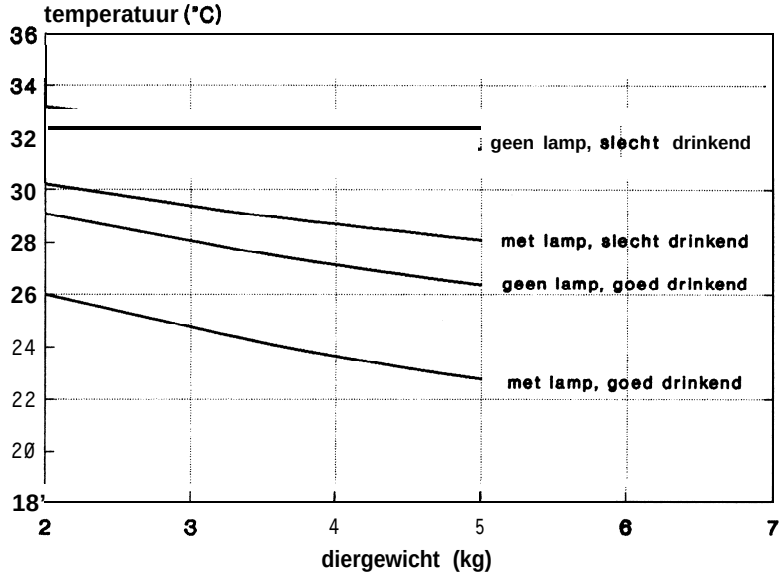
Figuur 1. *Onderste kritieke temperaturen en bovengrenzen comfortzone voor individueel gehuisveste guste zeugen en zeugen aan het begin van de dracht op een droge betonvloer en een luchtsnelheid van 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*



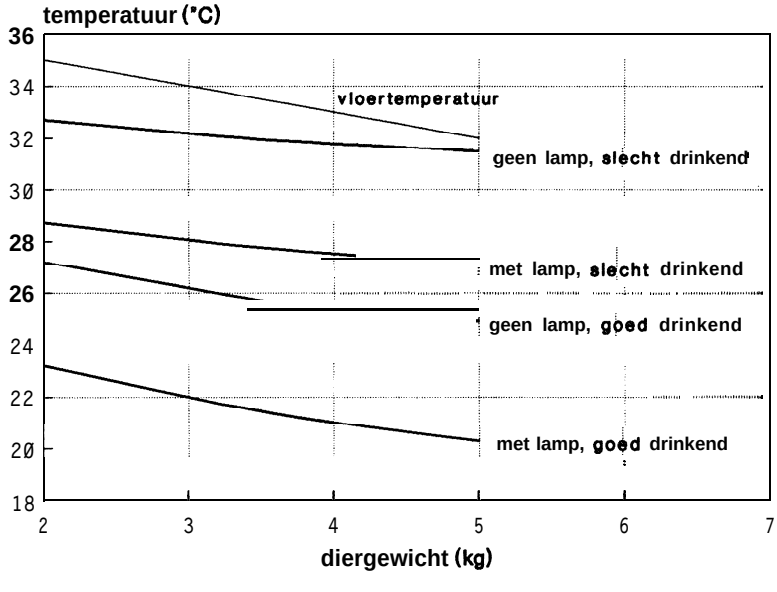
Figuur 2. *Onderste kritieke temperatuur voor drachtige zeugen, einde dracht, droge betonvloer en luchtsnelheid 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*

Pas geboren biggen

Pas geboren biggen zijn nat. Ze komen achter de zeug ter wereld, dus niet bij het (warme) uier of in een biggenest. De lichaamstemperatuur van biggen ligt normaal tussen 39 en 40°C. Als biggen op een kale onverwarmde roostervloer komen te liggen kan de lichaamstemperatuur van pasgeboren lichte biggen binnen een half uur dalen tot zelfs 32°C (KUYPERS, 1987). Dit is een levensgevaarlijke situatie. Het verzwakt de biggen en de mobiliteit van de biggen neemt af. Daardoor kunnen ze zich niet meer in veiligheid brengen en gaan dood. Bij biggen met een laag geboortegewicht is de daling van de lichaamstemperatuur groter dan bij zwaardere biggen. Belangrijke redenen voor deze afkoeling zijn de verdamping van het vocht op de huid van een natte big en geleiding van lichaamswarmte naar de vloer.
Door een goed klimaat aan te bieden, kan de sterfte onder biggen worden verminderd en de gezondheid en de groei worden verbeterd. Maatregelen, die genomen kunnen worden, zijn het gebruik van een verwarmingslamp boven de geboorteplaats (dus achter de zeug), het leggen van een (vochtabsorberende wegwerp-) mat op deze plaats, het gebruik van stro en het verhogen van de ruimtetemperatuur. Het gebruik van een extra lamp boven een biggenest met vloerverwarming heeft vaak geen zin De eerste dagen liggen de biggen nog niet goed in het nest. Alleen bij lage ruimtetemperaturen en lichte of zieke tomen is van zo ‘n extra lamp een positief effect gevonden (PEERLINGS & VAN ‘T KLOOSTER, 1988). Door zeugen “poliklinisch” te laten werpen kunnen in een kraamhok speciale voorzieningen worden gemaakt die intensief gebruikt kunnen worden. Of dergelijke voorzieningen als bedrijfssysteem interessant kunnen zijn is nog een vraag (BACKUS, 1988).



Figuur 3. *Onderste kritieke temperatuur voor biggen op een onverwarmde betonvloer (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*



Figuur 4. *Onderste kritieke temperatuur voor biggen op een verwarmde betonvloer (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*

Adviestemperaturen voor lacterende zeugen en biggen

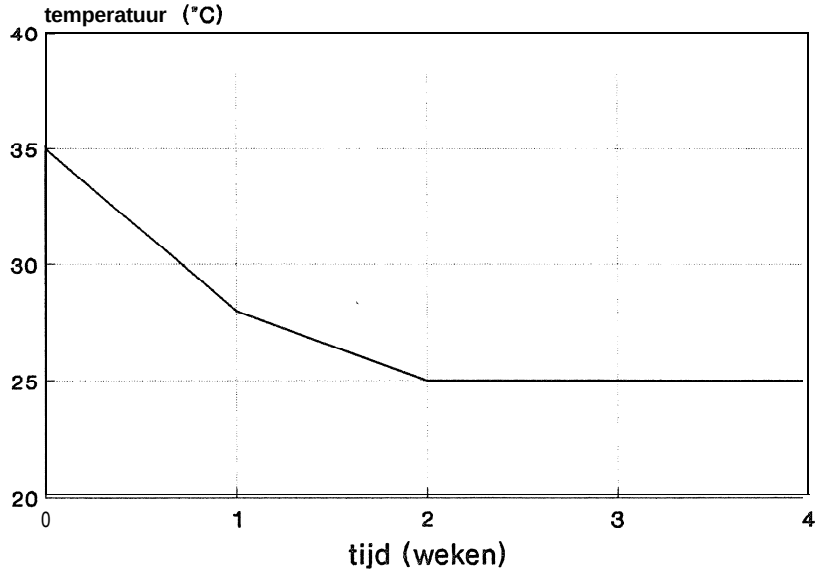
De ruimtetemperatuur in de kraamstal wordt gekozen ergens tussen een voor de zeug gewenste relatief lage temperatuur en een voor de biggen gewenste hoge temperatuur. In een biggenest wordt de temperatuur voor de biggen optimaal gehouden, maar ook buiten het nest mogen de biggen niet verkleumen. Een hoge ruimtetemperatuur vermindert de voeropname van de zeug en leidt tot een groot gewichtsverlies van de zeug in de kraamstal. Een groot versehil in ruimtetemperatuur en luchttemperatuur in het biggenest vergroot de kans op ongewenste koude luchtstromen over de grond, dit geeft tocht bij de biggen. Eigenlijk kan het klimaat in een kraamstal (nog) niet zo geregeld worden dat zowel zeug als biggen in een ideaal klimaat worden gehouden.

De adviestemperaturen voor kraamstallen zijn gebaseerd op de huidige praktijknormen. Verder onderzoek en nieuwe ontwikkelingen kunnen een beter klimaat voor zeug en big mogelijk maken.

De aanbevolen ruimtetemperatuur daalt vanaf het werpen tot het spenen, zie tabel A.
De voeropname van biggen bij de zeug is moeilijk te meten. De warmteafgifte van biggen in het biggenest wordt sterk beïnvloed door de temperatuur van de vloer, de temperatuur van de lucht en de straling van een eventuele lamp. In figuren 3 en 4 staan de berekende onderste kritieke temperaturen voor biggen op een onverwarmde respectievelijk verwarmde betonvloer. Deze figuren zijn bruikbaar als de biggen meer dan 2 kg wegen. Direct na de geboorte is de big nog nat, het gewicht is nog laag en de temperatuur in het

Tabel A: Aanbevolen ruimtetemperatuur bij het werpen en bij het spenen.

	in eerste week na het werpen	week van spenen
dichte vloer met strooisel	18°C	15°C
halfroostervloer	20°C	17°C
volledig roostervloer	22°C	19°C

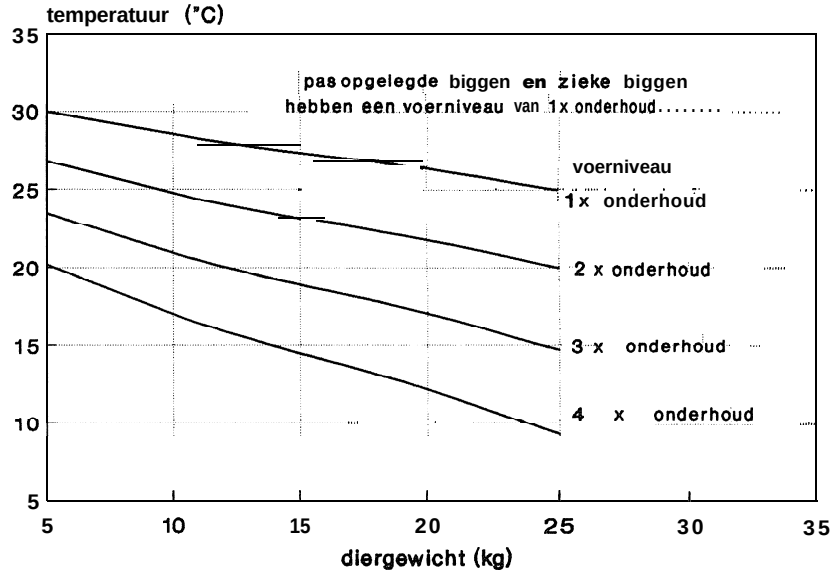


Figuur 5. *Gewenste temperatuur in een biggenest met vloerverwarming voor normale worpen (PEERLINGS & VAN 'T KLOOSTER, 1988).*

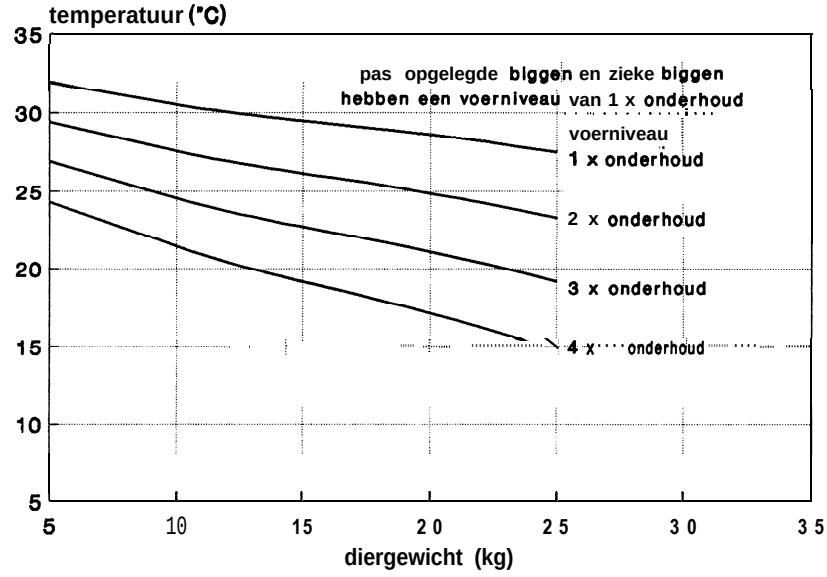
biggenest moet op dat moment voor normale tomen 35°C zijn.
De eerste twee dagen liggen de biggen nog veel bij de zeug en weinig in het biggenest. Als de biggen twee dagen oud zijn wordt het liggedrag van de biggen een goede graadmeter voor het controleren van de nesttemperatuur. Men moet de biggen dan wel ongestoord bekijken, bijvoorbeeld door een ruitje in de muur tussen afdeling en centrale gang. De biggen moeten op hun zij liggen en tegen elkaar aan liggen. Liggen ze helemaal uit elkaar, dan hebben ze het te warm. Liggen de biggen op hun buik en soms zelfs op elkaar, dan hebben de biggen het te koud. Door verschillen in toomgrootte, gezondheidstoestand en geboortegewicht van de biggen kan de gewenste nesttemperatuur verschillen van de hier genoemde waarden. Voor normale tomen (gezond, 9 tot 11 biggen, geboortegewicht ca. 1500g) in een biggenest met vloerverwarming is een curve (figuur 5) vastgesteld die kan worden gebruikt als leidraad. Zoals gezegd moet het liggedrag van de biggen uiteindelijk bepalend zijn voor de instelling van de temperatuur.

Adviestemperaturen voor gespeende biggen

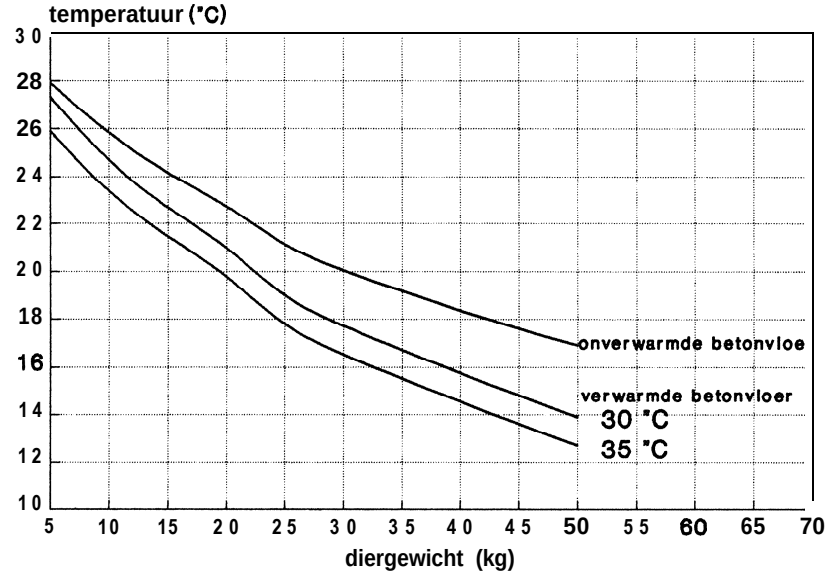
Na het spenen zullen biggen, die in het kraamhok blijven liggen, alleen stress ondervinden omdat de zeug weg is Biggen die verplaatst worden ondergaan meer stress zeker als tomen niet bij elkaar blijven. Dit betekent dat bij biggen de eerste dagen na het spenen ervan uitgegaan moet worden dat (enkele) biggen niets of weinig eten en daardoor op een voerniveau zitten juist voldoende voor onderhoud (voerniveau =1). In figuren 6 en 7 zijn de onderste kritieke temperaturen weergegeven voor gespeende biggen op respectievelijk stro en metaalrooster. Op (metaal)rooster is er meer luchtbeweging rond de biggen en de lucht uit de mestput stroomt langs de biggen. Men moet dus de luchttemperatuur onder het rooster meten. De temperatuur onder het rooster is tot 3°C lager dan boven het rooster Als het mogelijk is, moet men de voeler daarom onder het rooster plaatsen. Is het niet praktisch uitvoerbaar de temperatuurvoeler onder het rooster te plaatsen, dan kan men periodiek met een handthermometer het temperatuursverschil tussen de lucht onder en boven het rooster meten en hier rekening mee houden. De onderste kritieke temperaturen voor gespeende biggen op een wel of niet verwarmde betonvloer zijn te vinden in figuur 8. Uit de figuren blijkt dat in stallen zonder stro de temperatuur bij opleg circa 32°C moet zijn om slecht etende biggen van 5 kg toch nog een goed thermisch klimaat te bieden.



Figuur 6. *De onderste kritieke temperatuur voor gespeende biggen op stro bij een luchtsnelheid van 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986)*



Figuur 7. *De onderste kritieke temperatuur voor gespeende biggen op metaalrooster bij luchtsnelheid op dierniveau van 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*



Figuur 8. *De onderste kritieke temperaturen voor gespeende biggen en jonge mestvarkens op betonvloer bij voerniveau van 2,5 x onderhoud, luchtsnelheid 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*

Adviestemperaturen voor opfokzeugen

De adviestemperaturen voor opfokzeugen kunnen worden afgeleid uit die voor mestvarkens, waarbij de veelal lagere groei van opfokzeugen (bijv. 550 g/dag) leidt tot hogere onderste kritieke temperaturen.

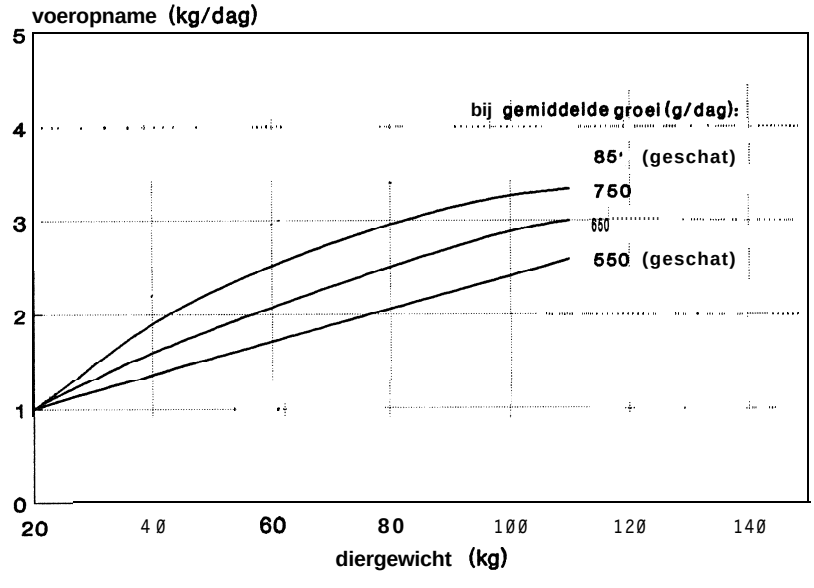
Adviestemperaturen voor beren

Geadviseerd wordt om dekberen binnen de comfortzone te houden. Bij een voeropname van bijvoorbeeld 1,1 maal onderhoud is dit een ruimtetemperatuur van minimaal 20°C. Als meer voer wordt verstrekt dan daalt de onderste kritieke temperatuur met 1°C per 100g extra voer. Voerniveau's tot 1,4 maal onderhoud kunnen voorkomen. Deze temperaturen gelden voor een dichte betonvloer als ligplaats. Op volledig rooster liggen deze temperaturen 2°C hoger, Als beren uitsluitend als zoekbeer gebruikt worden, zijn de eisen mogelijk minder stringent, maar zal de voeropname en de reinheid van het hok gebaat zijn bij een klimaat binnen de comfortzone.

