



ANIMAL SCIENCES GROUP

WAGENINGEN UR



PraktijkRapport Varkens 34

Energie- en eiwitbehoefte van biologisch gehouden vleesvarkens



September 2004

Varkens





Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info.po.asg@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

© Animal Sciences Group

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

Aansprakelijkheid

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

Bestellen

ISSN 1570-8608
Eerste druk 2004/oplage 120
Prijs € 17,50

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

Abstract

In this literature review, the differences in energy and protein requirement between organic and conventional growing finishing pigs were studied. In general, the environmental temperature in organic pig facilities is lower than in conventional ones. By way of compensation, organic pigs have higher energy requirements. On average, organic pigs have a higher feed intake and a unfavourable feed conversion ratio.

Keywords: Energy requirement, protein requirement, organic, growing finishing pigs, growth model.

Referaat

ISSN 1570-8608

Van Krimpen, M.M. en C.M.C. van der Peet-Schwering (Praktijkonderzoek)

Energie- en eiwitbehoefte van biologisch gehouden vleesvarkens (2004)

PraktijkRapport Varkens ..

20 pagina's, 6 figuren, 9 tabellen

In deze literatuurstudie is nagegaan in hoeverre de energie- en aminozurenbehoeften van biologisch gehuisveste vleesvarkens afwijken van die van gangbaar gehuisveste vleesvarkens. De omgevingstemperatuur in een biologische stal is in het algemeen lager dan in een gangbare stal. Ter compensatie hiervan hebben biologisch gehuisveste varkens extra energie nodig. Gemiddeld genomen is daardoor bij biologisch gehuisveste vleesvarkens de voeropname hoger en de voederconversie ongunstiger.

Trefwoorden:

Energiebehoefte, eiwitbehoefte, biologisch, vleesvarkens, groeimodel



PraktijkRapport Varkens 34

Energie- en eiwitbehoefte van biologisch gehouden vleesvarkens

Energy and protein requirement of organic growing-finishing pigs

M.M. van Krimpen
C.M.C. van der Peet-Schwering

September 2004

Samenvatting

De energie- en aminozurenbehoeften van vleesvarkens in de gangbare houderij zijn goed onderbouwd. Door diverse factoren kan de energie- en aminozurenbehoeften van biologisch gehouden vleesvarkens afwijken van die van gangbare varkens. De belangrijkste factoren zijn huisvesting, klimaat en activiteit. In opdracht van het Ministerie van LNV is een literatuurstudie uitgevoerd om antwoord te geven op de vraag in hoeverre de energie- en aminozurenbehoeften van biologisch gehouden vleesvarkens afwijken van die van gangbare vleesvarkens. Ook is nagegaan welke aanpassingen in de rekenregels van groeimodellen doorgevoerd moeten worden om de energie- en aminozurenbehoeften van biologische vleesvarkens te kunnen modelleren.

De omgevingstemperatuur is in een biologische vleesvarkensstal vaak lager dan in een gangbare stal. Onder een bepaalde omgevingstemperatuur stijgt de warmteproductie, wat resulteert in een hogere energiebehoefte. Tot op zekere hoogte zijn varkens in staat om deze extra warmteproductie te compenseren door een hogere voeropname. In dit rapport is een recent ontwikkeld rekenmodel (Quiniou et al., 2000, 2001) opgenomen, waarmee men op basis van de omgevingstemperatuur en het lichaamsgewicht de opnamecapaciteit en warmteproductie van varkens kan berekenen. De resultaten van enkele simulaties met dit model zijn in het rapport vergeleken met het in Nederland veel toegepaste model BEZOVA.

De conclusies en aanbevelingen uit deze studie zijn:

- Biologisch gehuisveste varkens hebben in vergelijking met gangbaar gehuisveste varkens meer energie nodig voor het handhaven van hun lichaamstemperatuur. Uit praktijkcijfers en onderzoeksresultaten blijkt dat biologisch gehuisveste vleesvarkens gemiddeld een hogere voeropname realiseren en dus meer energie opnemen dan gangbare varkens. Gemiddeld genomen hebben ze ook een ongunstigere voederconversie.
- Voor het handhaven van de lichaamstemperatuur is dus wel meer energie, maar geen extra eiwit nodig. Daarom kunnen voor varkens vanaf 50 kg voeders samengesteld worden met een iets lagere lysine/energieverhouding dan gebruikelijk in voeders voor gangbare varkens.
- Aangezien biologische varkens bij lage omgevingstemperaturen slechts in beperkte mate gebruik maken van de buitenuitloop, hoeft op basis van de huidige inzichten bij het modelmatig berekenen van de energiebehoefte weinig aandacht aan de temperatuursinvloed van de buitenuitloop besteed te worden.
- Bij het modelmatig berekenen van de energiebehoefte van vleesvarkens dient men uit te gaan van de effectieve temperatuur in plaats van de omgevingstemperatuur. De effectieve temperatuur kan afwijken van de omgevingstemperatuur door wel of geen isolatie van het gebouw, wel of geen tocht, het beschikken over een strobed en de vloeruitvoering.
- Zwaardere varkens zijn beter in staat om met extra voeropname te compenseren voor lagere omgevingstemperaturen dan lichtere varkens. Quiniou et al. (2000) hebben een bruikbare formule ontwikkeld voor het simuleren van de voeropnamecapaciteit van vleesvarkens in afhankelijkheid van omgevingstemperatuur en lichaamsgewicht.
- De berekende warmteproductie volgens het model van Quiniou et al. (2001) valt in alle gevallen hoger uit dan volgens het model BEZOVA. Bij temperaturen van 20 °C of hoger is het verschil in warmteproductie tussen beide modellen gering en constant. Wanneer de temperatuur daalt onder de 20 °C stijgt het verschil tussen beide modellen exponentieel, zelfs tot 28% bij 10 °C voor varkens van 25 kg. Mogelijk overschat het model van Quiniou de warmteproductie, omdat de varkens in de onderliggende experimenten in kleine groepen gehouden werden en een zeer hoge groei realiseerden. Mogelijk onderschat BEZOVA de warmteproductie doordat de huidige varkensrassen magerder zijn dan de varkens in de experimenten in de tachtiger jaren. Het gevolg hiervan is dat de huidige varkens zichzelf minder goed kunnen isoleren. Op dit punt zou BEZOVA mogelijk geactualiseerd kunnen worden.