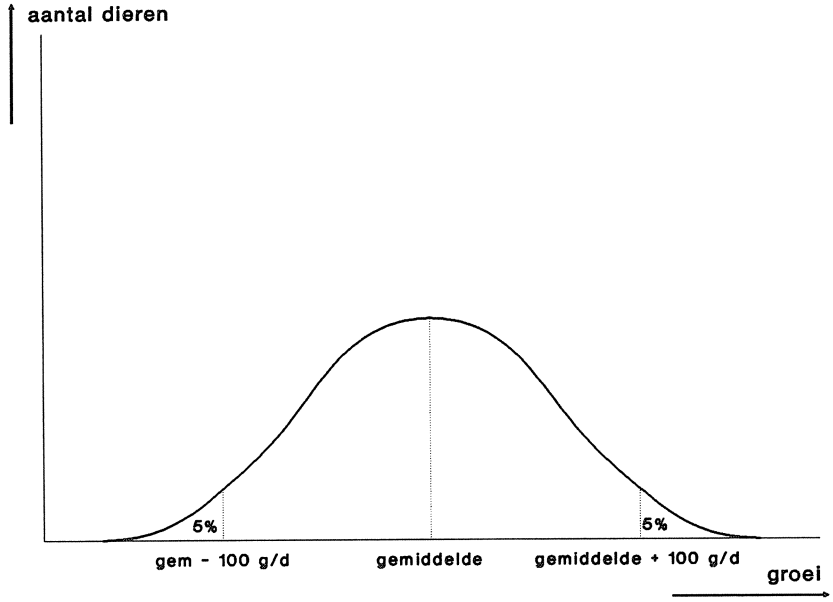
Adviestemperaturqn voor mestvarkens

De onderste kritieke temperatuur voor mestvarkens wordt sterk bepaald door de voeropname. In figuur 9 is de geschatte gemiddelde voeropname weergegeven voor mestvarkens met verschillende groeisnel heden.

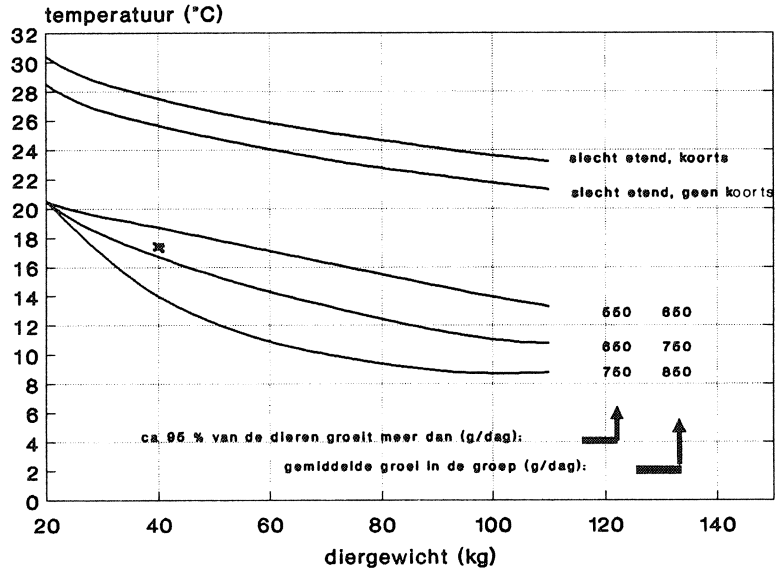
In een koppel varkens hebben de dieren niet allen dezelfde voeropname, ook hun gewicht is niet gelijk. De warmteproduktie en de groei van de varkens varieert dus ook van dier tot dier. De groei zal bij benadering een zogenaamde "normale" verdeling vertonen, zie figuur 10.



Figuur 9. *De gemiddelde voeropname van mestvarkens voor verschillende groeisnelheden (E W= 1,03).*



Figuur 10. *Een normale verdeling van groei binnen een koppel mestvarkens.*



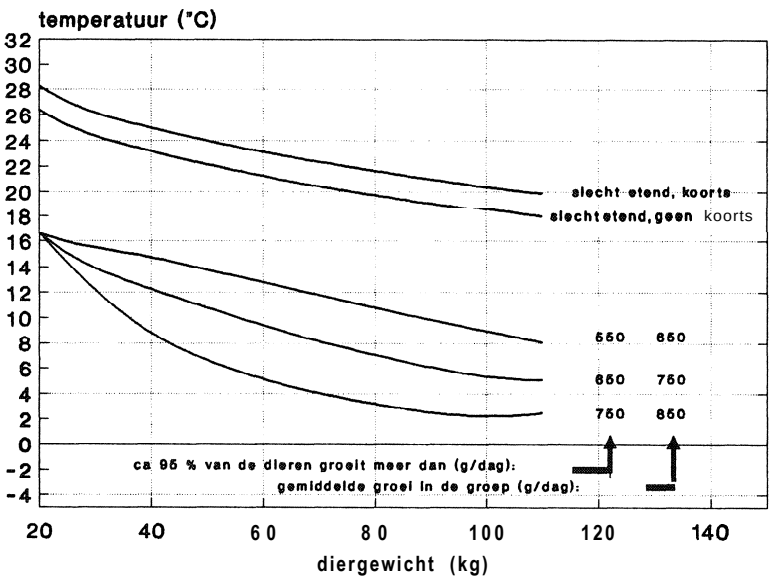
Figuur 11. *De onderste kritieke temperatuur voor mestvarkens op een droge betonvloer, luchtsnelheid 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*

Deze variaties zijn zo groot dat in de praktijk blijkt dat 5% van de varkens minstens 100 g/dag minder groeit dan de gemiddelde groei van de koppel. Deze 5% van de varkens neemt minder voer op en produceert daardoor minder warmte en heeft daarom een hogere temperatuur nodig dan varkens die meer voer opnemen. Wil men 95% van de dieren een goed klimaat bieden dan kan men dat doen door in de figuren 11 en 12 de juiste groeisnelheden te kiezen. Er is hier van uitgegaan dat de verdeling van de groei in vlees en in vet gelijk is voor iedere groeisnelheid.

Figuur 11 geeft duidelijk aan dat slecht etende varkens een hoge onderste kritieke temperatuur hebben. Dit geldt direct na opleg als de mestvarkens nog weinig voer opnemen. Bij opleg van mestvarkens moet de ruimtetemperatuur tijdelijk tot 28°C worden verhoogd. Zodra de varkens goed voer opnemen mag de temperatuur in de stal dalen. Omdat de hoge temperatuur na opleg slechts tijdelijk nodig is in een afdeling kan voor het verwarmen op die momenten ook gebruik worden gemaakt van verplaatsbare warmtebronnen. De dieren moeten binnen hun comfortzone worden gehouden en de omgevingstemperatuur mag dus wel hoger zijn dan de onderste kritieke temperatuur. Dieren met een verhoogde lichaamstemperatuur (koorts) hebben een hogere omgevingstemperatuur nodig. Dieren, die geen voer opnemen en/of koorts hebben, kunnen niet samen met gezonde goed etende varkens worden gehuisvest en toch in een goed klimaat zitten. Vanuit het oogpunt van klimaat gezien moeten zieke dieren uit de afdeling worden verwijderd.

Figuur 11 laat zien dat de tot dusverre gebruikte adviezen voor mestvarkens, het lineair afbouwen van de minimum temperatuur van 20 naar 14°C, gelden voor mestvarkens met een gemiddelde groei van 650 g per dag. Met deze grafiek kan men ook voor andere groeisnelheden de onderste kritieke temperatuur bepalen. De invloed van vloerverwarming is te vinden in figuur 8.

Bij het gebruik van deze grafieken zal men de groeisnelheid van de aanwezige varkens niet kennen. Men kan hiervoor de groei tijdens de vorige mestronden gebruiken. Dit is meestal de beste schatting die men kan maken voor de groeisnelheid. In figuren 11 en 12 staan rechts een aantal gemiddelde groeisnelheden en links daarvan de daarbij behorende groeisnelheden waar 5% van de varkens onder zit.



Figuur 12. *De onderste kritieke temperatuur voor mestvarkens op 17 mm stro, luchtsnelheid 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*

Figuur 11 kan worden toegelicht met een voorbeeld. Stel men heeft in een afdeling varkens, waarvan het lichtste varken 35 kg en het zwaarste varken 45 kg weegt. Het gemiddeld gewicht is 40 kg. De groei in de vorige mestronde was gemiddeld 725 gram/dag. Dit betekent dat 95 % van deze varkens meer dan 625 gram/dag zullen groeien. 5 % groeit minder dan 625 gram/dag. De grafiek bevat geen lijnen met groeisnelheden van 625 en 725 g/dag. In figuur 11 moet men dus een beetje boven de middelste lijn van de onderste 3 lijnen aflezen wat de minimum temperatuur in deze afdeling moet zijn. Dit is 17,5°C (punt x).

Als strooisel wordt verstrekt in een varkenshok is het voor de adviestemperatuur vooral van belang de isolerende werking van het strooisel te kennen. De hoeveelheid strooisel kan plaatselijk variëren en mogelijk zijn er plaatsen zonder strooisel. Zowel varkens, die op een dichte betonvloer liggen, als varkens op een laag stro van bijvoorbeeld 17 mm moeten een optimaal klimaat aangeboden krijgen. Als er een dikke laag stro in het hok ligt (figuur 12) dan mag de ruimtetemperatuur zelfs lager zijn dan in een hok met vloerverwarming. Als veel stro wordt verstrekt zal niet alleen onder het varken maar ook rond het varken stro aanwezig zijn. Het dier zal dan minder warmte verliezen aan de ruimte via luchtstroming en straling.

Uitloop

Varkens met de mogelijkheid van uitloop hebben in vergelijking met varkens zonder uitloop een iets hogere activiteit. Dit heeft, voorzover bekend, echter geen duidelijke gevolgen voor de klimaatbehoefte. Deze varkens hebben in het algemeen meer mogelijkheden om, door van ligplaats te veranderen, een omgeving te kiezen waar het klimaat binnen de comfortzone ligt.

Luchtsnelheid

De luchtsnelheid rond het dier en de temperatuur van deze lucht zijn factoren die de warmteafgifte beïnvloeden. Aan de onderzijde van en beneden de comfortzone wordt het belangrijk deze warmteafgifte te beperken. De maximaal toelaatbare luchtsnelheid neemt af bij lagere buitenluchttemperaturen, maar is ook afhankelijk van het gewicht van het varken. De huidtemperatuur wordt bepaald door de lichaams- en omgevingstemperatuur maar ook door de isolatiewaarde van het varken. Zo geeft een dikkere speklaag meer warmteweerstand (vet isoleert immers) en een lagere huidtemperatuur en daarom minder warmteafgifte.

Wanneer gespeende biggen of jonge mestvarkens worden opgelegd nemen ze in de eerste dagen nauwelijks voer op. Het voerniveau is dan gelijk aan onderhoud. De onderste kritieke temperatuur voor een big van 7 kg is in die situatie op een metaalrooster 31,3 bij een totale warmteproduktie van slechts 21 W. Wanneer zo'n big door een slechte luchtverdeling in aanraking komt met een tocht-luchtstroom met een temperatuur van 16 en een luchtsnelheid van 0,5 m/s dan neemt de afkoeling van het dier toe met 35 W. Deze extra afkoeling kan het dier niet compenseren met warmteproduktie uit extra voer, omdat het dier nog geen voer opneemt.
De onderste kritieke temperatuur voor een pas opgelegd mestvarken van 23 kg op een betonvloer is 27,5 bij slechte voeropname en een totale warmteproduktie van slechts 55 W. Wanneer dat dier in aanraking komt met dezelfde koude luchtstroom neemt de afkoeling toe met 44 W; dit is warmteafgifte, die nog niet kan worden gecompenseerd door extra voeropname. Dit voorbeeld toont aan dat men absoluut moet vermijden dat pas opgelegde dieren aan tocht worden blootgesteld.
In de praktijk is de regeling van de luchttemperatuur nog niet altijd perfect. Luchtinlaatsystemen die nog niet perfekt zijn, tochtstromen uit kieren, extreme kou, etc. kunnen tot onvolledige menging van binnenkomende lucht en stallucht leiden. Bij onvolledige menging bestaat het gevaar van plaatselijke lage luchttemperaturen. In combinatie met relatief hoge luchtsnelheden kan dit een bedreiging voor de gezondheid van de dieren zijn. Bij lichte varkens (tot 40 kg) zijn luchtsnelheden tot 0,15 m/s toelaatbaar, bij zwaardere dieren snel heden tot 0,20 m/s.

Bij hoge ruimtetemperaturen kunnen relatief hoge luchtsnelheden de warmteafgifte van

varkens verbeteren. Dit is echter uitsluitend toelaatbaar wanneer de luchttemperatuur boven de thermoneutrale zone ligt. Ook als het overdag warm is geweest kan 's nachts de buitentemperatuur fors dalen. Als men dan maximaal ventileert om de tijdens de dag in de stal opgeslagen warmte af te voeren bestaat het gevaar van te sterke plaatselijke afkoeling van de varkens. In voor- en najaar kan deze situatie zich vaak voor doen.
In programma's van enkele klimaatcomputers is dit gevaar verminderd door in die situatie de bandbreedte automatisch aan te passen. De temperatuur loopt dan in de stal minder snel terug.

Luchtkwaliteit

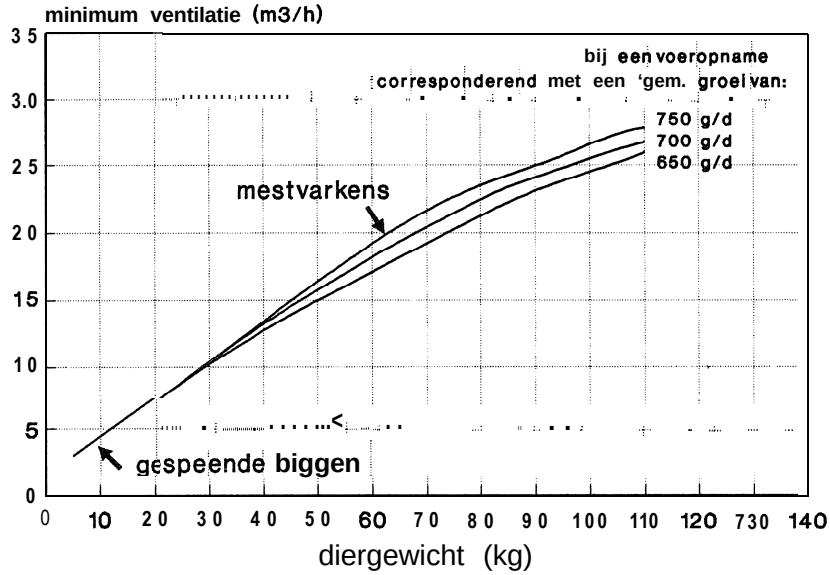
De luchtkwaliteit bij varkens moet een goede gezondheid van de varkens en de varkenshouder mogelijk maken.
Door te weinig ventilatie kan de luchtkwaliteit verslechteren. De dieren produceren kooldioxide, waterdamp en mest. Uit de mest kunnen allerlei gassen vrijkomen (bijvoorbeeld ammoniak, zwavelwaterstof, blauwzuurgas en diverse carbonzuren en aromatische verbindingen). Ook wordt stof geproduceerd in de stal. Stof is afkomstig van de dieren zelf (huidschilfers e.d.), mest, voer en andere bronnen (stuifmeel, schimmels en bacteriën). Stof kan de groei van varkens vertragen. Stof heeft een negatief effect op de luchtwegen. Bij de mens treden veel overgevoeligheidsreacties op (astma). Deze worden bij varkens niet gezien. Stofdeeltjes zelf kunnen de luchtwegen irriteren. Er is gesuggereerd dat giftige stoffen uit bacteriën (zgn. endotoxinen) de voornaamste bedreiging uit stof voor de longen vormen. Bij droogvoer komt veel meer stof vrij dan bij brijvoer. Als het droogvoer wordt aangevoerd via een vijzel en lange afstortpijpen die tot in de droogvoerbakken lopen, is het minder dan als met de hand voer wordt verstrekt. Wanneer brij aan de varkens wordt gevoerd, is de stofproduktie uit het voer nog verder verminderd. Er komt echter ook veel stof uit de mest en van huidschilfers van de varkens. Regelmatig stofzuigen kan het stofgehalte verminderen. Veel ventileren vermindert het stofgehalte wel, maar vermoedelijk onvoldoende. De concentratie van stof varieert over de dag. Stofmetingen kunnen het beste over perioden van 24 uur worden uitgevoerd, zodat de meting niet afhankelijk is van het tijdstip op de dag.

Adviezen luchtsamenstelling

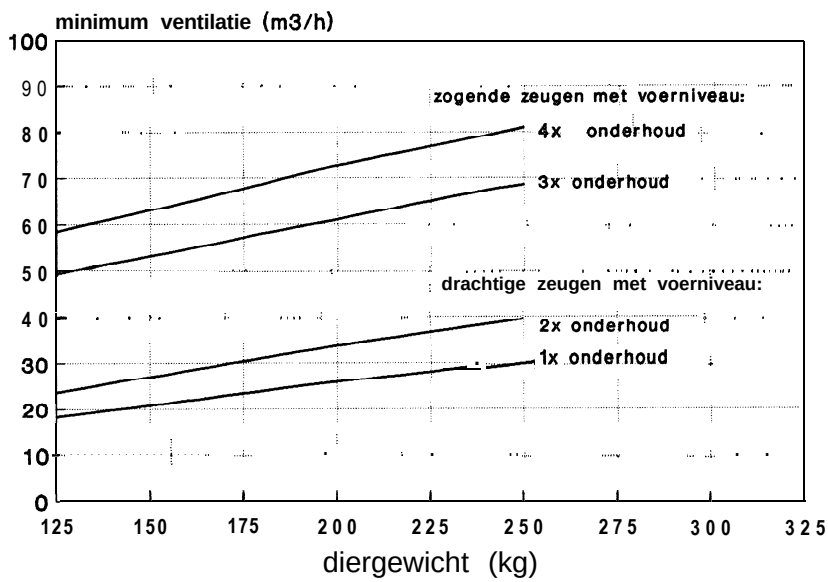
CO en H_2S mogen niet voorkomen in stallucht. Gestreefd dient te worden naar een relatieve luchtvochtigheid (R.V.) tussen 50 en 80 %. Een maximaal aanvaardbare hoeveelheid NH_3 is 10 ppm, een maximaal aanvaard bare gemiddelde hoeveelheid CO_2 is 0,20 vol.%. Het CO_2-gehalte is een indicator voor de luchtkwaliteit.
Stof in stallen is schadelijk voor varkenshouder en varkens. Een advies voor een maximaal aanvaardbare hoeveelheid kan nog niet worden gegeven omdat er nog niet genoeg informatie beschikbaar is.

Minimum ventilatie

De minimaal geadviseerde ventilatiehoeveelheid per varken hangt af van het gewicht en de voeropname van een varken. Door uit te gaan van de hoeveelheid kooldioxide die gezonde, goed producerende varkens produceren is op basis van een maximaal toelaatbaar CO_2 gehalte van 0,20 vol.% de minimaal benodigde hoeveelheid ventilatie berekend. In figuur 13 is dit weergegeven voor gespeende biggen en mestvarkens en in figuur 14 voor zeugen. (zie pagina 18) Hierbij is de "schone" CO_2 geproduceerd door kachels buiten beschouwing gelaten. Ook is CO_2 afkomstig door vertering in de mest niet meegenomen in de berekening. De CO_2 produktie uit mest is moeilijk te kwantificeren.



Figuur 13. *Minimum ventilatiebehoefte van gespeende biggen en mestvarkens op basis van een CO, gehalte van 0,20 vol. % (VAN OUWERKERK, 1984).*



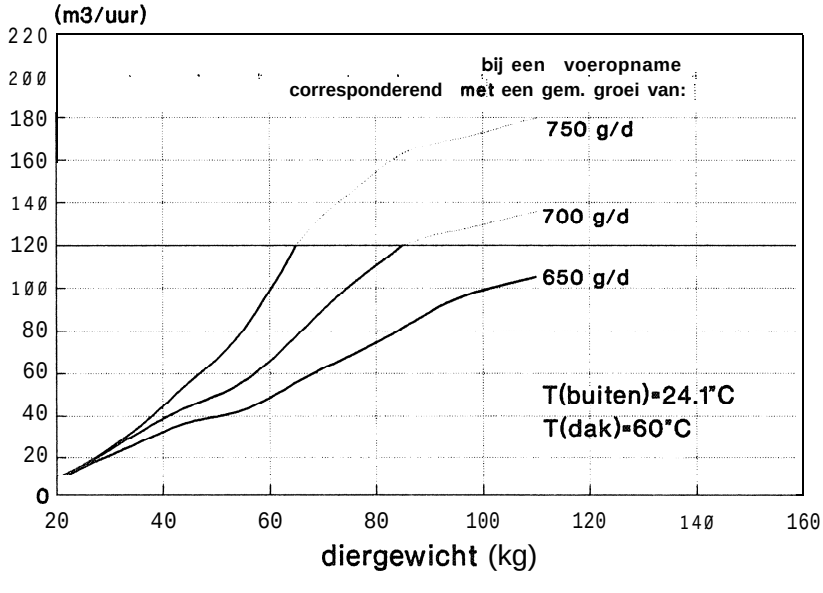
Figuur 14. *Minimum ventilatiebehoefte van zeugen op basis van een CO_2 gehalte van 0,2C vol. % (VAN OUWERKERK, 1984).*

Ventilatie capaciteit

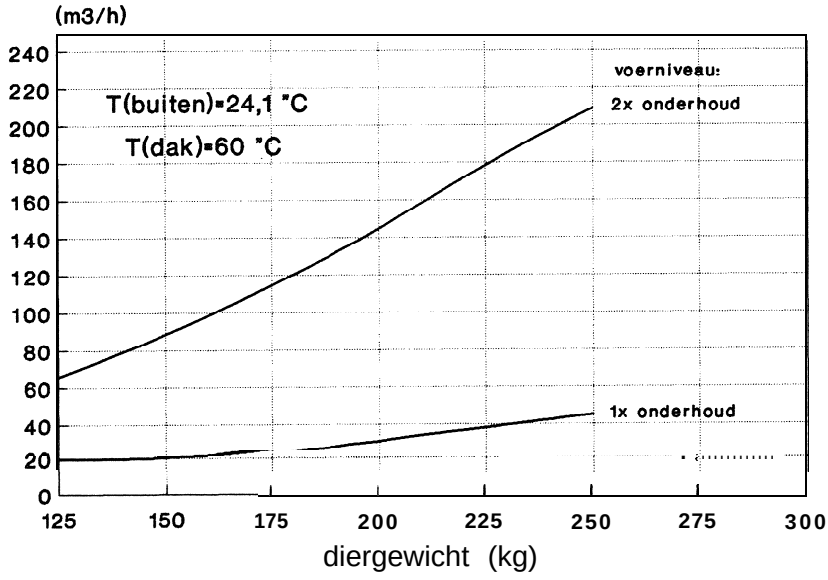
De te installeren ventilatiecapaciteit hangt af van de maximaal toelaatbare temperatuur in de stal en van de buitentemperatuur. Bij luchtinlaat door grondbuizen wordt de lucht in de zomer gekoeld en heeft men minder ventilatiecapaciteit nodig. Hoeveel minder is nog niet bekend, omdat nog niet bekend is hoeveel lucht er toch in slaagt rechtstreeks de stal in te dringen en wat de invloed is van zonneinstraling.

Men kan het varken niet altijd binnen zijn thermoneutrale zone huisvesten. Als men er naar wil streven de varkens 99% van het jaar binnen de thermoneutrale zone te houden, dan moet men uitgaan van een buitentemperatuur van 24,1°C. Deze buitentemperatuur wordt slechts 1% van de tijd overschreden in Nederland. Berekeningen laten zien dat met dit uitgangspunt voor mestvarkens van 110 kg met een voeropname van 3,0 kg/dier/dag een ventilatiehoeveelheid van 120 m^3/dier/uur nodig is (VAN OUWERKERK, 1987a). Dieren die meer voer opnemen zouden meer ventilatie behoeven, zie de gestippelde lijn in figuur 15. Bij heet weer kan men die varkens, indien nodig, beperken in hun voergift. Een andere optie is, als de arbeidsorganisatie dit toelaat, de varkens 's nachts te voeren. In figuur 16 is met dezelfde uitgangspunten als voor mestvarkens de benodigde ventilatie capaciteit voor niet lacterende zeugen gegeven. Van lacterende zeugen zijn onvoldoende gegevens bekend om met dezelfde uitgangspunten de benodigde ventilatie capaciteit te bepalen. Per lacterende zeug wordt een ventilatie capaciteit van 200 m^3/uur geadviseerd.

Een kleinere ventilatiecapaciteit leidt tot hogere temperaturen in stallen en dit kan negatieve gevolgen voor de produktie hebben.
Een grotere ventilatiecapaciteit geeft hogere investerings- en energiekosten, ook wordt de regelbaarheid van de minimum ventilatiehoeveelheid moeilijker. Het optimum voor de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit kan voor de verschillende diergroepen anders liggen. Verder onderzoek kan hierover duidelijkheid verschaffen.



Figuur 15. *Benodigde ventilatiecapaciteit voor mestvarkens op basis van bovengrens thermoneutrale zone (VAN OUWERKERK, 1984).*



Figuur 16. *Benodigde ventilatiecapaciteit voor niet lacterende zeugen op basis van bovengrens thermoneutrale zone (VAN OUWERKERK, 1984).*

ABSTRACT

A working group reconsidered the recommendations on climatic advices for pigs as given by the Dutch extension service. Emphasis was mainly on thermal requirements. The existing recommendations have been refined for different growth rates of growing pigs and variations in feed intake. The new recommendations are based on the concepts of thermoneutrality and comfortzone. A list with points for further research was identified. In a next session a working group could be given the task to collect the available knowledge on air quality and translate it into a comprehensive set of recommendations on air quality.
Sick and healthy animals cannot be kept in the same room and be housed within their comfortzone. In the all-in all-out systems, as widely used in the Netherlands, feed intake is low directly after weaning and during the first days in fattening houses. A much higher temperature is required during this period, as feed consumption is on subnormal levels. On farms with better performance of the pigs, temperatures in pig houses can be lower than on farms with lower performance figures.

1 INLEIDING

De Nederlandse Varkenshouderij ontwikkelt zich steeds verder. Dit betekent dat zaken veranderen en dat de beheersing van de produktie steeds beter moet worden. Omdat de varkens van nu sneller groeien dan die van bijvoorbeeld 20 jaar geleden en de infectiedruk en de weerstand van het dier zijn veranderd, stellen onze huidige varkens andere eisen aan het klimaat. Doordat het klimaat beter kan worden geregeld ontstaan ook meer gedetailleerde vragen over de optimale waarden van het klimaat in stallen. Ook onderzoek draagt steeds nieuwe kennis aan over de behoeften van het varken.

Deze redenen hebben er toe geleid dat de werkgroep de thans gebruikte klimaatsadviezen kritisch heeft doorgenomen en waar nodig en mogelijk heeft aangepast en/of uitgebreid. De klimaatsnormen zijn gebaseerd op de fysiologische behoeften van het varken. In hoeverre dit ook de economisch meest optimale waarden zijn is niet bekend omdat o.a. de gevolgen van klimaat op gezondheid (en daarmee op de economische gevolgen) onvoldoende bekend zijn. Voor de thermische eisen (zoals temperatuur) die varkens aan hun omgeving stellen heeft dit rapport een aantal aanvullingen en aanpassingen kunnen geven op de adviezen die tot dusverre zijn verstrekt. De werkgroep heeft hiervoor gebruik gemaakt van een rekenmodel. Dit model is gestoeld op fysiologische en fysische wetmatigheden en resultaten van veel respiratieonderzoek.
Daarnaast zijn enkele vragen betreffende klimaateisen geformuleerd, die nog niet beantwoord kunnen worden en waar toekomstig onderzoek aandacht aan kan schenken. Aan de luchtsamenstelling is in dit rapport minder aandacht besteed. Er is nog onvoldoende bekend om hierover goed gefundeerde adviezen te kunnen geven. De invloed van licht en geluid op varkens is summier behandeld. Ten slotte is vermeld welke gevolgen de hier genoemde klimaatadviezen hebben voor de benodigde minimum ventilatiehoeveelheden en te installeren ventilatiecapaciteiten.

2 THERMISCH KLIMAAT

2. Achtergrond

2.1.1 Bepaling thermisch klimaat

Het thermisch klimaat in een stal is opgebouwd uit:

– De luchttemperatuur: De eenvoudigste en in de praktijk meest gebruikte parameter. Deze temperatuur zou men op dierniveau willen meten en regelen.
– De kontakttemperatuur: De temperatuur in het kontaktoppervlak tussen vloer en lichaamsdeel. Deze parameter kan bij de regeling van de vloerverwarming worden gebruikt. Vaak wordt de temperatuur gemeten door temperatuursensoren op enige centimeters onder het vloeroppervlak.
– Waterdampspanning van de lucht: Dit bei'nvloedt de warmtecapa citeit van de lucht en eventuele condensvorming op de gebouw constructie. Bij hoge temperaturen heeft de waterdampspanning van de lucht invloed op de latente warmteafgifte van varkens. Deze parameter kan gecombineerd worden met de luchttemperatuur tot de relatieve luchtvochtigheid.
– Stralingstemperatuur: Dit is een denkbeeldige temperatuur waartegen warmteuitwisseling door langgolvige straling plaatsvindt. Via berekening is hiervoor een benadering te geven.
– Luchtsnelheid: De wijze van luchtinlaat en de hoeveelheid ventilatie hebben invloed op de luchtsnelheid rond het dier.

Het klimaat in de stal verschilt van plaats tot plaats. Bij grote variaties in het klimaat in de verblijfsruimte van het varken zal men de parameters als gemiddelden (eventueel met standaardafwijkingen) moeten bepalen. Enkelvoudige parameters kunnen gecombineerd worden tot kengetallen die trachten een beter beeld van het klimaat te geven dan een enkele parameter. Enkele in het binnen- of buitenland gebruikte kengetallen zijn: De enthalpie, de temperature humidity index (THI), de black globe humidity index (BGHI), de tochtwaarde, de Kata-waarde, de wind chill factor en de wet-bulb globe temperature (WBGI). In het algemeen kan gesteld worden dat deze kengetallen informatie samenbundelen in een grootheid. De exacte waarden van de achterliggende elementaire grootheden zijn niet beschikbaar, tenzij ze alle afzonderlijk geregistreerd worden. Een waardeoordeel over het klimaat met behulp van meetwaarden van enkelvoudige parameters of van kengetallen berust op empirisch gevonden grenzen.

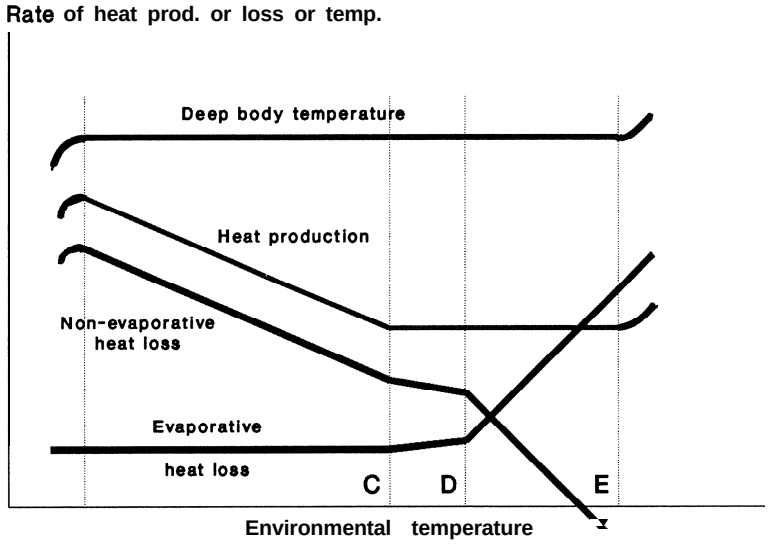
In Nederland is de Kata-waarde gebruikt. De Kata-waarde wordt bepaald met een zgn. "kata-thermometer". Met deze thermometer en een stopwatch wordt de tijd gemeten nodig voor afkoeling van een temperatuurstraject rond lichaamstemperatuur (humaan). Deze tijd is een maat voor de warmteafgifte van varkens aan de lucht. Luchttemperatuur, luchtsnelheid en uitstraling hebben daar invloed op. Door een coating van de kata-thermometer kan het effect van straling worden uitgesloten. Een bezwaar van de huidige kata-thermometer is dat het instrument erg breekbaar is. Bovendien is het een tijdrovende bepaling. De kata-thermometer is een instrument dat niet in een automatisch gegevensverzamelsysteem te gebruiken is. Met een te ontwikkelen moderne electronische versie van de kata-thermometer zouden deze bezwaren kunnen worden opgeheven.

Geen van de genoemde grootheden weerspiegelt de invloed van warmte geleiding tussen dier en vloer en het huddling-effect (het tegen en op elkaar liggen van varkens).
De term effectieve temperatuur wordt hier genoemd. De effectieve temperatuur is de temperatuur zoals die door de dieren wordt ervaren. De milieu-afhankelijke variabelen die tezamen de effectieve temperatuur vormen, zijn de droge boltemperatuur, de natte boltemperatuur, de stralingstemperatuur, de drinkwatertemperatuur, warmtedoorgangsgetallen, luchtsnelheid, aanwezigheid hokgenoten, kortom al die elementen uit de omgeving die van invloed zijn op de warmteafgifte bij konstante dierfactoren (waaronder orientatie, lichaamstemperatuur en houding).
Meting van de effectieve temperatuur is door de vele bepalende factoren niet mogelijk. Indirecte meting van de effectieve temperatuur is mogelijk doör dierafhankelijke factoren te meten zoals voeropname, warmteproduktie, groeisnelheid, gezondheid

en lichaamstemperatuur. Berekening van het thermisch klimaat is wel mogelijk door gebruik te maken van modellen. De wetmatigheden van fysische transportverschijnselen kunnen in een model worden gekoppeld aan fysiologische metingen en gedragswaarnemingen aan het dier. Deze metingen aan het dier kunnen in empirische of theoretische relaties worden vastgelegd. Een uitwerking hiervan in een computermodel is het BEZOVA programma (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986). Dit model is getoetst aan veel experimenten met indirecte metingen van de effectieve temperatuur via de dieren.

Z.I.2 Thermisch klimaat en warmtebalans

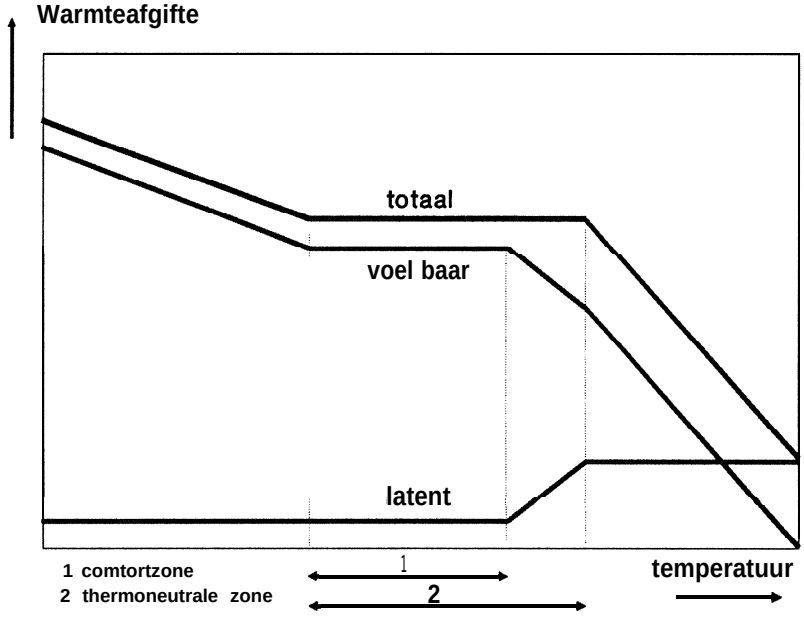
Beheersing van het thermisch klimaat in varkensstallen wordt mede nagestreefd omdat de energetische efficiëntie van de produktie van varkens ervan afhankelijk is. Een voorbeeld hiervan is de voederconversie (kg voer per kg groei). Een varken heeft een hoeveelheid energie nodig voor zijn "onderhoud", d.w.z. voor het in stand houden van levensprocessen, voor beweging en, bij te lage omgevingstemperaturen, voor het op peil houden van zijn lichaamstemperatuur. Deze energie wordt opgewekt door verbranding van voer. Neemt een varken meer voer op dan voor zijn onderhoudsbehoefte noodzakelijk is, dan kan dit extra voer de energie leveren die nodig is voor groei (van het varken zelf of van de vruchten in de zeug). Naarmate het percentage voer dat voor produktie kan worden gebruikt toeneemt, zal het onderhoudsdeel kleiner worden en de totale energetische efficiëntie van de produktie toenemen. De voederconversie wordt beter. Zodra zoveel voer wordt opgenomen dat niet meer alle produktie in de vorm van vlees wordt aangezet maar ook voor een belangrijk deel in vet, kan de voederconversie weer slechter worden, terwijl groei en voeropname kunnen blijven stijgen.
De onderhoudsbehoefte bij gelijkblijvende voeropname van een varken is minimaal in de "thermoneutrale zone". De onder- en bovengrens van deze zone worden onderste en bovenste kritieke temperatuur genoemd.
Het onderste deel van de thermoneutrale zone wordt comfortzone genoemd. In deze comfortzone kan het varken zijn warmteafgifte regelen door de onderhuidse bloedvaten te verwijden of te vernauwen. Een varken geeft ook warmte af via verdamping van vocht, de zgn. niet-voelbare of latente warmteafgifte. De temperatuur, waarboven de latente warmteafgifte snel gaat stijgen, wordt de bovengrens van de comfortzone genoemd. Hoe droger de lucht is, hoe meer waterdamp de lucht kan opnemen en hoe hoger de latente warmteafgifte van het varken is. In het bovenste deel van de thermoneutrale zone kan het varken minder voelbare warmte aan de omgeving afgeven en compenseert dit door meer vocht te gaan verdampen. Het varken gaat dan via de ademhaling (hijgen) de verdamping opvoeren. Het varken kan ook de effectieve temperatuur verlagen door op een koeler (meer luchtbeweging) en nat oppervlak (mest), het roostergedeelte van de vloer, te gaan liggen. Dit gedrag kan leiden tot hokbevuiling en is ongewenst. Rond de bovengrens van de comfortzone is een lage luchtvochtigheid gunstig voor de warmtebalans van het varken. Boven de bovenste kritieke temperatuur, de bovengrens van de thermoneutrale zone, gaat een varken zoveel activiteiten ontplooien om zijn warmte af te kunnen geven dat de warmteproduktie weer zou toenemen door die activiteit, indien de voeropname gelijk zou blijven. Op korte termijn zijn deze effecten te verwachten (figuur 1). Op middellange termijn passen hormoonspiegels en basismetabolisme zich aan als varkens boven of onder de thermoneutrale zone worden gehouden. Op lange termijn kan dit zelfs leiden tot morphologische aanpassingen (meer/minder spek).
De voeropname boven de thermoneutrale zone neemt door aanpassing in de loop van de tijd af waardoor de totale warmteproduktie van een varken dan daalt. Onder de onderste kritieke temperatuur kan een varken zijn warmteafgifte niet meer beperken en moet het extra voer verbranden om in zijn onderhoudsbehoefte te voorzien. De onderhoudsbehoefte neemt dus toe, zodat er bij gelijkblijvende voeropname minder voer voor produktie overblijft. Door extra voer te geven kan hiervoor gecorrigeerd worden. Bij ad-lib opname kunnen de varkens meer voer opnemen, soms zoveel dat ze hierdoor zelfs harder groeien.



bron: Mount (1974)

CD = comfortzone
CE = thermoneutrale zone

Figuur 1. *Korte termijn effecten van omgevingstemperaturen op warmteproduktie en -afgifte van varkens op dierniveau (MOUNT, 1974).*



Figuur 2. *Schematische weergave van warmteproduktie en -afgifte van varkens op dierniveau in relatie tot de omgevingstemperatuur volgens het BEZOVA-model (VAN OUWERKERK, 1988).*

Voor de berekening van de comfort- en thermoneutrale zone is gebruik gemaakt van het BEZOVA-model. Dit model veronderstelt dat binnen de thermoneutrale zone de warmteproduktie van een varken niet afhangt van de omgevingstemperatuur. Beneden de onderste kritieke temperatuur wordt een benodigde extra hoeveelheid energie berekend, die op korte termijn bijvoorbeeld als extra voer kan worden opgenomen. Als deze extra hoeveelheid energie niet terstond beschikbaar is, dan ontstaat een thermoregulatief conflict met gevaren voor de gezondheid van de dieren. Boven de thermoneutrale zone gaat het BEZOVA-model uit van aanpassingen van varkens op termijn, i.c. een verminderde voeropname en een lagere warmteproduktie (figuur 2).