Praktijktoepassing

In verband met forse kortingen op de uitbetalingsprijs bij onvoldoende slachtkwaliteit zijn mengvoerbedrijven op dit moment zeer terughoudend in het verlagen van de aminozuregehalten in het biologisch vleesvarkensvoer. Daarom is het wenselijk dat er meer inzicht komt in de optimale aminozuren/energieverhouding van biologische voeders. Daarnaast is aanvullend onderzoek nodig om meer inzicht te krijgen in het niveau en de schommelingen van de effectieve temperatuur in verschillende typen biologische vleesvarkensstallen. De effectieve temperatuur is een belangrijke input variabele in modellen waarmee men de warmteproductie van vleesvarkens berekent. Tot slot dient de conclusie over het beperkte effect van de buitenuitloop op de energiebehoefte gevalideerd te worden.

Summary

Summary

In conventional pig husbandry the energy and protein requirements of growing-finishing pigs are well-founded. As a consequence of different factors (such as housing, climate and activity), the energy and protein requirements of organic growing-finishing pigs may differ from those of the conventional pigs. At the request of the Dutch Ministry of Agriculture, a literature review was done to answer the question whether the energy and protein requirements of organic growing-finishing pigs differ from those of conventional pigs. Special emphasis was placed on the question which modifications in growth models were necessary for modelling the energy and amino acid requirements of organic growing-finishing pigs.

The environmental temperature in organic pig facilities is often lower than in conventional ones. Below a certain temperature, heat production of the pig increases, resulting in a higher energy requirement. Until a certain level pigs can compensate for this increased heat production by a higher feed intake. This report describes a recently developed model (Quiniou et al., 2000, 2001), which calculates feed intake capacity and heat production of pigs, based on environmental temperature and body weight as input variables. The results of some simulations with that model were compared with BEZOVA, an often used model for heat production calculations in the Netherlands.

The most important conclusions and recommendations are:

- The energy requirement of organic pigs is higher than conventional pigs. The pigs need the extra energy for maintaining body temperature. Performance data derived from farmers and research institutes show that organic pigs on average have a higher feed intake - and hence higher energy intake - than conventional pigs. Feed conversion ratio of organic pigs is also higher.
- Maintaining body temperature needs extra energy but no extra protein. Therefore, in organic diets of finishing pigs (50 kg onwards) the amino acid/energy ratio may be somewhat lower compared with that of conventional diets.
- The pigs are using the outdoor area limitedly when the outdoor temperature is low. Therefore, by modelling the energy requirement of organic pigs, less attention is given to the temperature conditions in the outdoor area.
- By modelling the energy requirement of pigs, 'effective temperature' is a better input variable than 'environmental temperature'. Differences between both temperatures can occur by the presence or absence of isolation of the building, draught, straw bedding, and floor design.
- Heavier pigs are better able to compensate for lower temperatures with higher feed intake than lighter pigs. A useful model for simulating feed intake capacity related to temperature and body weight of growing-finishing pigs was developed by Quiniou et al. (2000).
- The calculated heat production of the model of Quiniou et al. (2001) is in all cases higher than calculated with the BEZOVA model. At temperatures of 20°C onwards the differences between both models are small and constant. However, at decreasing temperatures below 20°C the differences increase exponentially, even until 28% at 10°C for 25 kg-pigs. Possibly the model of Quiniou et al. (2001) overestimates heat production as a consequence of small group size and very high daily gain in their experiments. Possibly the BEZOVA model underestimates heat production by using fatter pigs than currently common in their experiments in the 1980s. As a consequence the isolation capacity of the modern pig is less – and thus heat production higher - compared with the pigs in the past. Possibly this part of the BEZOVA model can be updated.

Application in practice

In the Dutch payment system inappropriate slaughter quality of organic pigs result in a heavy cut in the pig price. Therefore, the feed industry is very reluctant to lower the amino acid contents of the diets of organic growing-finishing pigs. So it is desirable to get more insight into the appropriate amino acid/energy ratio of organic diets for growing-finishing pigs. Moreover, extra research is needed to get more insight into the level and fluctuation of the effective temperature in different types of organic pig facilities. The effective temperature is an important input variable in models for calculating heat production of pigs. Lastly, it is necessary to validate the conclusion concerning the limited effect of the outdoor area on the energy requirement of pigs.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

Inhoudsopgave	6
1 Inleiding	1
2 Effect van omgevingstemperatuur op energie- en eiwitbehoefte	2
2.1 Thermoregulatie van biologische vleesvarkens.....	2
2.2 Warmtebalans.....	3
2.3 Modelmatige beschrijvingen van het effect van omgevingstemperatuur op warmteproductie	5
2.4 Vergelijking model Quiniou et al. (2001) en Sterrenburg en Van Ouwerkerk (1986).....	6
2.5 Effect van omgevingstemperatuur op vet- en eiwitaanzet	7
3 Effect van huisvestingsomstandigheden op voeropname	9
4 Effectieve temperatuur	11
5 Betekenis voor de praktijk	12
6 Conclusies en praktijktoepassing	15
Bijlagen	16
Bijlage 1: Figures and tables	16
Bijlage 2: Recent verschenen PraktijkRapporten Varkens vanaf 1-1-2003.....	17
Bijlage 3: Recent verschenen PraktijkBoeken Varkens vanaf 1-1-2003.....	18
Literatuur	19

1 Inleiding

De energie- en aminozurenbehoeften van vleesvarkens in de gangbare houderij zijn goed onderbouwd. Door diverse factoren kunnen de energie- en aminozurenbehoeften van biologische vleesvarkens afwijken van die van gangbare varkens. De belangrijkste factoren zijn huisvesting, klimaat, activiteit en rantsoensamenstelling.

Het buitenklimaat heeft in biologische stallen een veel sterkere invloed op het binnenklimaat dan in gangbare vleesvarkensstallen. Bovendien hebben biologische varkens de mogelijkheid tot buitenuitloop. Hierdoor verkeren zij vaker in temperaturen buiten de comfortzone. Verlaging van de temperatuur beneden de comfortzone leidt tot verhoging van de energiebehoefte. Anderzijds beschikken biologische vleesvarkens over een strobed, zodat ze extra mogelijkheden hebben om zichzelf te beschermen tegen klimaatsinvloeden. Hierdoor daalt de energiebehoefte juist weer.

Bij aanwezigheid van een uitloop vindt mogelijk meer activiteit plaats. Dit kan leiden tot een hogere onderhoudsbehoefte van vleesvarkens in de biologische houderij.

In opdracht van het Ministerie van LNV is een literatuurstudie uitgevoerd om antwoord te geven op de vraag in hoeverre de energie- en aminozurenbehoeften van biologisch gehouden vleesvarkens afwijken van die van gangbare vleesvarkens. Tevens was het verzoek welke aanpassingen in de rekenregels van groeimodellen doorgevoerd moeten worden om de energie- en aminozurenbehoeften van biologische vleesvarkens te kunnen modelleren.

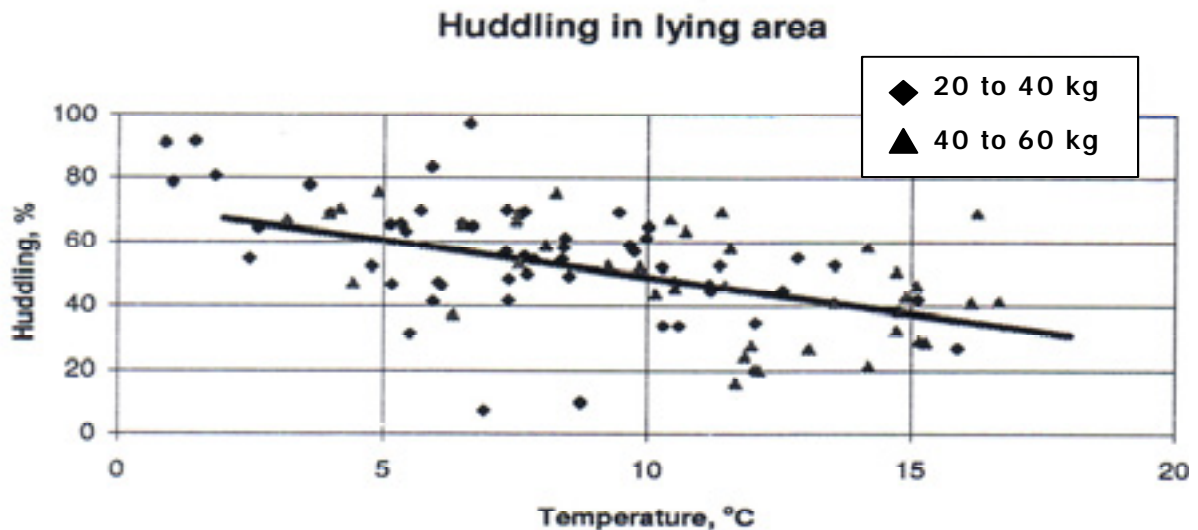
2 Effect van omgevingstemperatuur op energie- en eiwitbehoefte

2.1 Thermoregulatie van biologische vleesvarkens

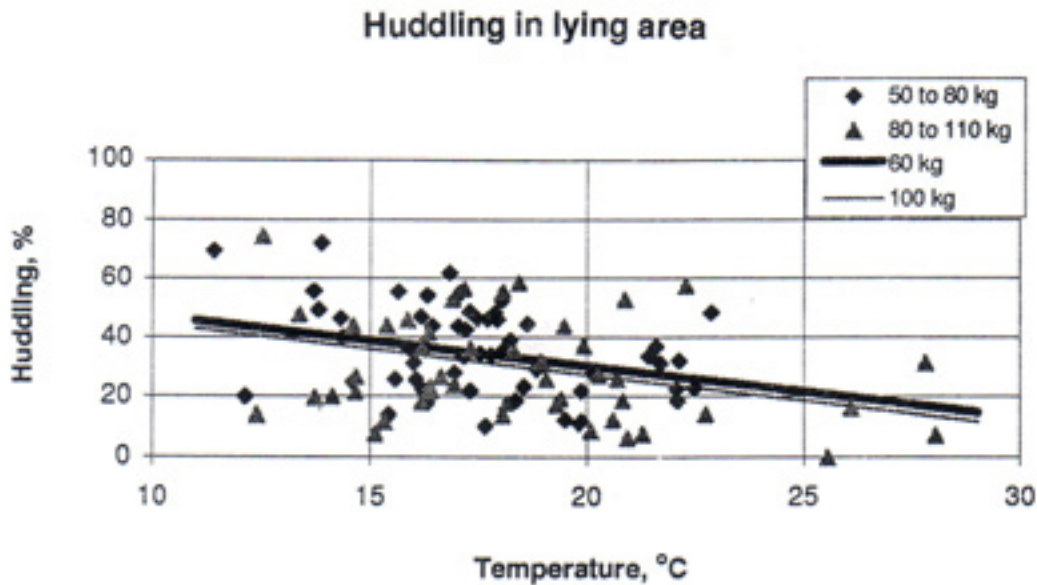
Ingram en Legge (1970) hebben het gedrag bestudeerd van varkens, die gehuisvest waren in een natuurlijke omgeving. De varkens hadden de beschikking over een hut met een laag stro. Het terrein buiten de hut bestond uit een gedeelte bos en twee weidepercelen. Waarnemingen vonden plaats tijdens alle jaargetijden. Uit dit onderzoek bleek dat de verblijftijd in de hut langer was bij temperaturen onder de 5 °C. De verblijftijd in de hut nam ook toe wanneer men de varkens onbeperkt voerde. Deze steeg van 38% naar 68% van de tijd gedurende een observatie in de winterperiode bij omgevingstemperaturen tussen de 0 en 5 °C. Wanneer de varkens naar buiten gingen, verbleven ze het liefst in het gedeelte van het terrein met de laagste luchtsnelheid. Echter, onafhankelijk van de luchtsnelheid, bleven de dieren steeds in de buurt van de voerbakken wanneer voer onbeperkt ter beschikking stond. De voorkeur voor een gedeelte van het terrein werd niet beïnvloed door de gemiddelde stralingstemperatuur; dit is een waarde gebaseerd op temperatuur en luchtsnelheid.