De onder- en bovengrens van de comfortzone zijn afhankelijk van een aantal factoren. Deze factoren zijn ondermeer diergewicht, voeropname, vloeruitvoering, gezondheidstoestand en luchtsnelheid. De omgevingstemperatuur moet hoger zijn naarmate het gewicht lager is, de voeropname lager is, er minder stro op de vloer ligt, de varkens koorts hebben, als volledig roostervloer wordt gebruikt en als varkens veel stress hebben door spenen, verplaatsen en/of veranderingen in koppelsamenstelling. Verder geldt dat hoe hoger de luchtsnelheid is, hoe hoger de omgevingstemperatuur dient te zijn. Naast de algemeen afkoelende werking van hogere luchtsnelheden, kunnen ze, in combinatie met een lage temperatuur, de gezondheid van de varkens in gevaar brengen.

2.1.3 Thermisch klimaat en gezondheid

Tot dusverre is steeds uitgegaan van een stationaire toestand. Dit maakt het mogelijk met fysische wetten de warmtestromen en temperaturen te modelleren. In werkelijkheid bevindt een thermisch klimaat zich nooit in een statische toestand. Uit onderzoek naar de relaties tussen klimaat en gezondheid blijkt dat duur en wijze van blootstelling aan klimaatsomstandigheden erg belangrijk zijn voor de gezondheid van varkens. Mogelijk zijn deze schommelingen zelfs belangrijker dan de absolute waarde van bijv. de luchttemperatuur. De reactie van het dier op klimaatveranderingen kan leiden tot het acclimatiseren van het dier aan de omstandigheden. Zo zal een varken dat langere tijd aan lage temperaturen wordt blootgesteld na ongeveer een week zijn metabolisme hierop aanpassen. Het instellen van dergelijke nieuwe evenwichten wordt de specifieke reaktie genoemd. In een aantal gevallen is een varken echter niet in staat om zich aan te passen aan zijn omgeving. Dit gebeurt vooral wanneer de omgeving voor het dier onvoorspelbaar en onbeheersbaar verandert. Dit zal leiden tot stressverschijnselen, ook wel psychologische of aspecifieke reaktie genoemd. Door het niet kunnen omgaan met stress kan het varken uiteindelijk ziek worden of dood gaan als gevolg van het niet kunnen aanpassen.

Gezondheid van het dier is de basis voor het fysiologisch optimaal functioneren. Er moet daarom gestreefd worden naar een optimale gezondheid. Het bepalen van de gezondheid van varkens kan door het schatten van produktiekenmerken en van klinische, subklinische en preklinische parameters.
Produktiekenmerken: Door de produktieresultaten te meten (groei, voeropname, vleespercentage, biggen/worp) verkrijgt men hierover informatie. Deze methode is direct maar de informatie komt zo laat beschikbaar dat ze alleen geschikt is voor het achteraf beoordelen van de gezondheid.
(Sub)-Klinische gezondheid: Door te letten op o.a. verminderde voeropname, hoesten, niezen, poot-, staart-, en oorbeschadigingen, diarree, koorts en patholoog-anatomische afwijkingen zoals long- en leveraandoeningen en pleuritis, in het uiterste geval zelfs sterfte, wordt informatie verzameld over de (sub)-klinische gezondheid van varkens.
Preklinische gezondheid: De beinvloeding van de gezondheid kan mogelijk al gemeten worden als er (sub)-klinisch nog geen afwijkingen aan het dier te konstateren zijn (bijv. immunologische of hormonale bepalingen aan bloedmonsters).
Onderzoek zal moeten uitwijzen wat de effecten van suboptimale gezondheid zijn op de fysiologie en produktie van het dier. Vooral onderzoek naar de veranderingen in de gezondheid van het dier in relatie tot het stalklimaat vraagt, naast het onderzoek dat reeds verricht is (o.a. VERHAGEN, 1987),

nog veel onderzoek om duidelijke eensluidende adviezen naar de praktijk te kunnen geven.

De dynamiek van het klimaat behoeft meer aandacht. De advisering aan varkenshouders zal, als eerste stap in het beoordelen van dynamische aspecten van klimaat, naast informatie over absolute waarden van temperaturen, ook steeds meer duidelijkheid dienen te geven over maximaal toelaatbare veranderingen per tijdseenheid binnen een minimum en maximum waarde van een klimaatsfactor.

De normering van het stalklimaat zal dusdanig moeten zijn dat het rekening houdt met het aanpassingsvermogen van het varken dat aan bepaalde veranderende klimaatsfactoren wordt blootgesteld. Ook dient er rekening mee gehouden te worden dat de klimaatsnormen van zieke dieren anders zijn dan van gezonde dieren. Het al of niet gescheiden huisvesten van gezonde en zieke dieren is hier dus van belang. Echter ook gezonde dieren hebben, zelfs in stallen waar all-in all-out wordt toegepast, door verschillen in gewicht en voeropname, verschillende klimaatseisen. Op welke dieren het klimaat moet worden afgestemd is een kwestie van economie en welzijnseisen. Afstemming op het gemiddelde dier kan leiden tot suboptimale voederconversie van enkele dieren en tot gezondheidsrisico's voor deze dieren. Afstemming van het klimaat op alle dieren kan leiden tot hoge energiekosten of zelfs tot tegenstrijdige eisen, die alleen opgelost kunnen worden door de dieren op te delen in meer homogene groepen.

2.2 Adviezen thermisch klimaat

2.2.1 Warmteproduktie van dieren in de vermeerdering

De totale warmteproduktie van in groepen gehuisveste biggen binnen de comfortzone en de thermoneutrale zone is weergegeven in tabel 1.

Bij niet gespeende biggen is er van uitgegaan dat deze biggen energie opnemen uit melk en eventueel uit voer in een energiehoeveelheid die overeenkomt met de tussen haakjes aangegeven hoeveelheden voer. De energieopname van gezonde biggen ligt op een voerniveau van ongeveer 3 x onderhoud.

De warmteproduktie van zeugen binnen de comfortzone en de thermoneutrale zone is weergegeven in tabel 2. Zeugen hebben een andere onderhoudsbehoefte (voerniveau 1) dan de in hun aanwezige foetussen, vandaar dat deze tabel is opgedeeld naar stadium van de dracht.

Tabel 1. Totale warmteproduktie van biggen binnen de thermoneutrale zone (Sterrenburg & van Ouwerkerk, 1986).

Gewicht (kg)	voeropname bij voerniveau = 1 (g/dag) (onderhoud) (EW = 1,10)	warmteproduktie (W/dier) voerniveau			
		1	2	3	4
2	(55)	9	11	14	16
5	(110)	17	22	27	32
10	180	29	37	46	54
15	240	39	50	62	74
20	300	48	63	77	92

Tabel 2 Totale warmteproduktie van zeugen binnen de comfortzone (Sterrenburg & van Ouwerkerk, 1986).

Gewicht (kg)	voeropname bij voerniveau = 1 (g/dag)	warmteproduktie (Wldier) voerniveau			
		1	2	3	4
Zeugen begin dracht (EW=0,96)					
125	1,29	182	236		
150	1,48	208	271		
175	1,66	234	304		
200	1,83	259	336		
225	2,02	282	367		
Zeugen halverwege de dracht (EW=0,96)					
125	1,34	190	247		
150	1,53	216	281		
175	1,71	242	315		
200	1,89	267	347		
225	2,08	290	377		
Zeugen einde dracht (EW=0,96)					
125	1,68	237	309		
150	1,87	265	344		
175	2,06	291	378		
200	2,24	316	411		
225	2,37	330	429		
250	2,58	354	460		
Lacterende zeugen (EW=1,03)					
125	1,21	182	236	291	345
150	1,39	208	271	333	396
175	1,56	234	304	374	444
200	1,73	259	336	414	491
225	1,89	282	367	452	537
250	2,04	306	397	489	581

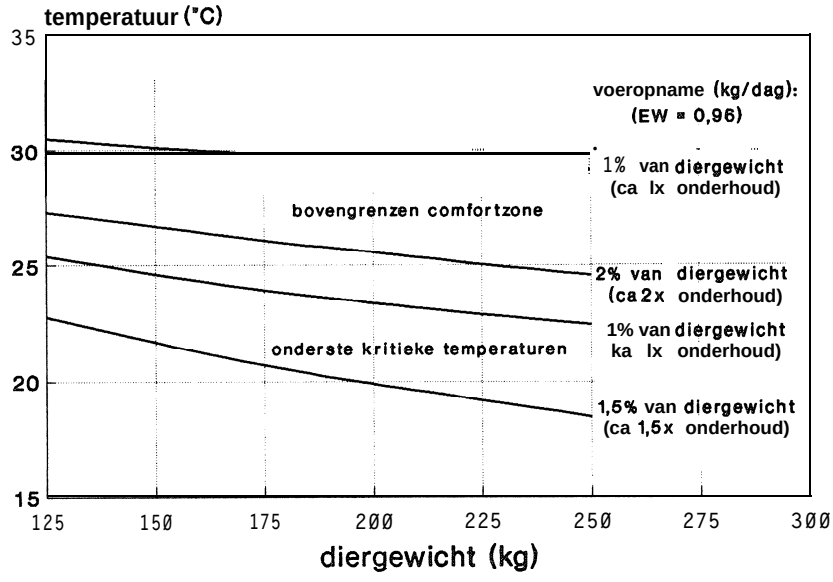
2.2.2 Kritieke temperaturen voor guste en drachtige zeugen

Figuur 3 geeft een overzicht van de kritieke temperaturen voor individueel gehuisveste guste zeugen en zeugen aan het begin van de dracht. Figuur 4 geeft de onderste kritieke temperaturen voor zeugen op het einde van de dracht. Tijdens de dracht verandert de temperatuurbehoefte van de zeug geleidelijk van die uit figuur 3 naar die uit figuur 4. In de drachtige zeug hebben de vruchten in de baarmoeder een ander metabolisme dan de zeug en omdat deze groeien tijdens de dracht verandert de temperatuurbehoefte van de drachtige zeug. Hoge ruimtetemperaturen hebben een ongunstige invloed op de berigheid van zeugen.

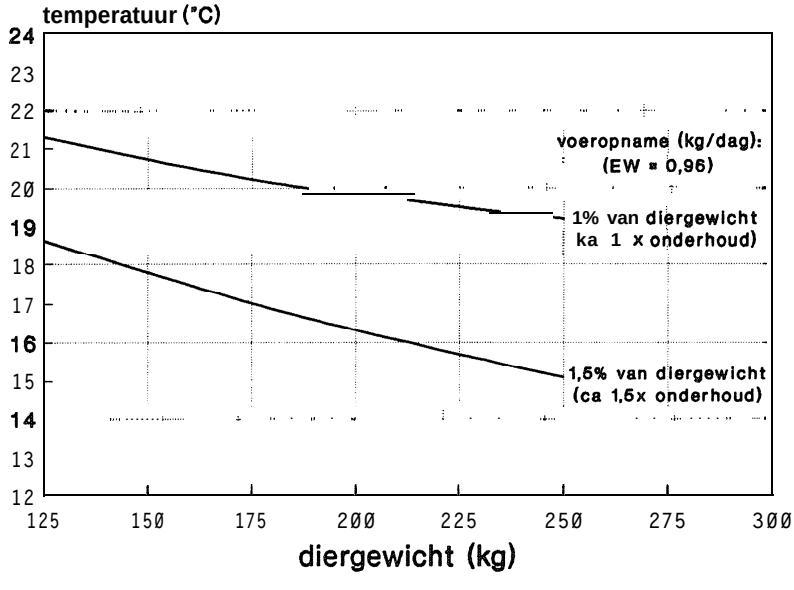
2.2.3 Pas geboren biggen

Pas geboren biggen zijn nat. Ze komen achter de zeug ter wereld, dus niet bij het (warme) uier of in een biggenest. De lichaamstemperatuur van biggen ligt normaal tussen 39 en 40°C. Als biggen op een kale onverwarmde roostervloer komen te liggen kan de lichaamstemperatuur van pasgeboren lichte biggen binnen een half uur dalen tot zelfs 32°C (KUYPERS, 1987).

Dit is een levensgevaarlijke situatie. Het verzwakt biggen, waardoor ze minder mobiel zijn en ze zich niet meer in veiligheid kunnen brengen en doodgaan. Bij biggen met een laag geboortegewicht is de daling van de lichaamstemperatuur groter dan bij zwaardere biggen. Belangrijke redenen



Figuur 3. *Kritieke temperaturen voor individueel gehuisveste guste zeugen en zeugen aan het begin van de dracht op droge betonvloer gemeten als luchttemperatuur bij de dieren (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*



Figuur 4. *Onderste kritieke temperatuur voor drachtige zeugen, einde dracht, droge betonvloer (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*

voor deze afkoeling zijn de verdamping van het vocht op de huid van een natte big en geleiding van lichaamswarmte naar de vloer.
Maatregelen, die genomen kunnen worden om het sterk afkoelen van de biggen direct na de geboorte te voorkomen, zijn het gebruik van een verwarmingslamp boven de geboorteplaats (dus achter de zeug), het leggen van een vochtabsorberende (wegwerp) mat op deze plaats, het gebruik van stro en het verhogen van de ruimtetemperatuur.
Het gebruik van een extra lamp boven een biggenest met vloerverwarming heeft vaak geen zin. De eerste dagen liggen de biggen nog niet goed in het nest. Alleen bij lage ruimtetemperaturen en lichte of zieke tomen is van zo 'n extra lamp een positief effect gevonden (PEERLINGS & VAN 'T KLOOSTER, 1988). Door zeugen "polikli-nisch" te laten werpen kunnen in een kraamhok speciale voorzieningen worden gemaakt die intensief gebruikt kunnen worden. Of deze voorzieningen als bedrijfssysteem interessant zijn is nog een vraag (BACKUS, 1988).

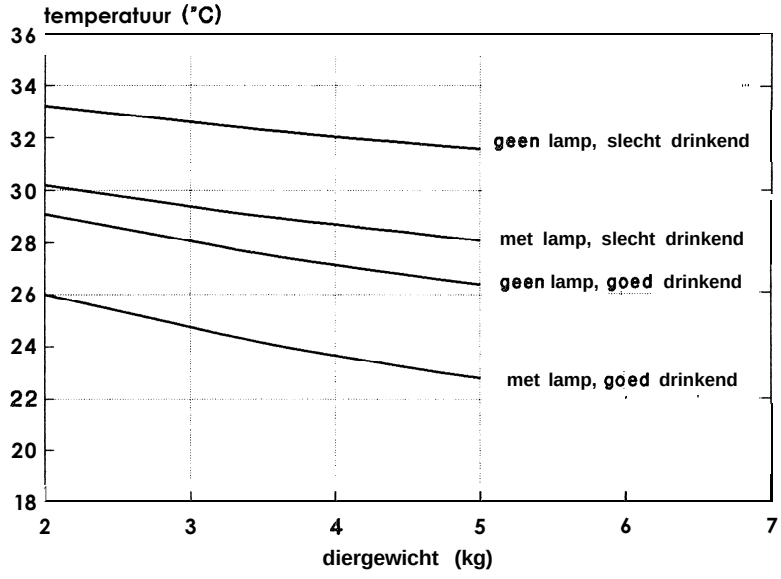
2.2.4 Adviestemperaturen voor lacterende zeugen en biggen

De ruimtetemperatuur in de kraamstal is een compromis tussen een relatief lage gewenste temperatuur voor de zeug en een relatief hoge gewenste temperatuur voor de biggen. In een biggenest wordt de temperatuur voor de biggen optimaal gehouden, maar ook buiten het nest moeten de biggen niet verkleumen. Een hoge ruimtetemperatuur vermindert de voeropname van de zeug en leidt tot een groot gewichtsverlies van de zeug in de kraamstal. Een lacterende zeug bezit weefsels met totaal verschillende warmte-weerstanden. Het uierweefsel heeft een goede doorbloeding en een hoge huidtem-peratuur en geeft gemakkelijk warmte af. De rug van de zeug geeft daarentegen veel moeilijker warmte af. Hierover is nog onvoldoende bekend om goede adviestem-peraturen voor lacterende zeugen te kunnen geven. Wel kan worden ingeschat dat deze gewenste temperaturen voor de zeug veel lager zijn dan de huidige ruimtetemperaturen in kraamstallen. Los daarvan kan gesteld worden dat er nog geen economisch relevante technische oplossingen zijn gevonden voor een optimale regeling van de temperatuur voor zowel de zeug als haar biggen.

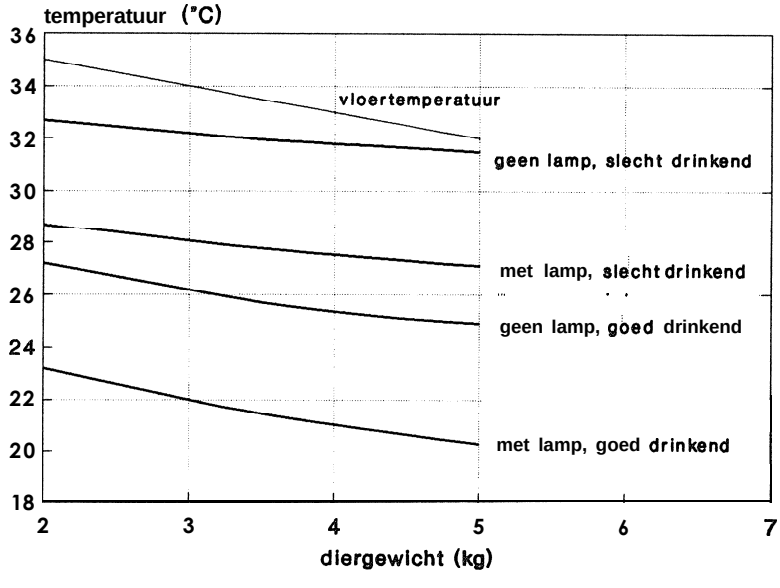
De adviestemperatuur voor de kraamstal is daarom gebaseerd op de huidige praktijk-normen. Verder onderzoek en nieuwe ontwikkelingen in kraamhokken kunnen in de toekomst mogelijk een scherper onderscheid in het klimaat van zeugen en van biggen mogelijk maken.
De aanbevolen ruimtetemperatuur daalt vanaf het werpen tot het spenen: zie tabel 3.
De voeropname van biggen bij de zeug is moeilijk te meten. De warmteafgifte van biggen in het biggenest wordt sterk beïnvloed door de temperatuur van de vloer en de temperatuur van de lucht en de straling van een eventuele lamp. In figuren 5 en 6 staan de onderste kritieke tempera-turen voor biggen van minstens 2 kg op een onverwarmde respectievelijk verwarmde betonvloer. Direct na de geboorte is de big nat, het gewicht laag en de temperatuur in het biggenest moet op dat moment voor normale tomen 35°C zijn.
Het liggedrag van biggen is een goede graadmeter voor het controleren van de nesttemperatuur. De biggen moeten net tegen elkaar liggen, dus niet op elkaar (te koud) of uit elkaar (te warm). Door verschil-len in toomgrootte, gezondheidstoestand en geboortegewicht wordt de gewenste nesttemperatuur beïnvloed. Voor normale tomen in een biggenest met vloerverwar-ming is een curve (figuur 7) vastgesteld die kan worden gebruikt als leidraad. Zoals gezegd is het liggedrag van de biggen uiteindelijk bepalend voor de instelling van de temperatuur.

Tabel 3: Aanbevolen ruimtetemperatuur bij het werpen en bij het spenen.