Wanneer de ligruimte voorzien is van een strobed heeft het varken een extra mogelijkheid om de thermoregulatie te beïnvloeden. Uit onderzoek van Fraser (1985) bleek dat de omgevingstemperatuur in belangrijke mate bepaalt hoe vaak varkens in het strobed gaan liggen. Bij een omgevingstemperatuur van 18 – 21 °C hadden zij een sterke voorkeur voor het strobed als ligplaats, terwijl de dieren bij 25 – 27 °C veelal op de betonnen vloer lagen. Door verandering van lighouding kan een varken het warmtegevend oppervlak verkleinen en hierdoor de thermoregulatie beïnvloeden (Sterrenburg en Van Ouwerkerk, 1986). Dieren kunnen hun warmteafgevend oppervlak ook verkleinen door tegen elkaar aan te gaan liggen (huddling effect). Uit onderzoek van Andersen et al. (2001) bleek dat 70-80% van varkens onder de 50 kg gewicht tegen elkaar aan gaat liggen bij temperaturen van circa 5 °C (figuur 1) en dat ongeveer 40% van de varkens boven de 50 kg dit doet bij een temperatuur van 15 °C, aflopend tot 25 % bij 23 °C (figuur 2).

Figuur 1 Effect van lage omgevingstemperaturen op het percentage varkens dat tegen elkaar gaat liggen (Andersen et al., 2001)



Figuur 2 Effect van hoge omgevingstemperaturen op het percentage varkens dat tegen elkaar gaat liggen (Andersen et al., 2001)

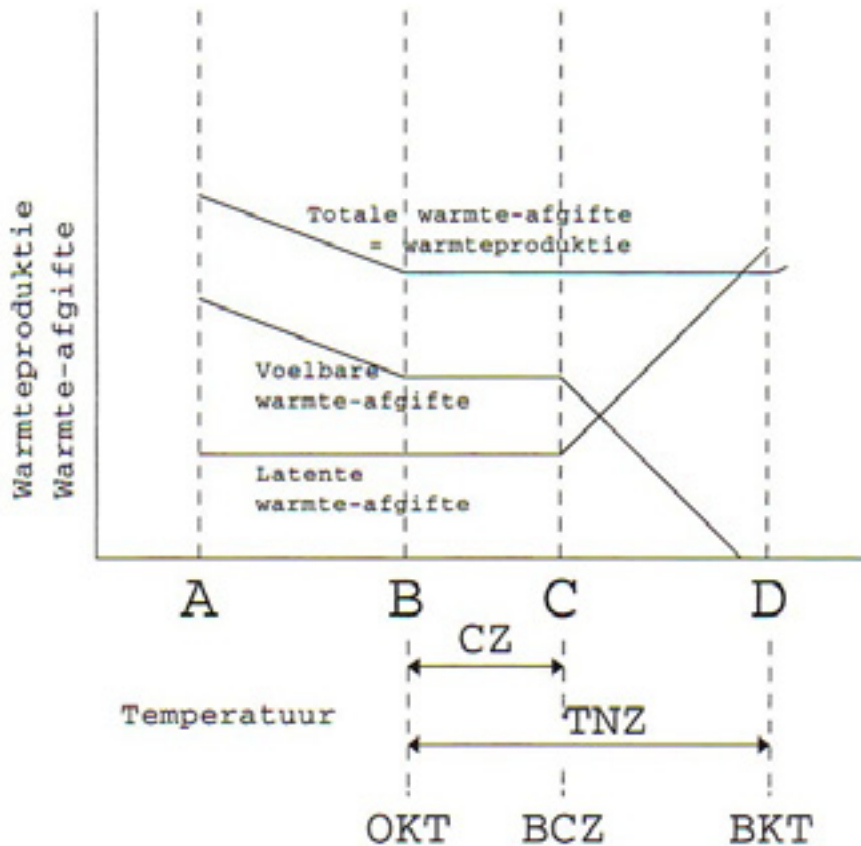


Uit de figuren 1 en 2 blijkt dat biologische vleesvarkens allerlei mogelijkheden hebben om zich aan te passen aan veranderingen in omgevingstemperatuur. Ze kunnen bijvoorbeeld zelf bepalen hoeveel tijd per dag ze op de uitloop doorbrengen. In de stal hebben ze de mogelijkheid om op de roosters te gaan liggen of in het strobed. Ze kunnen hun warmtegevend oppervlak verkleinen door hun lighouding te veranderen of door tegen elkaar aan te liggen (huddling effect). Bij erg lage temperaturen kunnen de varkens door extra activiteit de warmteafgifte verhogen. Al deze factoren maken het modelmatig beschrijven van de energie- en aminozurenbehoeften van biologische vleesvarkens erg complex. We gaan in op enkele modellen die de relatie tussen omgevingstemperatuur en energiebehoefte beschrijven.

2.2 Warmtebalans

Dieren produceren warmte en geven deze af aan de omgeving. De warmteproductie en de -afgifte van een dier moeten aan elkaar gelijk zijn om de lichaamstemperatuur constant te houden. In figuur 3 (Mount, 1974) is de relatie tussen de warmteproductie van varkens en de omgevingstemperatuur weergegeven.

Figuur 3 Warmteproductie van varkens



Legenda bij figuur 3:

- CZ = comfortzone
- TNZ = thermoneutrale zone
- OKT = onderste kritieke temperatuur
- BCZ = bovenste kritieke temperatuur
- A = temperatuur waaronder het dier de lichaamstemperatuur niet meer kan handhaven
- B = temperatuur waaronder het dier extra warmte moet produceren om de lichaamstemperatuur constant te houden
- C = temperatuur waarboven het dier door extra verdamping zijn warmteafgifte constant kan houden
- D = temperatuur waarboven het dier zijn lichaamstemperatuur niet meer constant kan houden.

De warmteproductie binnen de thermoneutrale zone is constant en wordt bepaald door de hoeveelheid energie die nodig is voor onderhoud en de warmte die vrijkomt bij de aanzet van energie. Het niveau van de warmteproductie is afhankelijk van het gewicht van de dieren en het voerniveau (Verstegen et al., 1995). De warmteafgifte wordt bepaald door voelbare warmteafgifte (in de vorm van straling, stroming en geleiding), door warmte die nodig is voor het opwarmen van drinkwater en door latente warmteafgifte in de vorm van verdamping. De warmteafgifte, ook wel fysische warmteafgifte genoemd, hangt onder andere af van het gewicht van het dier, het aantal dieren in een hok, het vloertype, de ruimtetemperatuur, de lichtsnelheid, de warmteweerstand van de huid, van de omgeving en de plafondtemperatuur (Sterrenburg en van Ouwkerk, 1986).

In de comfortzone kan het dier zijn warmteafgifte regelen door de onderhuidse bloedvaten te verwijden of te vernauwen. Onder de ondergrens van de comfortzone (de onderste kritieke temperatuur) produceert het dier extra warmte om de lichaamstemperatuur constant te houden. De warmteafgifte neemt hierdoor eveneens toe bij temperaturen beneden de ondergrens van de comfortzone, zodat het extra energie moet opnemen om hiervoor te compenseren. Boven de bovengrens van de comfortzone (de bovengrens comfortzone) houdt het dier de warmteafgifte constant door de latente warmteafgifte te verhogen, met name door te hijgen en te zweten. Het dier kan dan minder voelbare warmte aan de omgeving afgeven. Boven de bovengrens van de thermoneutrale zone (de bovenste kritieke temperatuur), is het dier alleen in staat om de lichaamstemperatuur te handhaven als

het minder voer opneemt en als het nat gehouden wordt. Als de temperatuur nog hoger wordt, kan zelfs een nat dier de lichaamstemperatuur niet meer constant houden. Het omslagpunt van een constante naar stijgende lichaamstemperatuur de bovenste kritieke temperatuur van een nat dier (Sterrenburg en Van Ouwerkerk, 1986).

2.3 Modelmatige beschrijvingen van het effect van omgevingstemperatuur op warmteproductie

Bruce en Clark (1979) hebben een model gepubliceerd waarmee zij de warmteproductie van varkens in relatie tot de omgevingstemperatuur op fysische wijze beschrijven. Het model beschrijft het varken als een 'object' dat warmte kan verliezen via straling, stroming en geleiding. Het model houdt rekening met verkleining van het warmtegevend oppervlak van een varken bij een lagere omgevingstemperatuur, maar niet met extra fysieke activiteit bij lagere temperaturen. Het model van Bruce en Clark (1979) vormt de basis van het computerprogramma BEZOVA (Sterrenburg en van Ouwerkerk, 1986), waarmee men de warmteproductie van varkens kan simuleren.

Zeer recent hebben Quiniou et al. (2001) een nieuwe model gepubliceerd voor het berekenen van warmteproductie van groepsgehuiste vleesvarkens. De formule is gebaseerd op een experiment dat is uitgevoerd bij een brede temperatuurrange, namelijk van 12 ° tot 22 °C en van 19 ° tot 29 °C. De gewichten van de varkens in dit experiment varieerden van 30 tot 90 kg. In tegenstelling tot het werk van Bruce en Clark (1979) werd in het experiment van Quiniou et al. (2001) wel de warmteproductie gemeten die het gevolg was van fysieke activiteiten, zoals staan, rillen en hijgen. De warmteproductie is bovendien gemeten bij zowel beperkt als onbeperkt gevoerde dieren. Aangezien de warmteproductie bepaald is bij een grote bandbreedte in omgevingstemperaturen en rekening houdt met de fysieke activiteit van varkens, is deze formule goed bruikbaar voor het modelleren van de warmteproductie van biologische vleesvarkens. De formule voor totale warmteproductie (HP_{tot}) ziet er als volgt uit (Quiniou et al., 2001):

$$HP_{tot} = BW^{0,60} \times (2317 - 108,1T + 1,64T^2) + 0,013 \times ME \times T \text{ (in kJ/dag)}$$

BW = lichaamsgewicht (kg)

T = omgevingstemperatuur, lager dan de onderste kritieke temperatuur; anders is T = onderste kritieke temperatuur

ME = opname aan metaboliseerbare energie (kJ/dag)

Zoals uit de formule blijkt, is de totale warmteproductie dus afhankelijk van lichaamsgewicht, omgevingstemperatuur en energieopname. De opgenomen hoeveelheid energie (ME) in het experiment van Quiniou et al. (2001) kunnen we beschrijven als een functie van temperatuur en lichaamsgewicht met de formule:

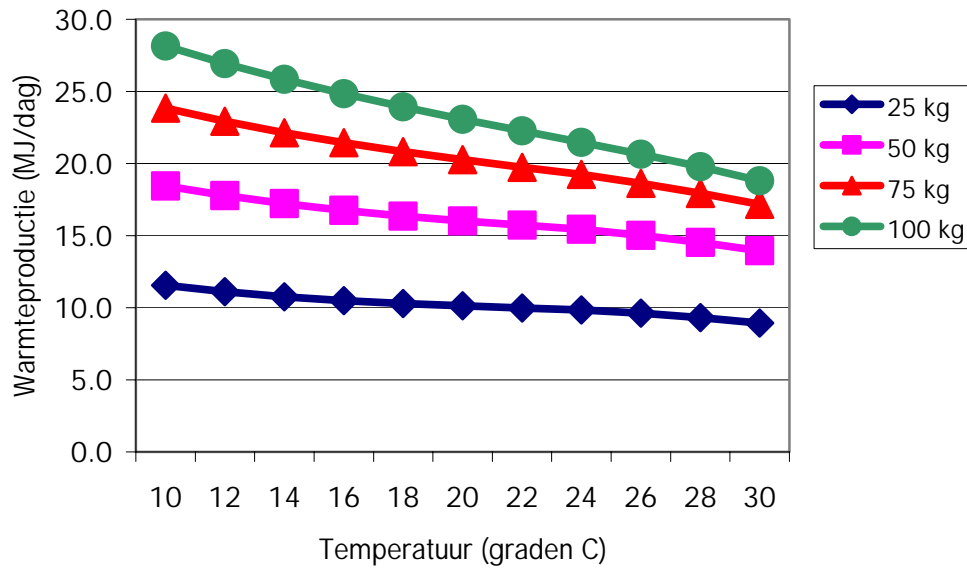
$$ME = -16710 + 1547T - 31,73T^2 + 973BW - 3,44BW^2 - 12,56 \times T \times BW \text{ (in kJ/dag)}$$

BW = lichaamsgewicht (kg)

T = omgevingstemperatuur

Gebaseerd op de formules van Quiniou et al. (2000 en 2001) is de totale warmteproductie berekend voor varkens met verschillende gewichten (25, 50, 75 en 100 kg) bij een temperatuurrange van 10 tot 30 °C. Het resultaat staat in figuur 4. Hieruit blijkt dat de warmteproductie toeneemt bij afnemende temperaturen. Deze toename ligt op een hoger niveau naarmate de varkens zwaarder zijn. De warmteafgifte bleek in het experiment van Quiniou et al. (2001) slechts stabiel in het temperatuurstraject van 23 – 25 °C. Onafhankelijk van het gewicht van de varkens bedroeg de onderste kritieke temperatuur 23 – 24 °C.