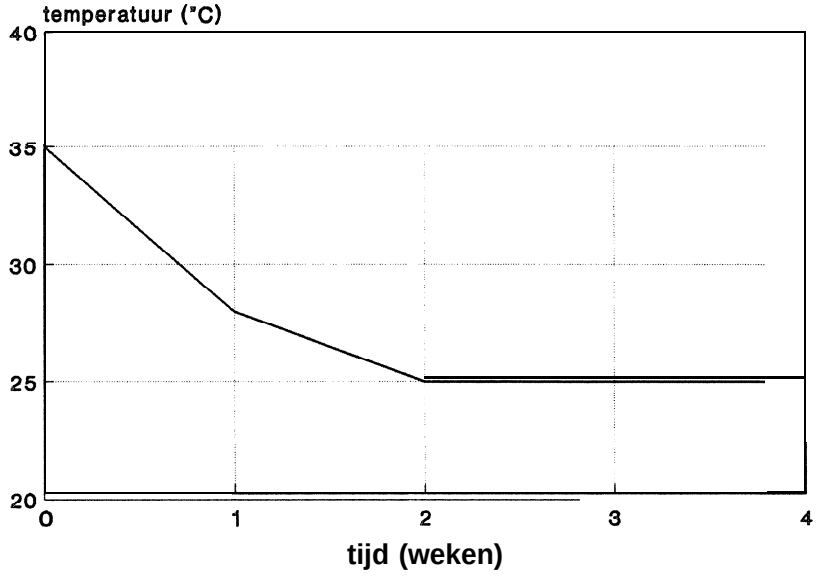
	in eerste week na het werpen	week van spenen
dichte vloer met strooisel	18°C	15°C
halfroostervloer	20°C	17°C
volledig roostervloer	22°C	19°C



Figuur 5. *Onderste kritieke temperatur voor droge biggen op een onverwarmde vloer bij luchtsnelheid < 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*



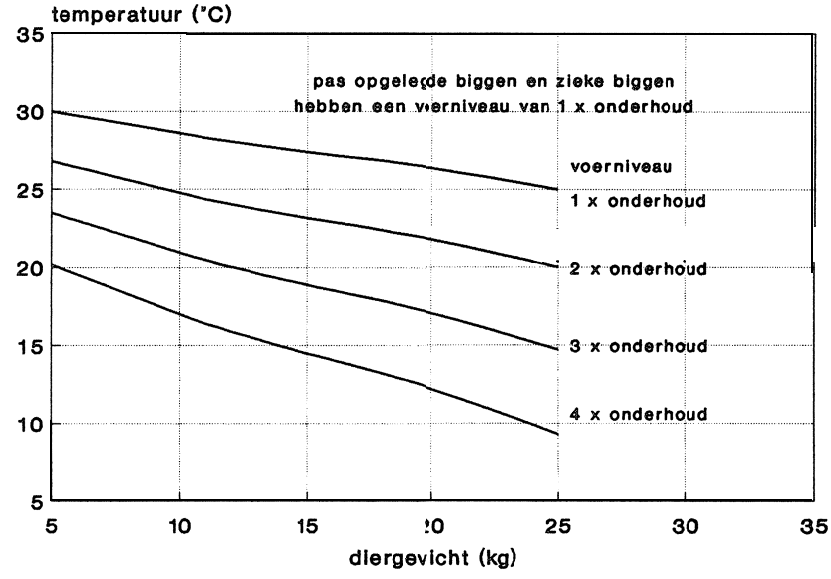
Figuur 6. *Onderste kritieke temperatuur voor droge biggen op een verwarmde vloer bij luchtsnelheid < 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*



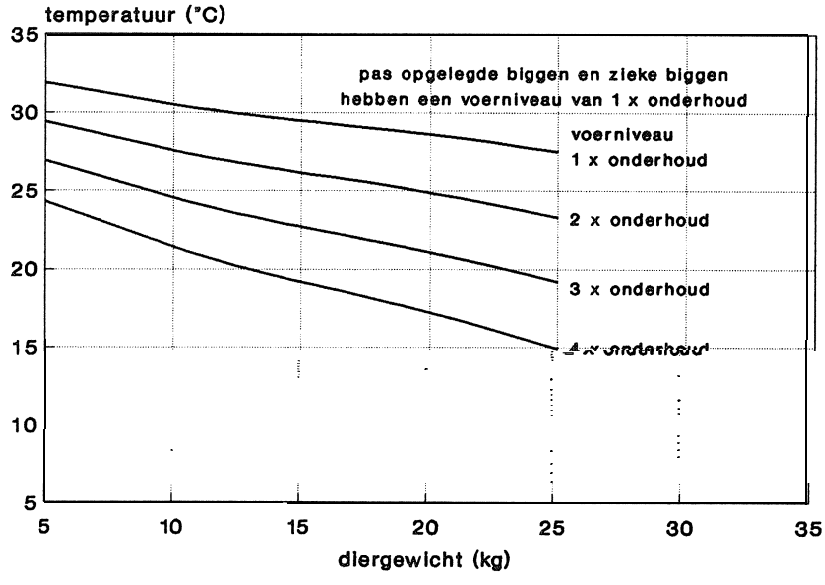
Figuur 7. *Gewenste temperatuur in een biggenest met vloerverwarming voor normale worpen (PEERLINGS & VAN'T KLOOSTER, 1988)*

22.5 Onderste kritieke temperaturen voor gespeende biggen

Na het spenen zullen biggen, die in het kraamhok blijven liggen, alleen stress ondervinden doordat de zeug weg is. Biggen die verplaatst worden hebben meer stress, zeker als de tomen gemengd worden. Dit betekent dat de eerste dagen na het spenen ervan uitgegaan moet worden dat (enkele) biggen een voerniveau hebben juist voldoende voor onderhoud. Figuren 8 en 9 geven de onderste kritieke temperaturen voor gespeende biggen die op respectievelijk stro en op metaalrooster worden gehouden. Bij metaalroosters moet men de luchttemperatuur in de mestkelder gebruiken. Deze lucht stijgt namelijk op en is dus de lucht waar de biggen in liggen. De onderste kritieke temperaturen voor gespeende biggen op een wel of niet verwarmde betonvloer zijn te vinden in figuur 10. Uit de figuren blijkt dat in stallen zonder stro de temperatuur bij opleg 32°C moet zijn om slecht etende biggen toch nog een goed klimaat te bieden.



Figuur 8. *Onderste kritieke temperaturen voor gespeende biggen op stro, luchtsnelheid < 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*



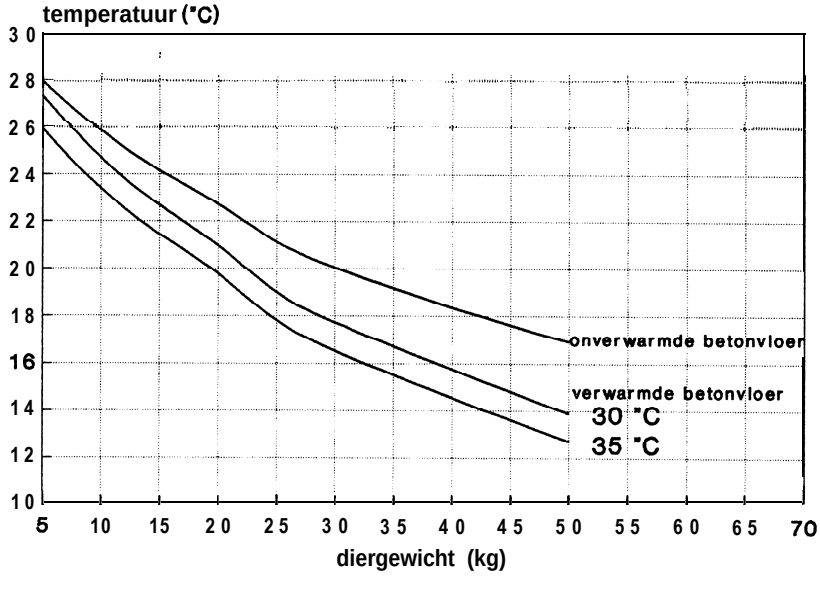
Figuur 9. *Onderste kritieke temperaturen voor gespeende biggen op metaalrooster gemeten onder het rooster (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*

2.2.6 Onderste kritieke temperaturen voor opfokzeugen

De adviestemperaturen voor opfokzeugen kunnen worden afgeleid uit die voor mestvarkens, waarbij de doorgaans lagere voeropname van de opfokzeugen in acht moet worden genomen. Men streeft vaak naar een groei van circa 550 g/dag.

2.2.7 Adviestemperaturen voor beren

Geadviseerd wordt om dekberen binnen de comfortzone te houden. Bij een voeropname van bijvoorbeeld 1,1 maal onderhoud is dit een ruimtetemperatuur van minimaal 20°C. Als meer voer wordt verstrekt dan daalt de onderste kritieke temperatuur met 1°C per 100g extra voer. Voerniveau's tot 1,4 maal onderhoud kunnen voorkomen. Deze temperaturen gelden voor een dichte betonvloer als ligplaats. Op volledig rooster liggen deze temperaturen 2°C hoger. Als beren uitsluitend als zoekbeer gebruikt worden, zijn de eisen mogelijk minder stringent, maar zal de voeropname en de reinheid van het hok gebaat zijn bij een klimaat binnen de comfortzone.



Figuur 10. *De onderste kritieke temperaturen voor gespeende biggen en jonge mestvarkens op betonvloer bij voerniveau van 2,5 x onderhoud, luchtsnelheid 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*

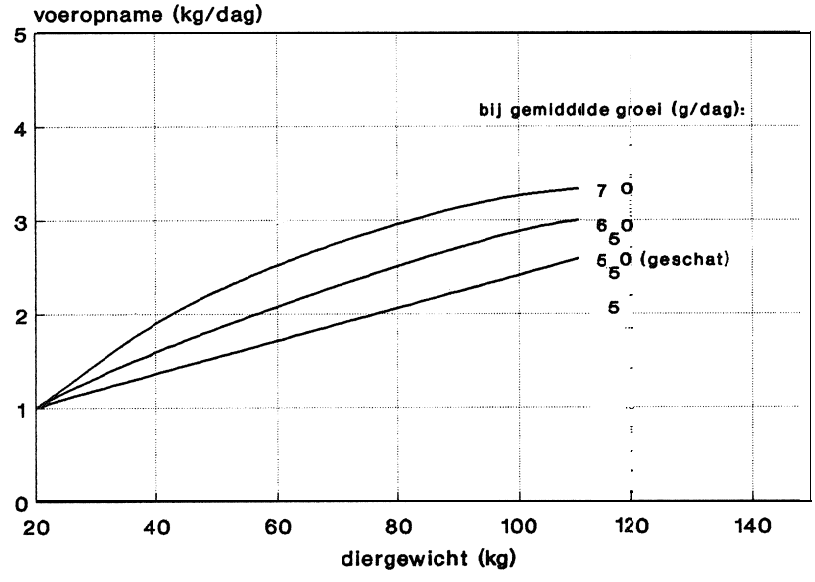
2.2.8 Warmteproduktie en adviestemperaturen voor mestvarkens

De warmteproduktie (voelbaar en latent) en daarmee de onderste kritieke temperatuur voor mestvarkens is afhankelijk van de voeropname (tabel 4). In figuur 11 is de geschatte gemiddelde voeropname voor mestvarkens met verschillende groeisnelheden weergegeven.

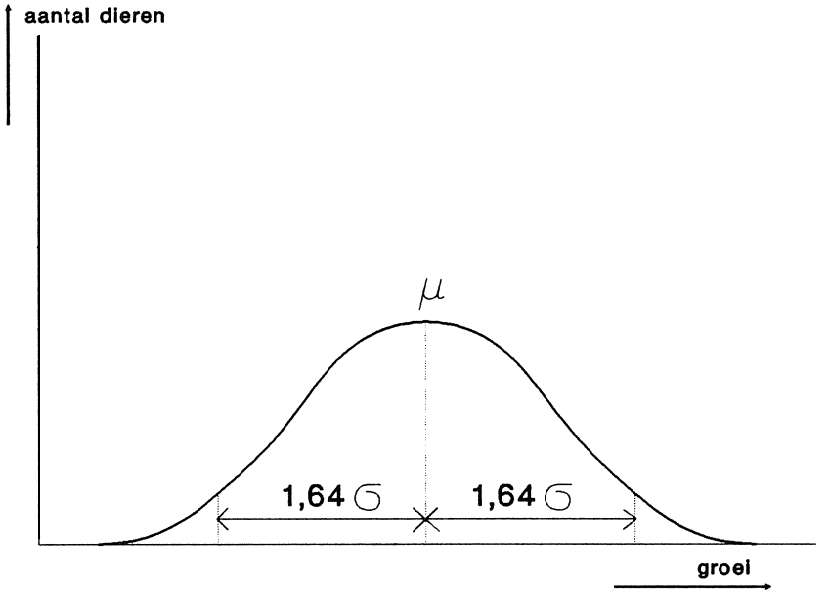
In een koppel varkens hebben de dieren niet allen dezelfde voeropname. Hun gewicht is ook niet gelijk. De warmteproduktie en de groei van de varkens varieert dus ook van dier tot dier. Deze variabelen zullen bij benadering een normale verdeling vertonen (zie figuur 12).

Tabel 4. Totale warmteproduktie van mestvarkens binnen de thermoneutrale zone (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).

Gewicht (kg)	voeropname bij voerniveau = 1 (kg/d) (EW=1,03)	warmteproduktie (W/dier) voerniveau 1	2	3
25	0,40	59	77	95
45	0,61	92	120	147
65	0,82	121	158	194
85	0,99	148	193	237
105	1,17	174	226	278



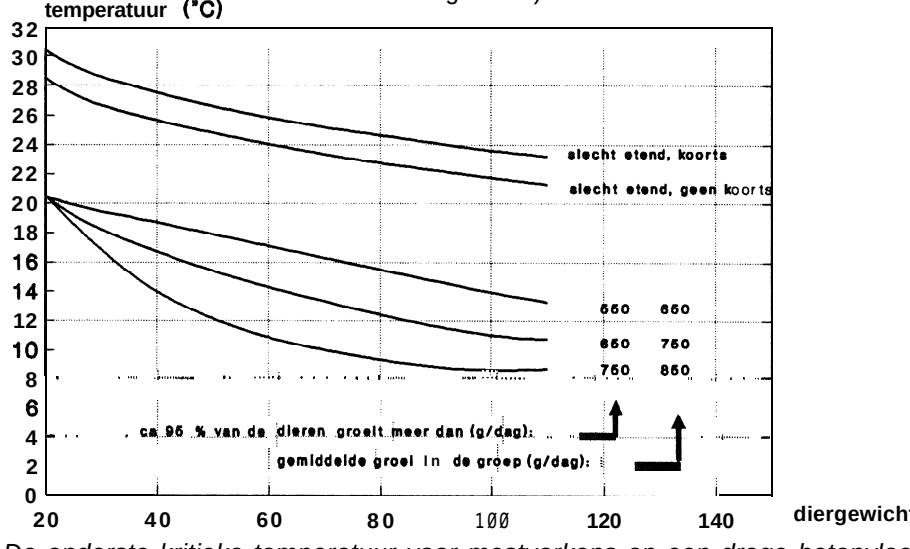
Figuur 11. *De gemiddelde voeropname van mestvarkens voor verschillende groeisnelheden (EW=1,03).*



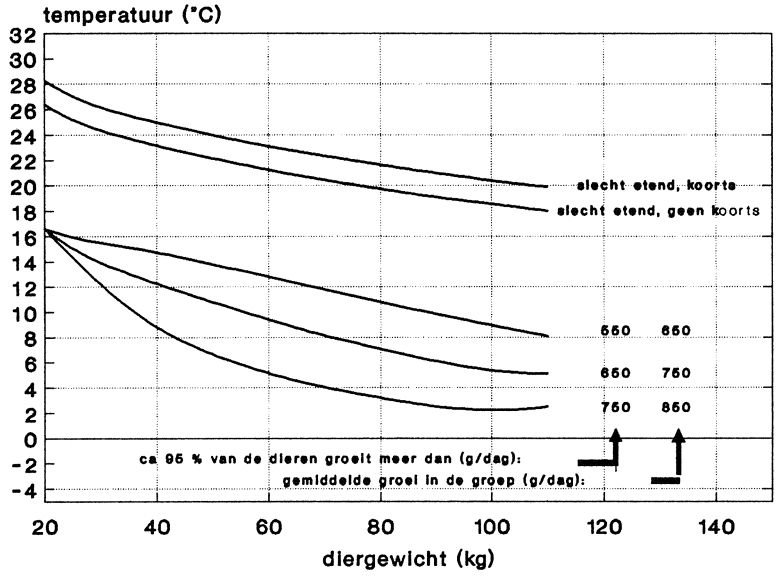
Figuur 12. *Een normale frequentieverdeling van bijv. groei binnen een koppel mestvarkens.*

Hierin is μ de gemiddelde waarde en σ de standaardafwijking. Berekeningen aan proefgegevens van het Praktijkonderzoek Varkenshouderij laten zien dat voor individuele mestvarkens de standaardafwijking voor de groei circa 55 g/dag bedraagt. Deze verdeling van de groei is afhankelijk van voermethode, oplegstrategie, etc. Dit houdt in dat 5% van de varkens minstens 100 g/dag minder groeit dan het gemiddelde groeicijfer van de koppel. Wil men 95% van de dieren een goed klimaat bieden dan kan men dat doen door uit de figuren 13 tot en met 15 de juiste groeisnelheden te kiezen. In deze figuren is ervan uitgegaan dat de verdeling van de groei in vlees en in vet gelijk is voor de verschillende groeisnelheden. Snel groeiende dieren zetten mogelijk relatief meer vlees en minder vet aan. In figuur 13 is er van uitgegaan dat de gedeeltelijk dichte vloer in het hok niet genoeg ruimte biedt voor alle zware mestvarkens en dat sommige varkens dan op de roosters liggen. De invloed van vloerverwarming is te vinden in figuur 10.

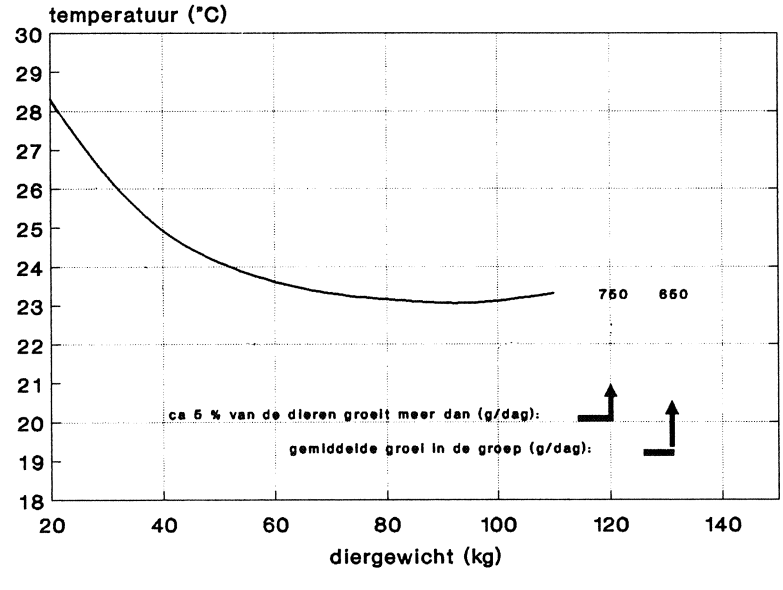
Figuur 13 laat duidelijk zien dat slecht etende varkens een hoge onderste kritieke temperatuur hebben. Deze hoge onderste kritieke temperatuur geldt direct na opleg als de mestvarkens nog weinig voer opnemen. Bij opleg van mestvarkens moet de ruimtetemperatuur tijdelijk tot 28°C worden verhoogd om de dieren binnen de thermoneutrale zone te houden. Zodra de varkens goed voer opnemen kan de temperatuur in de stal dalen. Omdat de hoge temperatuur slechts tijdelijk nodig is kan voor het verwarmen van een afdeling op die momenten gebruik worden gemaakt van verplaatsbare warmtebronnen. Zieke dieren en gezonde goed etende varkens kunnen niet samen in een afdeling worden gehuisvest en toch beide een goed klimaat aangeboden krijgen. Als het aantal zieke dieren beperkt is kunnen deze varkens uit de afdeling worden verwijderd.
Uit figuur 13 blijkt dat het huidige advies voor mestvarkens, het lineair afbouwen van de minimum temperatuur van 20 naar 14°C, geldt voor mestvarkens met een gemiddelde groei van 650 g per dag. Met deze grafiek kan men ook voor andere groeisnelheden de onderste kritieke temperatuur bepalen. Bij het gebruik van deze grafieken zal men de groeisnelheid van de huidige ronde varkens niet kennen, maar men kan de groei van de vorige ronden gebruiken. Dit is meestal de beste schatting die men kan maken voor de groeisnelheid. In de grafieken staan rechts een aantal gemiddelde groeisnelheden en in de linkerkolom de daarmee corresponderende groeisnelheden waar 5% van de varkens onder (onderste kritieke temperatuur, figuren 13 en 14) of boven zit (bovengrens comfortzone, figuur 15).