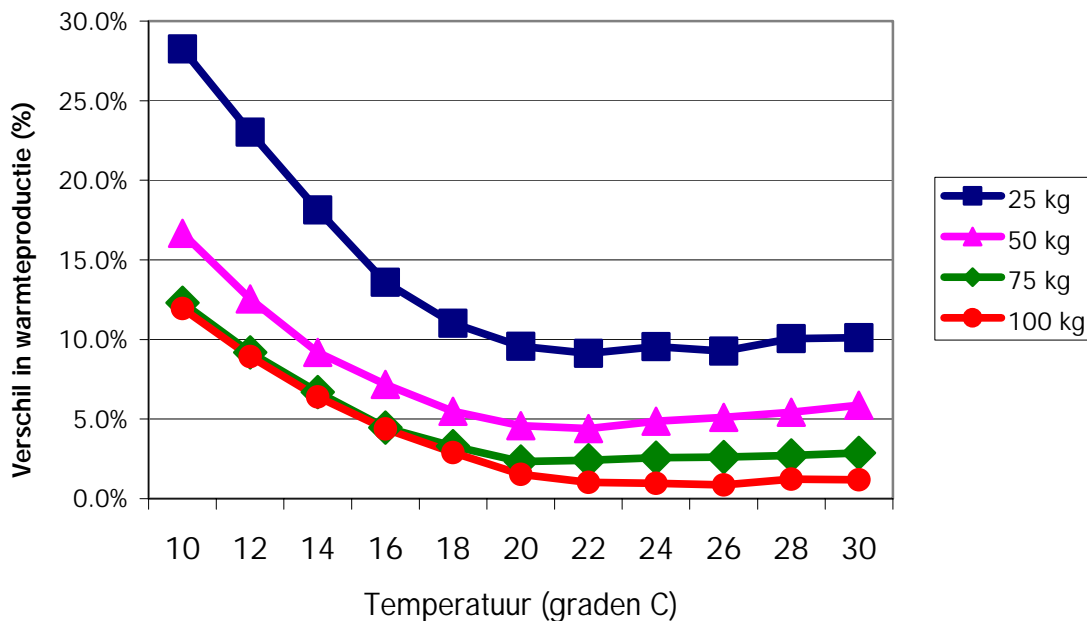
Figuur 4 Effect van omgevingstemperatuur en gewicht van varkens op de totale warmteproductie (MJ/dag) gebaseerd op formules van Quiniou et al. (2001)



2.4 Vergelijking model Quiniou et al. (2001) en Sterrenburg en Van Ouwerkerk (1986)

Het door Quiniou et al. (2001) gebruikte voer en de met behulp van de formule van Quiniou et al. (2000) berekende voeropname zijn als basisgegevens ingevoerd in het BEZOVA model. Vervolgens is met BEZOVA de warmteproductie berekend voor varkens van respectievelijk 25, 50, 75 en 100 kg lichaamsgewicht in het temperatuurtraject van 10 tot 30 °C. Uit deze berekeningen bleek dat de berekende warmteproductie volgens het model van Quiniou et al. (2001) in alle gevallen hoger was dan bij BEZOVA. Het verschil tussen beide modellen is weergegeven in figuur 5.

Figuur 5 Extra warmteproductie van Quiniou et al. (2001) in vergelijking met BEZOVA



Bij temperaturen van 20 °C of hoger is het verschil in warmteproductie tussen beide modellen constant. De warmteproductie in dit temperatuurstraject is volgens het model van Quiniou et al. (2001) circa 1% hoger bij de varkens van 100 kg tot 10% hoger bij varkens van 25 kg. Wanneer de temperatuur daalt onder de 20 °C, stijgt het verschil tussen beide modellen exponentieel, zelfs tot 28% bij 25 kg zware varkens bij 10 °C. Hieruit blijkt dat de berekende warmteafgifte volgens BEZOVA bij lage temperaturen een aanzienlijke onderschatting geeft in vergelijking met de gemeten warmteproductie volgens Quiniou et al. (2001). De belangrijkste verschillen tussen de experimenten, die geresulteerd hebben in beide modellen zijn:

- 1 De groepsgrootte bij Quiniou bedroeg slechts drie of vier dieren, terwijl BEZOVA is gebaseerd op experimenten met grotere groepen. De dieren bij Quiniou hadden hierdoor beperkte mogelijkheden om elkaar te verwarmen (huddling effect).
- 2 Quiniou hield de temperatuur slechts 2 dagen constant. Mogelijk was deze periode tekort om een stabiele warmteproductie te meten.
- 3 BEZOVA is gebaseerd op experimenten waarin de dieren een groei van circa 700 gram realiseerden. De dieren bij Quiniou realiseerden een hoge voeropname en groeiden 950 – 980 g/d. Een hogere groei leidt ook tot een hogere warmteproductie. De hoge waarden voor voeropname en groei zijn overigens wel ingevoerd als basisgegevens in BEZOVA.
- 4 De moderne varkens zijn veel magerder dan de varkens van rond 1980 en hebben dus minder natuurlijke isolatie en een hogere warmteafgifte.
- 5 Algemeen wordt aangenomen dat de onderste kritieke temperatuur bij vleesvarkens rond de 16 – 18 °C ligt. Quiniou et al. vonden echter in hun dataset dat de warmteproductie al steeg bij temperaturen onder de 24 °C (= onderste kritieke temperatuur). Mogelijk zijn de verschillen tussen beide modellen in het traject van 15 tot 20 °C kleiner als het model van Quiniou uitgaat van een constante berekende warmteproductie in het traject van 18 tot 24 °C.

Bovengenoemde verschillen maken het lastig om beide modellen goed met elkaar te vergelijken. Mogelijk overschat het model van Quiniou de warmteproductie als gevolg van de kleine groepsgrootte en de hoge groei, terwijl BEZOVA de warmteproductie mogelijk onderschat doordat moderne varkensrassen magerder zijn, waardoor sprake is van duidelijk minder natuurlijke isolatie.

2.5 Effect van omgevingstemperatuur op vet- en eiwitanzet

Bij verlaging van de omgevingstemperatuur moet een varken extra warmte produceren om zijn lichaamstemperatuur op peil te houden. Een varken kan onder andere meer warmte produceren door de voeropname te verhogen. Dit is echter niet mogelijk als de maximale voeropnamecapaciteit is bereikt of als de voergift beperkt is. Wanneer de omgevingstemperatuur daalt bij gelijkblijvende voeropname, zal het varken relatief meer energie gebruiken voor handhaving van de lichaamstemperatuur en minder voor groei (Verstegen et al., 1985; Black et al., 2000). In tabel 1 is de reductie in groei aangegeven per temperatuurverlaging met 1 °C voor varkens van verschillende gewichten, gehuisvest in een koude omgeving en zonder mogelijkheid om meer voer op te nemen. De afname in groei is groter naarmate de varkens lichter zijn (Holmes en Close, 1977 in: Black et al., 2000).

Tabel 1 Groeiverlaging (g/dag per °C) van varkens in een koude omgeving

	Lichaamsgewicht (kg)		
	20	60	80
Groeireductie	14	12	8

De afname in groei wordt met name veroorzaakt door minder vetaanzet. Eiwitanzet wordt veel minder beïnvloed door temperatuursdaling. Een verlaging van de omgevingstemperatuur bij een constante voerverstrekking resulteert dus in minder vetaanzet, en daarmee ook in een lager vetgehalte van het karkas, terwijl er slechts een gering effect is op de eiwitanzet van vleesvarkens.

Wanneer varkens lage omgevingstemperaturen compenseren met een verhoging van de voeropname, kan dit leiden tot meer vetaanzet en tot een vetter karkas (Verstegen et al., 1985). De mate waarin het varken in staat is een hogere energiebehoefte als gevolg van lagere omgevingstemperaturen te compenseren door een extra voeropname, hangt sterk af van het lichaamsgewicht van het dier. Zwaardere varkens (> 70 kg) zijn beter in staat hun voeropname te verhogen dan lichtere varkens, voor wie de voeropnamecapaciteit veel eerder de beperkende factor vormt (Quiniou et al., 2000).

Het effect dat een lagere omgevingstemperatuur in de praktijk uiteindelijk op de spek- en spierdikte en daarmee op het magere vleespercentage van biologische varkens zal hebben, is dus sterk afhankelijk van het effect van de temperatuursverlaging op de voeropname. Vaak voert men biologische vleesvarkens al onbeperkt, zodat de voeropname nog maar in beperkte mate verhoogd kan worden. In tabel 2 staan de resultaten van drie experimenten waarin een gangbaar huisvestingssysteem voor vleesvarkens is vergeleken met een alternatief systeem.

Tabel 2 Effect van gangbaar versus alternatief huisvestingssysteem op technische resultaten van vleesvarkens; bron: (Bee et al., 2004; Huiskes et al., 1999; Millet et al., In press)

Systeem	(Bee et al., 2004)		(Millet et al., In press)		Huiskes et al. (1999)	
	Indoor	Outdoor	Gangbaar	Biologisch	Gangbaar	Scharrel met uitloop
Groeitraject	23-105 kg	23-105 kg	21-105 kg	21-105 kg	25-111	25-110
Gem. temperatuur	22 °C	5 °C	21,5 °C	14,9 °C	n.b.	n.b.
Voeropname (kg/d)	2,21	2,24	2,07	2,40	2,19	2,32
Groei (g/d)	960	820	642	750	773	757
Mager vlees-(%)	56,3	57,6	55,9	56,5	52,1	52,0
Spierdikte (mm)	n.b.	n.b.	56,0	60,5	n.b.	n.b.
Spekdikte (mm)	n.b.	n.b.	15,9	16,4	18,8	18,9

In het experiment van Bee et al. (2004) namen de 'outdoor' varkens ondanks de lagere omgevingstemperatuur niet meer voer op dan de 'indoor' varkens. Dit resulteerde in een lagere groei en een hoger mager vleespercentage, vermoedelijk door minder vetaanzet. In het experiment van Huiskes et al. (1999) steeg de voeropname van de scharrelvarkens met 6% ten opzichte van de gangbaar gehuisveste varkens, zonder dat dit effect had op de spekdikte en het mager vleespercentage. In het experiment van (Millet et al., In press) was een toename in de voeropname bij de biologische varkens van 16%. Dit resulteerde ten opzichte van de gangbaar gehuisveste varkens in een toename van de groei en een niet-significante stijging van het mager vleespercentage. De extra voeropname is door de varkens in dit experiment dus gebruikt voor extra groei, zonder dat de varkens hierdoor vervetten. Mogelijk is in dit experiment een genotype gebruikt met een hoge eiwitaanzetcapaciteit. Uit deze drie experimenten kunnen we concluderen dat het effect van temperatuurverlaging op vet- en eiwitaanzet sterk afhankelijk is van het genotype en van het effect op voeropname.

Hoge omgevingstemperaturen hebben geen effect op de vet- en eiwitaanzet van een varken, mits het dier evenveel voer opneemt als onder thermoneurale condities (Rinaldo et al., 1991). Echter, wanneer men de varkens al onbeperkt voert, daalt de voeropname bij hoge omgevingstemperaturen. De mate van vetaanzet daalt dan meer dan de mate van eiwitaanzet, waardoor het varken relatief meer mager vlees bevat (Close en Mount, 1978; Verstegen et al., 1984; Le Bellego et al., 2002). Deze veranderingen zijn uitsluitend het gevolg van een lagere voeropname en niet van fysiologische veranderingen, zoals verlaagde vet- of eiwitaanzetcapaciteit of veranderingen in plasmacortisolconcentratie (Black et al., 2000).