Figuur 13 *De onderste kritieke temperatuur voor mestvarkens op een droge betonvloer (tot 70 kg) en boven 70 kg ook op droge betonroosters bij een luchtsnelheid van 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*



Figuur 14. *De onderste kritieke temperatuur voor mestvarkens op 17 mm stro bij een luchtsnelheid van 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*



Figuur 15. *Bovengrens van de comfortzone van mestvarkens op een droge betonvloer bij een luchtsnelheid van 0,15 m/s (STERRENBURG & VAN OUWERKERK, 1986).*

Als strooisel wordt verstrekt in een varkenshok is het voor de adviestemperatuur vooral van belang de isolerende werking te kennen. De isolerende werking wordt mede bepaald door de dikte van de laag strooisel, daarnaast kunnen andere eigenschappen van het strooisel een rol spelen. De hoeveelheid strooisel kan plaatselijk variëren en mogelijk zijn er plaatsen zonder strooisel. Zowel varkens die op een dichte betonvloer liggen als varkens op een laag stro moeten een optimaal klimaat aangeboden krijgen. Veel stro kan de luchtbeweging rond de varkens beperken en de stralingverliezen verminderen en bijdragen aan een verdere verlaging van de onderste kritieke temperatuur.

2.2.9 Uitloop

Varkens met de mogelijkheid van uitloop hebben in vergelijking met varkens zonder uitloop een iets hogere activiteit, Dit heeft, voorzover bekend, echter geen duidelijke gevolgen voor de klimaatbehoefte in de stal.
Als dieren uitloop naar buiten wordt gegeven dan dient een zodanige hokuitvoering gekozen te worden dat de luchtsnelheid in de ligruimte van de varkens altijd laag is.

2.2.10 Luchtsnelheid

De luchtsnelheid rond het dier en de temperatuur van deze lucht zijn samen de externe factoren die de warmteafgifte door convectie bepalen. Aan de onderzijde van de comfortzone wordt het belangrijk de warmteafgifte te beperken. De warmteafgifte per eenheid van oppervlak door convectie is volgens Bruce en Clark (1979) afhankelijk van het gewicht van het varken tot de macht -0,14 en van de luchtsnelheid tot de macht 0,6. De maximaal toelaatbare luchtsnelheid neemt dus niet lineair af bij lagere luchttemperaturen. Het verband is ook afhankelijk van het gewicht van het varken. Ook de huidtemperatuur speelt een rol. Deze factor wordt bepaald door de lichaams- en omgevingstemperatuur maar ook door de warmteweerstanden in de huid en in het lichaam van het varken. Zo geeft een dikkere speklaag meer warmteweerstand (vet isoleert immers) en een lagere huidtemperatuur en derhalve minder warmteafgifte door convectie. De luchtsnelheid heeft dus invloed op de afkoeling en dus op de onderste kritieke temperatuur voor varkens.

Wanneer gespeende biggen of jonge mestvarkens worden opgelegd nemen ze in de eerste dagen nauwelijks voer op. Het voerniveau is dan gelijk aan onderhoud. De onderste kritieke temperatuur voor een big van 7 kg is in die situatie op een metaalrooster 31,3 bij een totale warmteproduktie van slechts 21 W. Wanneer zo'n big door een slechte luchtverdeling in aanraking komt met een tocht-luchtstroom met een temperatuur van 16 en een luchtsnelheid van 0,5 m/s dan neemt de afkoeling van het dier toe met 35 W. Deze extra afkoeling kan het dier niet compenseren met warmteproduktie uit extra voer, omdat het dier nog geen voer opneemt.
De onderste kritieke temperatuur voor een pas opgelegd mestvarken van 23 kg op een betonvloer is bij slechte voeropname 27,5 bij een totale warmteproduktie van slechts 55 W. Wanneer dat dier in aanraking komt met dezelfde koude luchtstroom neemt de afkoeling toe met 44 W; dit is warmteafgifte, die nog niet kan worden gecompenseerd door extra voeropname. Dit voorbeeld toont aan dat men absoluut moet vermijden dat pas opgelegde dieren aan tocht worden blootgesteld.

Bij lichte varkens (tot circa 40 kg) zijn luchtsnelheden tot 0,15 m/s toelaatbaar, bij zwaardere dieren snelheden tot 0,20 m/s. Bij plaatselijke lage luchttemperaturen is het erg belangrijk dat luchtsnelheden laag zijn. Bij onvolledige menging bestaat het gevaar van plaatselijk lage luchttemperaturen. In de praktijk is de regeling van de luchttemperatuur nog niet altijd perfect. Suboptimale luchtinlaatsystemen, tochtstromen uit kieren, extreme kou, etc. kunnen tot onvolledige menging van stallucht leiden en uiteindelijk tot tocht bij de dieren.

Bij hoge ruimtetemperaturen kunnen hoge luchtsnelheden de warmteafgifte van varkens verbeteren. Dit is echter uitsluitend toelaatbaar wanneer de luchttemperatuur boven de thermoneutrale zone ligt. Ook als het overdag warm is geweest kan 's nachts de buitentemperatuur fors dalen. Als men dan maximaal ventileert om de tijdens de

dag geaccumuleerde warmte af te voeren bestaat het gevaar van te sterke plaatselijke afkoeling van de varkens. Men kan dit gevaar verminderen door in die situatie het temperatuurtraject waarin het ventilatiedebiet proportioneel geregeld wordt (de zgn. bandbreedte) in de klimaatregelaar (automatisch) aan te passen. Dit kan door een grotere bandbreedte te geven of door het traject van de proportionele regeling te verleggen tot de opgetreden staltemperatuur, zie figuur 16.

2.2.11 Luchtvochtigheid

Voor adviezen betreffende luchtvochtigheid in varkensstallen wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk omdat de gewenste onder- en bovengrens van de luchtvochtigheid veel meer wordt bepaald door luchtkwaliteit dan door de warmteafgifte van varkens.

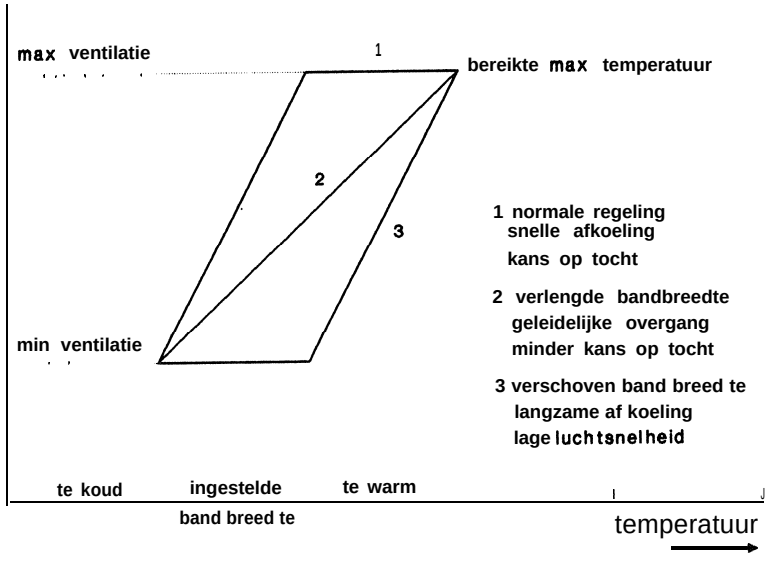
2.3 Onderzoeksvelden

Aan het effect van (te) hoge temperaturen op varkens is veel minder aandacht besteed in onderzoek dan aan (te) lage temperaturen.
Meer onderzoek naar de bovengrenzen van de comfortzone en de thermoneutrale zone kan tot meer kennis op dit gebied leiden.

Daarmee wordt het beter mogelijk een economische afweging te maken van de effecten van hoge temperaturen. Nu koeling door grondbuisventilatie in sommige stallen economisch verantwoord is, ontstaat er ook meer behoefte aan dergelijke kennis.

Hoe is de voeropname van varkens binnen de thermoneutrale zone afhankelijk van de omgevingstemperatuur? In onderzoek (o.a. VAN 'T KLOOSTER, 1987, TIELEN, 1987) is gevonden dat binnen de thermoneutrale zone de voeropname samenhangt met de temperatuur. De efficientie van de produktie in de comfortzone en de thermoneutrale zone hangt dan af van de omgevingstemperatuur. Een meer optimale temperatuurregeling binnen de thermoneutrale zone zou tot besparingen in voerkosten kunnen leiden. Het grondig uitwerken van gevonden onderzoeksresultaten en waar nodig aanvullen met verder onderzoek is erg zinvol.

De temperatuursbehoefte van lacterende zeugen is nog onvoldoende bekend. Door de grote verschillen in warmteweerstand van weefsels in verschillende delen van de lacterende zeug en het gebrek aan kennis van de thermische eigenschappen van deze weefsels en door de mogelijke relatie



Figuur 16: *Varianten in bandbreedteregeling voor klimaatregelaars na hoge buitentemperaturen.*

met de melkproduktie kan de temperatuursbehoefte nog niet modelmatig worden bepaald. Onderzoek op dit terrein kan bijdragen aan een betere klimatisering van de kraamstal.

De dynamische effecten van klimaat op produktie en gezondheid van varkens zijn nog onvoldoende bekend. Uit onderzoek in respiratiecellen en klimaatstallen is gebleken dat duur en wijze van blootstellen aan klimaatbelastingen een belangrijke invloed hebben op de gezondheid van varkens. Verder onderzoek op dit terrein is noodzakelijk.

Onderzoek naar de stabiliteit van luchtbewegingspatronen in varkensstallen kan inzichten geven in de factoren die de stabiliteit beïnvloeden en daarmee tot ventilatiesystemen met een betere beheersing van de luchtsnelheden rond varkens.

De invloed van geperforeerde vloeren op de klimaatseisen is nog onvoldoende duidelijk. Het luchtbewegingspatroon in mestkelders kan hier een rol spelen. Van kunststofroosters zijn de thermische eigenschappen nog volledig onbekend.

Kwantitatieve informatie over drempelwaarden van de neurale receptoren van varkens kan door onderzoek worden verkregen. Deze informatie kan worden gebruikt bij het begrijpen van de gevolgen van dynamische aspecten van het klimaat op de gezondheid en produktie van varkens.

Onderzoek naar de klimaatsbehoefte van zieke varkens kan bijdragen tot betere verzorging van zieke dieren en/of een beter stalontwerp met betrekking tot ziekenboegen
Een economische verkenning is wenselijk naar de keuze tussen het creëren van een ziekenboeg voor varkens of het direct afvoeren van zieke dieren of het suboptimaal houden van zieke dieren tussen gezonde dieren in een normale afdeling.

Er is nog onvoldoende bekend over de individuele verschillen in groepen varkens. Moet het klimaat in een stal worden geregeld op basis van het “gemiddelde” dier, met in acht neming van een veiligheidsmarge, of kan op grond van de standaardafwijking, energiekosten en gezondheidsrisico’s een economisch optimum worden aangegeven voor het percentage dieren dat binnen hun comfortzone moet worden gehuisvest.

Varkens, die veel sneller groeien dan gemiddeld, kunnen bruikbare informatie opleveren over de klimaatsbehoefte van de toekomstige varkens. Door dieren te selecteren op groei of op andere wijze te beinvloeden, kunnen deze dieren voor klimaatonderzoek interessant zijn.

3 LUCHTKWALITEIT

Het is niet de intentie van deze werkgroep om uitvoerig in te gaan op aspecten van de luchtkwaliteit. Daartoe ontbreekt de tijd. In een mogelijk vervolg op het werk in deze werkgroep kan wellicht meer aandacht aan luchtkwaliteit in varkensstallen worden besteed.

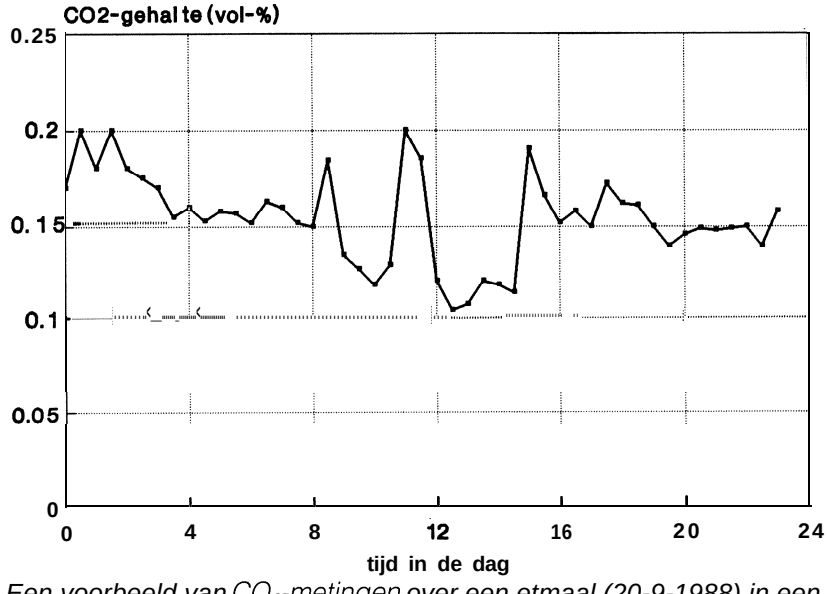
3.1 Achtergrond

Stallucht is een mengsel van gassen en deeltjes. Naast zuurstof, stikstof, kooldioxide, ammoniak, methaan en zwavelwaterstof zijn er nog vele gassen in stallucht aanwezig. Vele aromatische koolwaterstoffen en vluchtige vetzuren komen uit de mest vrij. Deeltjes in stallucht bestaan uit niet-biologisch materiaal en uit biologische bestanddelen. Enkele belangrijke bestanddelen zijn stofdelen uit het voer, eiwitten van varkens afkomstig (urine), mestdeeltjes, stuifmeel, mijten, insectendelen, minerale bestanddelen, bacteriën, endotoxine, mycotoxine en infectueuze micro-organismen. Ammoniak en water kunnen ook gebonden zijn aan deze deeltjes. Omdat stallucht wordt ingeademd door de varkens en de varkenshouder kan deze lucht irritatie, vergiftiging, infectie en specifieke allergische reacties veroorzaken.

Tot in de jaren zeventig werd de rol van stof in de gezondheid van varkens en varkenshouders niet duidelijk herkend (Curtis et al., *1974).* Recent onderzoek heeft echter mogelijke verbanden aangetoond tussen stof en gezondheid (Carpenter, 1986, Donham, 1987a).

In de industrie zijn normen ontwikkeld voor concentraties van gassen en totale- en respirabele stofgehalten die maximaal toelaatbaar zijn op arbeidsplekken bij een blootstelling van 8 uur per dag, zgn. MAC-waarden. Het blijkt dat deze normen niet bruikbaar zijn voor varkensstallen. Problemen ontstaan reeds bij lagere concentraties dan de MAC-waarden. Aard en combinaties van gassen en stofdelen zijn anders dan die in industriële milieus. Varkenshouders en zeker varkens zijn ook meer dan 40 uur per week aan deze lucht blootgesteld.

Heel hoge kooldioxidegehalten van 2 vol.% (=20.000 ppm) bleken tijdens onderzoek geen nadelige effecten te hebben op de gezondheid van varkens (Muehling, 1970). Kooldioxide ontstaat bij verbranding van voedingsstoffen en gaat samen met warmteproduktie. De produktie van kooldioxide door varkens kan binnen een etmaal sterk variëren omdat warmteproduktie en ventilatiehoeveelheid variëren (figuur 17). In perioden met veel activiteit zoals bij voeren en vertering is de produktie hoog.



Figuur 17.' *Een voorbeeld van CO_2-metingen over een etmaal (20-9-1988) in een mechanisch geventileerde stal voor gespeende biggen.*

Ammoniak is pas dodelijk bij concentraties boven 3000 ppm (Nord strom & McQuitty, 1976). Bij langdurige blootstelling treedt bij lagere concentraties schade op aan weefsels in de luchtwegen. De schadelijke effecten van ammoniak kunnen worden versterkt als ammoniak in combinatie met andere komponenten (stof) wordt ingeademd. Voor ammoniak suggereert onderzoek (Donham, 1987a) nog geen uniforme bovengrens voor varkens: Waarden van 9 en 25 ppm worden genoemd.

Waterdamp in de lucht beperkt de uitdroging van slijmvliezen in de luchtwegen. Uitdroging van slijmvliezen leidt tot hoesten en niezen van varkens. Beschadiging van slijmvliezen vergroot de kans op infecties, bij een relatieve vochtigheid (RV) van 30 % (Scheepens, 1986). Ook hier geldt waarschijnlijk dat naast de absolute luchtvochtigheid ook veranderingen in de luchtvochtigheid effect hebben op de gezondheid van varkens. Zo werd bij een plotselinge verlaging van de RV tot 50% plotseling hoesten van zeugen waargenomen (Gebauer, 1969). Hoge luchtvochtigheden brengen het risico van condensatie op koelere oppervlakken met zich mee. Dit kan tot corrosie en rot van de stal(inrichting) leiden. Betere isolatie van de stal kan dit risico verkleinen. Hoge luchtvochtigheden kunnen ook een beter milieu bieden aan micro-organismen (Kaaden, 1985) en zijn dus ongewenst.
Als het gehalte aan schadelijke micro-organismen in stallucht kan worden verminderd op een economisch haalbare wijze, dan kan dit bijdragen aan een betere gezondheid van varkens en varkenshouders. Ontwikkeling van een systeem met UV-lichtbehandeling van stallucht zonder schadelijke bijwerkingen kan mogelijk tot een voor de praktijk bruikbare oplossing leiden.

3.2. Adviezen luchtkwaliteit

3.2.1 Kooldioxide

De produktie van kooldioxide door varkens hangt samen met de totale warmteproduktie van varkens. De totale warmteproduktie bedraagt: 0,163 A Q totaal (liter CO_2 per uur) als Q totaal in Watt wordt uitgedrukt (CIGR, 1984).
Ook komt kooldioxide vrij uit de mest. Kooldioxidegehalten tot 2,0 volume% zijn niet gevaarlijk voor varkens. Om andere redenen wordt een lagere maximum concentratie geadviseerd.

Kooldioxidegehalten kunnen gezien worden als een maat voor de luchtkwaliteit. Dit kan alleen als men een etmaalgemiddelde meet of altijd op een vast moment meet. Het CO_2 gehalte varieert binnen een etmaal omdat warmteproduktie en ventilatiehoeveelheid variëren. Meet men CO_2 gehalten boven 0,20 volume% op een moment waarop rust heerst in de stal, dan moet men de ventilatiehoeveelheid controleren om te zien of er genoeg geventileerd wordt om alle schadelijke componenten van de stallucht voldoende te verdunnen. Als door kachels CO_2 wordt geproduceerd, dan heeft het meten van het CO_2 gehalte weinig zin en moet men de ventilatiehoeveelheid meten.

3.2.2 Ammoniak

De tot nu toe geadviseerde maximale concentratie van ammoniak in varkensstallen is 10 ppm. Bij de huidige stand van de kennis lijkt dit een acceptabel advies. Te hoge ammoniakconcentraties bij varkens worden meer veroorzaakt door 'putventilatie' en/of door een groot door mest of urine bedekt oppervlak op de vloer of op de roosters dan door te weinig ventilatie.

3.2.3 Waterdamp

Het vochtgehalte in varkensstallen wordt meestal uitgedrukt in relatieve luchtvochtigheid (RV). Voor jonge varkens, tot 25 kg, wordt tot dusverre een RV tussen 60 en 80 % geadviseerd, voor zwaardere dieren tussen 50 en 80 % . Er zijn geen onderzoeksresultaten beschikbaar die aanleiding geven tot wijziging of verfijning van deze adviezen.

3.2.4 Andere gassen

Enkele zeer giftige gassen die niet in varkensstallen mogen voorkomen zijn koolmonoxide (verkeerde afstelling gasbranders), zwavelwaterstof (komt vrij bij roeren van mest) en blauwzuurgas (kan in mest worden gevormd). Methaan (uit de mest) mag niet in hoge concentraties in stallucht voorkomen (boven 4 % bestaat

explosiegevaar).
Van andere gassen is onvoldoende bekend over hun effecten op varkens om zinvolle adviezen te kunnen geven.

3.25 Stof

Het meten van stof is een complex probleem. Als men het stofniveau wil meten in een stal, is het zaak dit te meten op een manier die niet alleen dupliceerbare maar ook reproduceerbare resultaten geeft. Bovendien zijn de resultaten beter te interpreteren als iedereen op dezelfde wijze meet.
Op de conferentie “Aerosol sampling in animal houses”, gehouden in 1988 op de Universiteit van Bristol, is door de deelnemende onderzoekers in de Europese Gemeenschap overeengekomen om altijd gravimetrisch (gewichtsconcentratie) respirabel (deeltjes tussen 0,5 µ en 5 µ) stof te meten over een periode van 24 uur op een plaats dicht bij de dieren. Een punt van discussie is of vocht een deel van het stof is, of dat het moet worden verwijderd door droging en alleen het droge stof moet worden gewogen. Totdat deze onduidelijkheid weggenomen is, is het gewenst het stofmonster zowel droog als nat te meten. Naast het gravimetrisch meten van stof kunnen afhankelijk van het type onderzoek andere methoden of plaatsen worden gebruikt, denk bijvoorbeeld aan onderzoek naar aezondheid van de varkenshouder in plaats van het varken.

Stof bestaat uit dood materiaal (mestdeeltjes, huidschilfers, voerresten, etc), waarin zich levende en ook dode micro-organismen en hun afvalprodukten bevinden. Voor het meten van deze micro-organismen in de stallucht zijn vele methoden beschikbaar, die alle bepaalde nadelen hebben. Op de genoemde conferentie werd aan bevolen voor deze meting een goede methode te ontwikkelen. Mogelijk kan dit in de toekomst tot een uniforme monstername van micro-organismen in stallucht leiden

Op dit moment heeft het onderzoek nog onvoldoende resultaten opgeleverd om adviezen over maximaal toelaatbare hoeveelheden stof te kunnen geven. De norm uit de industrie (10 mg respirabel stof/m^3 lucht) mag in ieder geval niet overschreden worden. Het is echter bekend dat stofgehalten, lager dan die in de industrienorm zijn aangegeven, de gezondheid van varkenshouders reeds aantasten. Stof in stallen kan schadelijker zijn dan stof in de industrie.

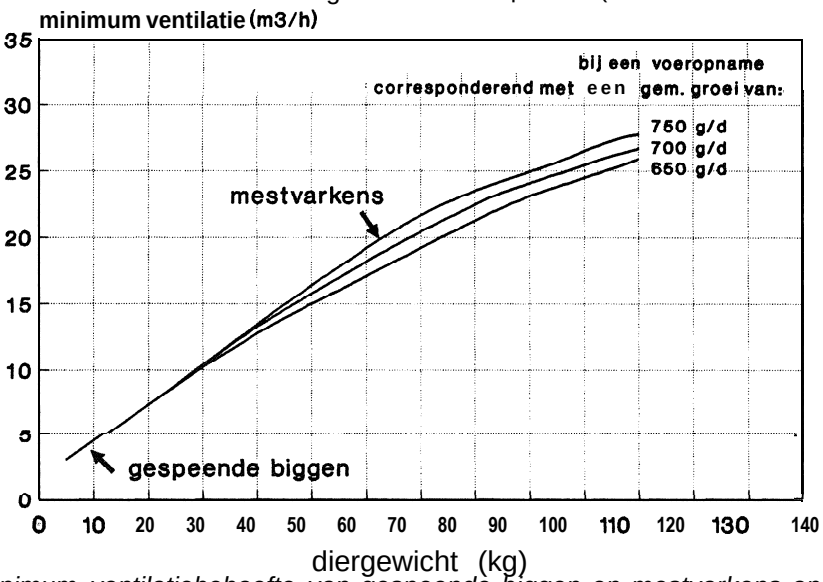
3.3 Onderzoeksvelden

Over luchtkwaliteit in varkensstallen is nog weinig bekend. Komponenten van stallucht zijn moeilijker meetbaar dan thermische kenmerken van stallucht, Het is ook nog nauwelijks bekend of er interakties optreden tussen ongewenste stalluchtkomponenten. Duidelijk is dat mest een belangrijke rol speelt. Mest bevindt zich niet alleen in de kelder maar ook op de vloer De luchtkwaliteit in stallen heeft ook invloed op de kwaliteit van de lucht in de atmosfeer, zoals naar voren komt in de ammoniak-emissie en zure-regen problematiek. Bij onderzoek naar methoden van mestopslag is het zinvol de effecten op het stalklimaat te meten. Zo zal mestopslag buiten de stal de luchtkwaliteit in varkensstallen verbeteren. De luchtkwaliteit wordt bepaald door mest maar ook door varkens en door andere factoren, zoals voermethode en voersamenstelling. Onderzoek naar de effecten en oorzaken van stof en zijn komponenten in varkensstallen zal meer kennis over deze problemen genereren. Als de schade die stof aanricht bekend is kan deze kennis worden benut bij het verminderen van de stofbelasting en de economische en fysieke schade van stof aan zowel varkens als mensen. Ontwikkeling van praktische systemen, bijvoorbeeld op basis van UV-licht, die de biologische activiteit van stof verminderen, is wenselijk.
Omdat in Nederland nooit bepalingen zijn uitgevoerd aan het stralingsniveau in stallen, bijvoorbeeld door isotopen in bouwmaterialen, is hier in het geheel geen aandacht aan besteed.

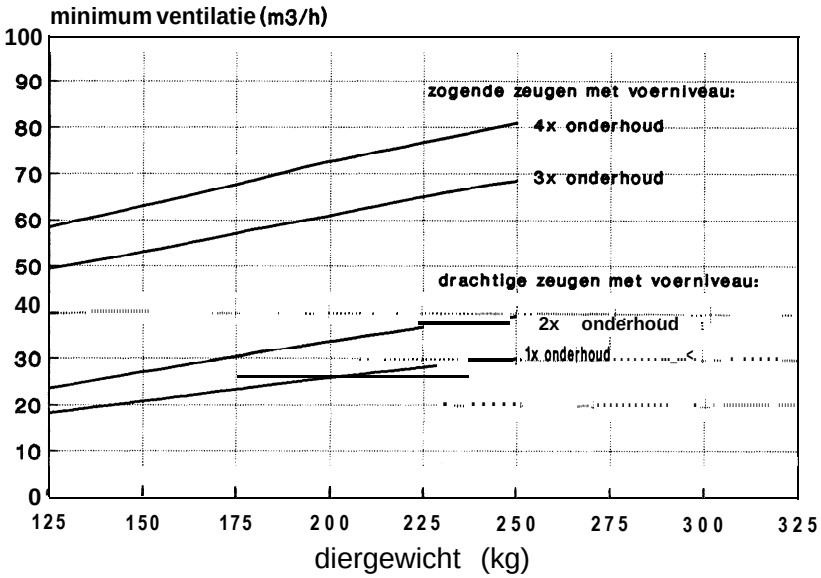
4 VENTILATIE HOEVEELHEDEN

4.1 Minimum ventilatiebehoefte

De hoeveelheid minimum ventilatie wordt bepaald door de eisen die aan de lucht-kwaliteit worden gesteld. De luchtkwaliteit wordt door de dieren maar ook door de mestopslag, vloeruitvoering, etc. bepaald. De minimum ventilatie hoeveelheid is altijd gerelateerd geweest aan de dierbezetting. De beschikbare informatie over de invloed van andere factoren is onvoldoende om voor andere factoren dan dierbezetting goede adviezen te geven.
Het advies voor de minimumventilatie ten behoeve van de varkens is afhankelijk van de kooldioxide door het dier geproduceerd, en daarmee afhankelijk van het gewicht en de voeropname (FEDDES & DESHAZER,



Figuur 18. *Minimum ventilatiebehoefte van gespeende biggen en mestvarkens op basis van een CO, gehalte van 0,20 vol. % (VAN OUWERKERK, 1984).*



Figuur 19. *Minimum ventilatiebehoefte van zeugen op basis van een CO_2 gehalte van 0,20 vol, % (VAN OUWERKERK, 1984).*

1988). Door uit te gaan van de hoeveelheid kooldioxide die gezonde, goed produce-rende varkens produceren is op basis van een maximaal toelaatbaar CO_2 gehalte van 0,20 vol.% de minimaal benodigde hoeveelheid ventilatie berekend.
In figuur 18 is dit weergegeven voor gespeende biggen en mestvarkens en in figuur 19 voor zeugen. Hierbij is de "schone" CO_2 geproduceerd door kachels buiten beschouwing gelaten. Ook is CO_2 afkomstig door vertering in de mest niet meegenomen in de berekening. De CO_2 produktie uit mest is moeilijk te kwantifice-ren.

Omdat zoals eerder genoemd er onvol-doende kennis is op het gebied van de luchtkwaliteit is het op dit moment niet mogelijk een modelmatige onderbouwing anders dan op basis van CO_2 en H_2O produktie van varkens te geven. Echter ook hiervoor is eerst een gedegen literatuuron-derzoek en toetsing aan waarnemingen nodig, voordat er een betrouwbare onderbouwing van minimum ventilatie hoeveelheden kan worden gegeven.

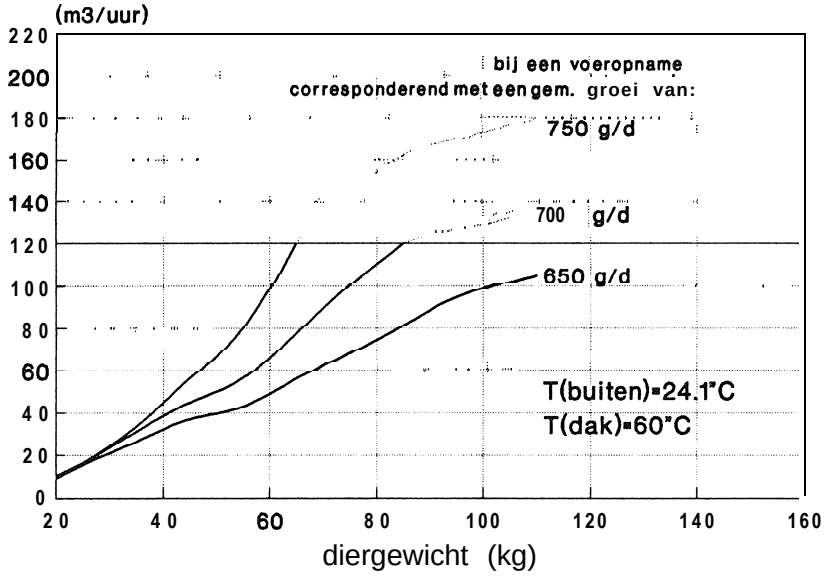
4.2 Ventilatiecapaciteit

Om de schadelijke effecten van hoge temperaturen op de produktieresultaten van varkens te beperken wordt overtollige warmte uit de stallen afgevoerd door te ventileren. Dit is goedkoper dan koelen. De temperatuur in een stal zal (als dynamische aspecten, zoals opslag van warmte, buiten beschouwing blijven) altijd hoger zijn dan de buitentemperatuur. Het temperatuurver-schil wordt kleiner als meer wordt geventi-leerd. Er wordt hier vanuit gegaan dat het ventilatiesysteem heel effectief is in het afvoeren van stallucht.

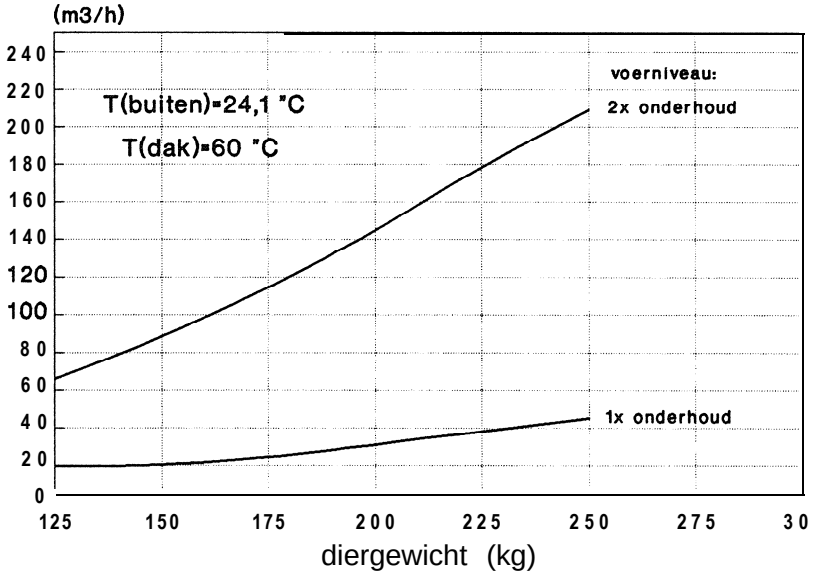
Men kan het varken niet altijd binnen zijn thermoneutrale zone huisvesten. Als men er naar wil streven de varkens 99% van de tijd binnen de thermoneutrale zone te houden, dan moet men uitgaan van een maximale buitentemperatuur van 24,1°C. Deze buitentemperatuur wordt slechts 1% van de tijd overschreden in Nederland. Berekenin-gen laten zien dat met dit uitgangspunt voor mestvarkens van 110 kg met een voeropname van 3,0 kg/dier/dag een ventilatiehoeveelheid van 120 m^3/dier/uur nodig is (VAN OUWERKERK, 1987a). Op basis van een maximale voeropname van 3 kg/dier/dag kan een ventilatiecapaciteit worden gevonden in figuur 20. Dieren die meer voer opnemen zouden meer ventilatie behoeven, zie de gestippelde lijn in figuur 20. Bij heet weer kan men de varkens, indien nodig, beperken in hun voergift. Een andere optie is, als de arbeidsorganisatie dit toelaat, de varkens 's nachts te voeren.
In figuur 21 is met dezelfde uitgangspunten als voor mestvarkens de benodigde ventilatiecapaciteit voor niet lacterende zeugen gegeven. Van lacterende zeugen zijn onvoldoende gegevens bekend om met dezelfde uitgangspunten de benodigde ventilatie capaciteit te bepalen. Per lacterende zeug wordt een ventilatie capaciteit van 200 m^3/uur geadviseerd.

Een kleinere ventilatiecapaciteit leidt tot hogere temperaturen in stallen en dit heeft negatieve gevolgen voor de produktie. Een grotere ventilatiecapaciteit geeft hogere investerings- en energiekosten en meer moeilijkheden bij het terug regelen naar de minimum ventilatiehoeveelheid.
Het is te verwachten dat het economisch optimum voor de gei'nstalleerde ventilatie-capaciteit voor verschillende diercategoriën niet steeds gelijk is. De effecten van hoge temperaturen op varkens zijn nog niet voldoende gekwantificeerd om deze optimale ventilatiecapaciteiten te kunnen berekenen.

Als de aangevoerde ventilatielucht gekoeld wordt voordat de lucht ingelaten wordt, zal een lager ventilatiedebiet tot eenzelfde of een lagere staltemperatuur kunnen leiden. Dit is uitvoerbaar bij het gebruik van grondbuisventilatie. Als grondbuisventilatie als een onderdruk-systeem wordt uitge-voerd, werkt het alleen goed als o.a. de kieren in de stal goed afgedicht zijn. Toch zal dan bij grondbuisventilatie een deel van de aangevoerde lucht direct door kieren en naden naar binnen komen. Er zijn nog onvoldoende gegevens beschikbaar over het percentage van de lucht dat toch direct de stal binnenkomt. Normen zijn hiervoor nog niet te geven.



Figuur 20. *Benodigde ventilatiecapaciteit voor mestvarkens op basis van bovengrens thermoneutrale zone (VAN OUWERKERK, 1984).*



Figuur 21. *Benodigde ventilatiecapaciteit voor niet /acterende zeugen op basis van bovengrens thermoneutrale zone (VAN OU WERKERK, 1984).*

5 LICHT EN GELUID

5.1 Licht

Licht kan worden gekarakteriseerd door het aantal uren licht per etmaal, de verdeling van de uren in blokken over een etmaal (cycli anders dan etmalen zijn bij varkens om praktische redenen nooit onderzocht), de lichtsterkte (uitgedrukt in lux) en de golflengte van het licht.

Licht heeft invloed op dieren. Het maakt visuele oriëntatie mogelijk, het regelt biologische klokken van dieren (etmaal zowel als seizoen) en in algemene zin verhoogt het de activiteit van dieren.

Het effect van licht op varkens is in een aantal gevallen gemeten. Het interval spenen-dekken kan, doordat er minder terugkomers zijn, teruglopen als deze zeugen extra licht ontvingen (Petchey, 1987, Lahrmann & Plonait, 1988). Boven een totale lichtsterkte van 300 Lux gedurende 12 uur is geen positief effect meer gemeten. Meer licht en meer uren licht (16 t.o.v. 8 uur) kan in de kraamstal leiden tot betere groei en minder uitval van de biggen (Te Brake, 1984). Dit zou verklaard worden doordat biggen dan vaker en (dus) meer melk drinken.
Bij opfokzeugen en beren geeft veel licht (15 uur/dag, 300 lux) eerder puberteit en de eerste dagen van extra lichtverstrekking een verhoogde sexuele activiteit, na enkele maanden treedt gewenning op aan het extra licht. Bij gespeende biggen en mestvarkens leidt meer licht tot meer exploratief gedrag, maar is geen effect op de produktie waargenomen. Om de rust te bevorderen wordt een lichtsterkte van 30 tot 50 lux genoemd tijdens 8 uur (in 2 perioden) per dag (Penny, 1987). Het houden van varkens in stallen met minder dan 1 lux is nadelig voor het welzijn van varkens (van Putten, 1983). Deze literatuurgegevens zijn samengevat in tabel 5.

De meting van licht vormt een punt van aandacht. Op welke plaats moet het licht worden gemeten, op de ooghoogte van het dier? Voor de vergelijking van onderzoeksresultaten is het belangrijk dat door alle onderzoekers op de juiste plaats wordt gemeten. Ook zijn er verschillen in lichtsterkte in een stal, moet men maximum en minimum waarden meten? Internationale afspraken hierover zijn zinvol.

Verder onderzoek naar optimale lichtpatronen van varkens is noodzakelijk om te komen tot optimale afstemming van aanbod van en behoefte aan licht. In de vermeerdering zijn mogelijk de economische resultaten verder te verbeteren door een optimaal lichtpatroon.
Varkenshouders stellen andere eisen aan de lichtsterkte in varkensstallen dan varkens. De gewenste lichtsterkte voor de varkenshouder is afhankelijk van het werk dat hij moet doen. De lichtsterkte kan met een lux-meter worden gemeten. Lichtsterkte en geïnstalleerd vermogen aan licht vormen geen eenduidig verband. Hoogte, stof en veroudering zijn factoren die de lichtsterkte sterk beïnvloeden.

5.2 Geluid

Geluid in stallen wordt door een aantal bronnen veroorzaakt. Bronnen zijn de dieren zelf en het geluid van stalinrichting

Tabel 5 Samenvatting literatuur lichtduur en lichtsterkte voor varkens.

diercategorie	liehtduur (uren/etmaal)	lichtsterkte (lux)	bron
opfokvarkens	15	300	Penny,1987
lacterende zeug	16	300	Te Brake,1984
te dekken zeug	12	300	Petchey, 1987, Lahrmann & Plonait, 1988
dragende zeug	12	?	
gespeende big	8	40	Penny, 1987
mestvarken	8	40	Penny, 1987

die door varkens bewogen wordt, tezamen het zelf-geluid genoemd. Apparatuur in stallen, met name ventilatoren en voerinstallaties, produceren eveneens geluid, terwijl er ook geluid van buiten de stal kan binnendringen. In Zweeds onderzoek bleek bij varkens het geluid vooral door de ventilatoren veroorzaakt te worden (Algers e.a.,1978). De equivalente geluidsbelasting over 24 uur varieerde tussen 65 en 80 dB(A). Dit kon worden verminderd door geluidsdempers aan te brengen.

Lawaai kan tot communicatieproblemen bij varkens leiden: Tijdens een experiment (Algers, 1988) in een kraamstal bleken biggen minder melk op te nemen in een stal met veel lawaai (85dB(A)) dan biggen in een stal met minder lawaai (max 59 dB(A)). Verondersteld wordt dat in een omgeving met veel lawaai biggen de zeug niet horen als deze de biggen lokt, de biggen daardoor het uier onvoldoende masseren en daarom te weinig melk opnemen.
Of (langdurige) blootstelling aan lawaai stress voor varkens creeërt is nog onvoldoende bekend. Bij varkenshouders kan een hoge geluidsbelasting tot gehoorbeschadigingen leiden. In de industrie moeten daarom boven een geluidsniveau van 80 dB(A) tijdens een 8 urige werkdag gehoorbeschermende middelen beschikbaar zijn en boven 90 dB(A) is men ook wettelijk verplicht deze te gebruiken,

In de varkenshouderij wordt een maximaal geluidsniveau van 80 dB(A) geadviseerd om gehoorbeschadigingen van varkenshouders te voorkomen. Onderzoek kan aanwijzingen geven over de gevolgen op varkens van verlaging van de geluidsbelasting.

6 AANBEVELINGEN VOOR NADER ONDERZOEK

Een aantal aanbevelingen voor nader onderzoek is door de werkgroep geformuleerd:

1. Aan het effect van (te) hoge temperaturen op varkens is veel minder aandacht besteed in onderzoek dan aan (te) lage temperaturen.

   Meer onderzoek naar de bovengrenzen van de comfortzone en de thermoneutrale zone zal tot meer kennis op dit gebied leiden.

2. Tot dusverre is aangenomen dat de voeropname van varkens binnen de thermoneutrale zone niet afhankelijk van de omgevingstemperatuur is. In onderzoek is gevonden dat in de thermoneutrale zone de voeropname samenhing met de temperatuur. Als dit juist zou zijn, dan hangt de efficientie van de produktie ook in de comfortzone en de thermoneutrale zone af van de omgevingstemperatuur. Onderzoek hiernaar moet onder gecontroleerde omstandigheden plaatsvinden.

3. De temperatuursbehoefte van lacterende zeugen is nog onvoldoende bekend. Door de grote verschillen in warmteweerstand van weefsels in verschillende delen van de lacterende zeug en het gebrek aan correcte kennis van deze weerstanden en door de mogelijke relatie met de melkproduktie kan de temperatuursbehoefte nog niet modelmatig worden bepaald.

4. De dynamische effecten van klimaat op produktie en gezondheid van varkens zijn nog onvoldoende bekend. Uit onderzoek in respiratiecellen en klimaatstallen is al wel gebleken dat duur en wijze van blootstellen aan klimaatbelastingen een belangrijke invloed hebben op varkens. Verdere onderzoekingen op dit terrein zijn noodzakelijk.

5. Onderzoek naar de stabiliteit van luchtbewegingspatronen in varkensstallen kan inzichten geven in de factoren die de stabiliteit beïnvloeden en daarmee tot ventilatiesystemen met een betere beheersing van de luchtsnelheden rond varkens.

6. De invloed van met name geperforeerde vloeren op de klimaatseisen is nog onvoldoende duidelijk. Het luchtbewegingspatroon in mestkelders kan hier een rol spelen.

7. Kwantitatieve informatie over drempelwaarden van neurale receptoren de gevolgen van de regelsystemen (endocrinologisch, immunologisch, neurologisch) van varkens kan door middel van onderzoek worden verkregen. Deze informatie is nuttig voor het begrijpen van de gevolgen van dynamische aspecten van het klimaat voor de gezondheid en produktie van varkens.

8. Onderzoek naar de klimaatsbehoefte van zieke varkens kan bijdragen tot betere verzorging van zieke dieren.

9. Een economische verkenning is wenselijk naar de keuze tussen het creëren van een ziekenboeg voor varkens of het direct afvoeren van zieke dieren of het suboptimaal houden van zieke dieren tussen gezonde dieren in een normale afdeling.

10. Er is nog weinig bekend over de individuele verschillen in klimaatsbehoefte in groepen varkens. Moet het klimaat in een stal worden geregeld op basis van het “gemiddelde” dier, met in acht neming van een veiligheidsmarge, of kan op grond van de standaardafwijking, energiekosten en gezondheidsrisico’s een economisch optimum worden aangegeven voor het percentage dieren dat binnen hun comfortzone moet worden gehuisvest? Kan in een ruimte voor groepen varkens een dusdanige klimaatdifferentiatie worden geschapen dat ieder varken een plaats kan kiezen, waar voor dit dier een optimaal klimaat heerst?

11. Over luchtkwaliteit in varkensstallen is nog weinig bekend. De taakgroep huisvesting en verzorging kan overwegen hiervoor een werkgroep de taken te geven om aan te geven welke feiten wel bekend zijn en uit te werken op welke punten nader onderzoek de hoogste prioriteit heeft. Het is nauwelijks bekend of er interakties optreden tussen ongewenste stalluchtkomponenten, waardoor hun effecten niet zonder meer additief werken. Duidelijk is dat mest een belangrijke rol speelt. De luchtkwaliteit in stallen heeft ook invloed op de kwaliteit van de lucht in de atmosfeer, zoals naar voren komt in de ammoniak-emissie en zure-regen problematiek. De grenswaarde, nu 0,20 vol.%, voor de indicator CO_2 die wordt gebruikt voor de kwaliteitsbeoordeling van stallucht behoeft nader onderzoek.

12. Onderzoek naar de effecten en oorzaken van stof en haar komponenten in varkensstallen zal meer kennis over deze problemen genereren. Deze kennis kan benut worden bij het verminderen van de stofbelasting en van de economische en fysische schade van stof aan zowel varkens als mensen.

13. Ontwikkeling van praktische systemen, die de biologische activiteit van stof verminderen, is wenselijk.

14. Onderzoek naar optimale lichtduur en lichtsterkte in varkensstallen is wenselijk. In de vermeerdering zijn wellicht de economische resultaten verder te verbeteren door een optimaal lichtpatroon. Internationale afspraken over de plaats voor de meting van de lichtsterkte zijn noodzakelijk.

15. Aanvoer van ventilatielucht door grondbuizen in een onderdruk-systeem veroorzaakt een vermindering van de benodigde ventilatiecapaciteit. Metingen in praktijkstallen van hoeveelheden lucht die niet door grondbuizen maar rechtstreeks de stal binnentreedt zal voor dergelijke stallen leiden tot adviezen over te installeren capaciteiten.

16. Hoewel veel aspecten van luchtkwaliteit en varkens nog onbekend zijn, kan een opdracht worden gegeven tot de ontwikkeling van een regelalgoritme voor de ventilatiebeheersing van varkens waarbij de invloed van CO_2 en H_2O produktie in varkensstallen in verwerkt is.

17. Over het economisch optimum van de te installeren ventilatiecapaciteit is nog onvoldoende bekend. Een analyse van de kosten en baten van de grootte van het toe te laten temperatuurverschil tussen stàl en buitenlucht zou grote consequenties voor te installeren ventilatiecapaciteiten kunnen hebben.

18. Het meten van het stalklimaat roept nog veel vragen op. Een werkgroep kan de opdracht krijgen op dit terrein meer duidelijkheid te scheppen.

7 CONCLUSIES

Er is een lijst met aanbevelingen opgesteld van punten waar onderzoek gewenst blijkt om de Nederlandse varkenshouderij goed te kunnen adviseren over het gewenste klimaat.

De bestaande adviezen over het thermisch klimaat in varkensstallen zijn uitgebreid en aangepast.

Een (vervolg op deze) werkgroep kan de taak gegeven worden bestaande kennis over luchtkwaliteit vast te leggen en aan te geven waar meer kennis over verzameld moet worden.

Zieke varkens kunnen wat betreft het thermisch klimaat niet optimaal samen met gezonde varkens in een afdeling worden gehouden.

Er is bij opleg in een stal een veel hogere minimum temperatuur nodig wanneer dieren geen of weinig voer opnemen dan wanneer dit wel gebeurt.

In mestvarkens- en gespeende biggenstallen met betere produktieresultaten kunnen lagere temperaturen worden aangehouden en moet een grotere ventilatiecapaciteit aanwezig zijn dan in stallen met slechtere produktieresultaten.

Dekberen moeten warmer worden gehuisvest of meer worden gevoerd dan voorheen geadviseerd werd.

LITERATUUR

Algers, B, I. Ekesbo & S. Strömberg. Noise measurements in farm animal environments. Acta Veterinaria Scandinavica supp. 68 p1-19, 1978.

Algers, B. The influence of continuous noise on communication during suckling in the pig. Proc. Int. Congr. on Applied Ethology in Fram Animals. Skara, p464-467, 1988.

Backus, G.B.C. Economische verkenning naar het perspectief van poliklinische kraamhokken. Proefverslag P1.29. Rosmalen, 1988.

Boer, S. De & W.D. Morrison. The effects of the Quality of the Environment in Livestock Buildings on the Productivity of Swine and Safety of Humans. Univ. of Guelph, Guelph, 1988.

Brake, J.H.A. te. Licht en productiviteit zeugen. Bedrijfsontwikkeling 15 (1984) 4 p323-325.

Carpenter, G.A. Dust in livestock buildings - review of some aspects. J. Agric. Eng. Res. 33 (1986) 4 p227-241.

CIGR. Climatization of animal houses. Aberdeen, 1984.

Curtis, S.E. a.o. Effects of aerial ammonia, hydrogen sulfide and swine house dus. alone and combined on swine health and performance. In: Livestock Environment. Proc. Int. Livestock Envir. Symp. Lincoln, Nebraska, 1974.

Donham, K.J. Health hazards of air in swine buildings: state of the art. Proc. Am. Assoc. Swine Practitioners. Indianapolis, Indiana, 1987.

Donham K.J. Human health and safety for workers in livestock housing. In: Latest developments in livestock housing. CIGR-meeting Urbana-Champaign, Illinois, p86-95, 1987.

Feddes, J.J.R. & J.A. DeShazer. Feed consumption as a parameter for establishing miniumum ventilation rates. Transactions of the ASAE 31(2), p571-575, 1988.

Geuyen, T.P.A, J.M.F. Verhagen & M.W.A. Verstegen. Effect of housing and temperature on metabolic rate of pregnant sows. Anim. Prod. 38 (1984) p 477-485.

Gebauer, H. Relative Luftfeuchtigheit und Bronchopneumonien im Schweinestall. Tierärztliche Umschau 3 p115-119, 1969.

Henken, A.M. The effect of environmental temperature on immune response and metabolism of the young chicken. Wageningen, 1982.

Kaaden, O.R. Luft als Vektor viraler Krankheidserreger. Tierärztliche Umschau 40 p4-8, 1984.

Kemp B, L.A. den Hartog & M.W.A. Verstegen. Feeding of boars in relation to sperm production. Pigs 3 (1987) 2 p14-15.

Klooster, CE. van 't. Vergelijking van de kistenstal en de volledig roostervloerstal voor mestvarkens. Proefverslag P1.3. Rosmalen, 1987.

Kuypers, A. Boerderij/varkenshouderij ,1987 (73) 6 oktober.

Lahrmann, K.H. & H. Plonait. Improvement of fertility in breeding sows by artificial lighting in mating areas. Proc. 6th Int. Congr. Environment and Animal Health. Skara, p363-367, 1988.

Mount, L.E. The concept of thermoneutrality. Heat loss from animals and men. Eds. Monteith and Mount, Butterworths, London,1974.

Nordstrom, G.A. & J.B. McQuitty. Manure gases in animal environment. A literature review. Research Bulletin 76-1. Dept. of Agric. Engin., Univ. of Alberta. Edmonton, 1976.

Ouwerkerk, E.N.J. van. Handleiding bij het gebruik van het compu terprogramma STALKL, Energiebalans van stallen. IMAG-nota 157, Wageningen, 1984.

Ouwerkerk, E.N.J. van. Een kwantitatieve analyse van ventilatienormen van mestvarkensstallen, IMAG-nota 283(PT), Wageningen, 1987.

Ouwerkerk, E.N.J. van. Fysische factoren bij de variatie binnen een etmaal in de temperatuursbehoefte van mestvarkens. IMAG rapport 88. Wageningen, 1987.

Ouwerkerk, E.N.J. van. Modelling the heat balance of pigs at animal and housing levels. Paper 88.012. AaEng Intern. Conf. Paris, 1988.

Penny, R.H.C. Studies shed light on light. Pigletter 1987 p39-40.

Petchey, A.M. Supplementary Light and Pig performance. Farm Building Progress 88 (1987) p17-19.

Peerlings, J. & C.E. van 't Klooster. Nestverwarmingssystemen voor zogende biggen. Proefverslag P1.26. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen, 1988.

Scheepens, K. De invloed van enkelvoudige klimaatsfactoren op de gezondheidstoestand van varkens (literatuuronderzoek). Utrect, 1986.

Sterrenburg, P.& E.N.J. van Ouwerkerk. Rekenmodel voor de bepaling van de thermische behaaglijkheidszone van varkens (BEZOVA). IMAG rapport 78. Wageningen, 1986.

Sterrenburg, P.& E.N.J. van Ouwerkerk. Tabellen van warmteproduktie en temperatuurseisen van varkens. IMAG rapport 79. Wageningen, 1986.

Tielen, M.J.M. Stalklimaat en gezondheid, een samenvatting van de resultaten van de eerste 8 proeven in de klimaatstal te Boxtel. Rapport 9. Gezondheidsdient voor Dieren in Noord-Brabant. Boxtel, 1987.

Tielen, M.J.M. e.a. Het varken en zijn stal anno 1988. Boxtel, 1988.

Verhagen e.a. Effect of environmental temperature and feeding level on heat production and lower critical temperature of pregnant sows. Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. 55 (1986) p246-252.

Verhagen, J.M.F. Acclimation of growing pigs to climatic environment. Wageningen 1987.

Verstegen, M.W.A. Influence of environmental temperature on energy metabolism of growing pigs housed individually and in groups. Ph.D. dissertation. Wageningen, 1971.

Verstegen, M. W.A. & W. van der Hel. Effects of temperature and type of floor on metabolic rate and effective critical temperature in growing pigs. Animal Production 18 (1974) p1-11.

Verstegen, M.W.A. & A.H. Henken. Energy Metabolism in Farm Animals. Dortrecht, 1987.

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN
PUBLISHED RESEARCH REPORTS

Proefverslag R. 32
"Het toedienen van een zuur ijzerpreparaat aan jonge biggen"

Proefverslag R. 33
"Eiwit- en energiebehoefte van vleesvarkens"

Proefverslag R. 34
"Vergelijking van een of vier vreetplaatsen per droogvoerbak bij vleesvarkens"

Proefverslag R. 35
"Startvoer tot 35 kg of 60 kg en verschillende eiwitniveaus in vleesvarkensvoer"

Proefverslag R. 36
"Corn-Cob Mix als voer voor vleesvarkens"

Proefverslag R. 37
"Opfoksystemen voor gespeende biggen (batterij, grondhok met kist, biggenbungalow, open stal met stro)"

Proefverslag R. 38
"Het effect van speenkorrel en babybiggenkorrel (vanaf ± 2 weken na spenen) op de opfok- en mestresultaten"

Proefverslag S. 48
"Vergelijking van 2 en 3 maal daags voeren van vleesvarkens met behulp van volautomatische brijvoerinstallatie"

Proefverslag S. 49
"Mogelijkheden van brijbak voor onbeperkte voer- en waterverstrekking aan mestvarkens"

Proefverslag S. 50
"Gebruik van warmtewisselaar in volledig roostervloerstal voor mestvarkens"

Proefverslag S. 51
"Gebruikskruisingen in de varkenshouderij III

Proefverslag P 1.1
"Toepassing van een onderkomen in de Veluwestal"

Proefverslag P 1.2
"Mogelijkheden tot verbouwing van volledig roostervloerstallen tot gedeeltelijk roostervloer- en kistenstallen voor mestvarkens"

Proefverslag P 1.3
"Vergelijking van de kistenstal en de volledig roostervloerstal voor mestvarkens"

Proefverslag P 1.4
"De Turbomat voerautomaat in vergelijking met de droogvoerbak bij mestvarkens"

Proefverslag P 1.5
"Het effect van speenkorrel en babybiggenkorrel (vanaf ± 2 weken na spenen) op de opfok- en mestresultaten"

Proefverslag P 1.6
"De systematische verschillen in bedrijfsresultaten op varkenshouderijbedrijven"

Proefverslag P 1.7
"Wel of geen verwarming in halfroostervloerstallen"

Proefverslag P 1.8
"De invloed van één- of tweemaal insemineren in dezelfde bronstperiode op de vruchtbaarheid van zeugen"

Proefverslag P 1.9
"Vergelijking van drie luchtinlaatsystemen bij mestvarkens"

Proefverslag P 1.10
"Verloop van groei en voederconversie tijdens de mestperiode"

Proefverslag P 1.11
"De invloed van de volgorde van onbeperkt en beperkt voeren op de mesterijresultaten van vleesvarkens"

Proefverslag P 1.12
"Vergelijking van brijvoedering m.b.v. een volautomatische brijvoerinstallatie met droogvoedering via de droogvoerbak"

Proefverslag P 1 .13
"Methode voor een economische evaluatie van bedrijfsaanpassingen in de varkenshouderij"

Proefverslag P 1.14
"Praktijkonderzoek naar groepshuisvesting van zeugen in combinatie met een krachtvoerstation"

Proefverslag P 1.15
"Het voeren van Corn-Cob-Mix in brijvorm aan mestvarkens"

Proefverslag P 1.16
"Het mesten van beren"

Proefverslag P 1.17*
"Vergelijking van twee brijvoersystemen en twee water/voerverhoudingen voor mestvarkens"

Proefverslag P 1.18
"Het effect van direct beercontact bij gelten"

Proefverslag P.1.19*
"Ervaringen met grondbuisventilatie in een kraamafdeling"

Proefverslag P. 1.20*
"Huisvesting van gespeende biggen buiten het kraamopfokhok"

Proefverslag P. 1.21
"De invloed van de voersoort tijdens de zoog- en opfokperiode op de opfokresultaten van biggen"

Proefverslag P. 1.22
"Voorstudie naar mogelijkheden van procesbesturingen in de varkenshouderij in de jaren negentig"

Proefverslag P 1.23
Vergelijking van drie- met viermaal daags voeren van mestvarkens m.b.v. een volautomatische brijvoerinstallatie.

Proefverslag P 1.24
"Opfok- en mesterijresultaten van beren en borgen"

Proefverslag P 1.25
"Drinkwatervoorziening voor gespeende biggen"

Proefverslag P 1.26
"Nestverwarmingssystemen voor zogende biggen: gebruikservaringen en energieverbruik"

Proefverslag P 1.27
"Beroepsuitoefening door varkenshouders"

Proefverslag P 1.28
"Verschillen tussen praktijkbedrijven in voeding van zeugen en biggen"

Proefverslag P 1.29
"Economische verkenningen naar het perspectief van poliklinische kraamhokken"

Proefverslag P 1.30
"Invloed van de voerverdeling tijdens de dracht op de produktieresultaten van zeugen"

Proefverslag P 1.31
"Afleveren mestvarkens"

Proefverslag P 1.32
"Waterverbruik bij onbeperkt gevoerde varkens"

Proefverslag P 1.33
"Lysine- en energiegehalte in vleesvarkensvoer"

Proefverslag P 1.34
"Invloed van voeding van biggen en vleesvarkens op groei en karkaskwaliteit"

Proefverslag P 1.35
"Opfok gespeende biggen"

Proefverslag P 1.36
"Inseminatie van opfokzeugen bij eerste bronst of tweede bronst"

Proefverslag P 1.37
"Vergelijking tussen twee plafondventilatiesystemen en werkgangventilatie bij mestvarkens"

Proefverslag P 1.38
"Wel of niet aanbinden van zeugen in kraam-opfokhok"

Proefverslag P 1.39
"Periodiek werk op zeugenbedrijven, het weekschema en alternatieven"

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door ƒ 7,50 per verslag over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer.

U kunt zich ook abonneren op het periodiek PRAKTIJKONDERZOEK VARKENSHOUDERIJ. U ontvangt dan 6 keer per jaar een periodiek met daarin de resultaten van het onderzoek. U heeft dan de mogelijkheid om onderzoeksverslagen gratis te bestellen. Bovendien ontvangt u de jaarverslagen van de regionale proefbedrijven en het Proefstation gratis. U kunt zich hierop abonneren door ƒ 45,-- over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding POV, nieuw abonnement.