3 Effect van huisvestingsomstandigheden op voeropname

Relatie omgevingstemperatuur en voeropname

Verlaging van de omgevingstemperatuur gaat gepaard met een toename van de warmteproductie (Quiniou et al., 2001). Door verhoging van voeropname kan het dier meer warmte produceren. Quiniou et al. (2001) vonden dat de voeropname van varkens in het gewichtstraject van 30-90 kg bij een temperatuurstraject van 12 – 24 °C ter compensatie van de extra warmteproductie verhoogd dient te worden met gemiddeld 19 gram per dag (ME = 13,24 MJ/kg; EW = 1,08) voor elke graad temperatuursverlaging onder de 24 °C. Gebaseerd op hetzelfde onderzoek hebben Quiniou et al. (2000) een formule ontwikkeld voor het schatten van de vrijwillige voeropname van varkens in het gewichtstraject van 30-90 kg bij een temperatuur die varieert van 12 tot 29 °C. Deze formule luidt:

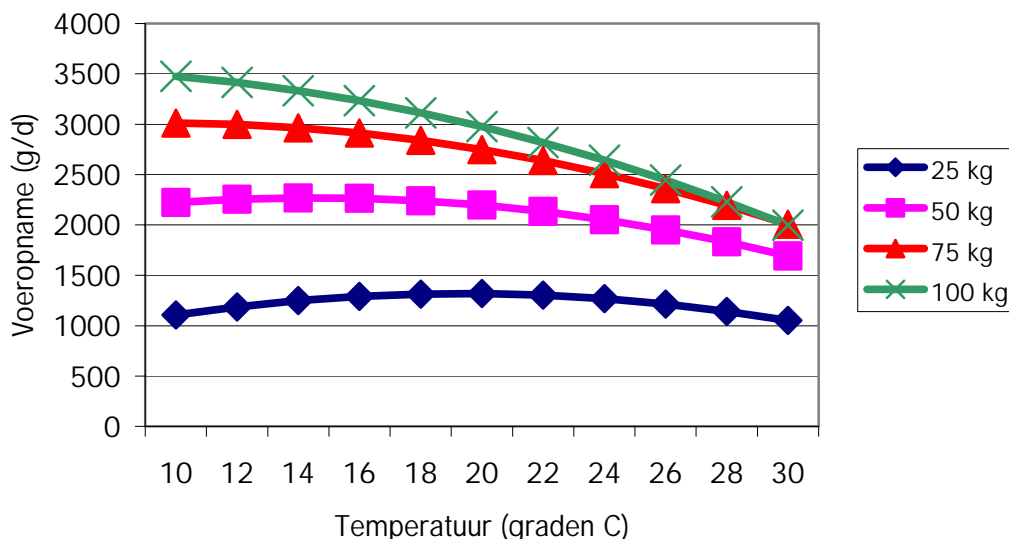
$$\text{Vrijwillige voeropname} = -1264 + 73,6\text{BW} - 0,26\text{BW}^2 + 117\text{T} - 2,40\text{T}^2 - 0,95\text{T} \times \text{BW} \text{ (in g/d)}$$

BW = lichaamsgewicht (kg)

T = omgevingstemperatuur.

Figuur 6 geeft het verloop van de vrijwillige voeropname weer voor varkens van resp. 25, 50, 75 en 100 kg bij verschillende temperaturen, gebaseerd op de formule van Quiniou et al. (2000).

Figuur 6 Effect van omgevingstemperatuur en gewicht van varkens op de vrijwillige voeropname (g/d; 13,24 MJ ME/kg) gebaseerd op de formule van Quiniou et al. (2000)



Uit figuur 6 blijkt dat hoge temperaturen een sterk verlagend effect hebben op de vrijwillige voeropname van zware varkens. De afname in voeropname in het traject van 19 tot 29 °C bedraagt gemiddeld 48 en 77 g/d/dag per °C voor varkens van respectievelijk 45 en 75 kg lichaamsgewicht. Uit figuur 6 blijkt ook dat lichte varkens niet in staat zijn de voeropname te verhogen bij lage omgevingstemperaturen, hoewel de warmteproductie wel stijgt bij verlaging van de omgevingstemperatuur. Het is discutabel of de voeropnamecapaciteit van lichte varkens bij lage temperaturen daadwerkelijk daalt of dat dit het gevolg is van de door Quiniou et al. (2000) ontwikkelde formule. De toename in voeropname in het traject van 22 tot 12 °C bedraagt gemiddeld 7 en 36 g/d/dag per °C voor varkens van respectievelijk 45 en 75 kg lichaamsgewicht. Deze cijfers komen redelijk overeen met die van Verstegen et al. (1995), berekend voor verschillende gewichtstrajecten en huisvestingssystemen (tabel 3).

Tabel 3 Benodigde voerhoeveelheid ter compensatie van extra warmteverliezen beneden de thermoneurale zone (g/°C/d) (Verstegen et al., 1995)

Huisvestingssysteem	Gewicht (kg)	Extra voer (g/°C/d)
Groep	20	13
Individueel	100	36
Groep	100	35
Groep	20-60	27
Groep	60-100	38

De getallen uit tabel 2 kan men gebruiken als richtlijn voor het berekenen van de extra benodigde hoeveelheid voer voor biologische varkens wanneer sprake is van lage omgevingstemperaturen.

De formule voor vrijwillige voeropname van Quiniou et al. (2000) houdt geen rekening met variatie in energiewaarde van voeders. De proeven zijn uitgevoerd met voeders met een metaboliseerbaar energiegehalte van 13,24 MJ/kg (EW = 1,08). Bij gebruikmaking van deze formule in andere situaties dient men te corrigeren voor een eventueel verschil in energiegehalte van het voer.

Effect van luchtvochtigheid en –snelheid op voeropname

Bij het constant houden van de lichaamstemperatuur bij hoge omgevingstemperaturen is een varken vooral afhankelijk van het afgeven van warmte door verdamping. Deze vorm van warmteafgifte verloopt minder efficiënt naarmate de relatieve luchtvochtigheid hoger is. Bij een temperatuur van 22 °C had een toename van de luchtvochtigheid van 50 naar 95 % geen effect op de voeropname en dierprestaties van varkens (Close, 1989). Echter, bij temperaturen van 28 of 33 °C daalde de voeropname bij verhoging van de relatieve luchtvochtigheid. Voor elke 10% hogere luchtvochtigheid daalde de voeropname met 47 kJ ME per dag (Close, 1989). Meer luchtsnelheid verhoogt de warmteverliezen van een varken meer convectie. Dit leidt tot een verhoging van de onderste kritieke temperatuur. Uitgaande van lucht van 20 °C leidt elke verhoging van de luchtsnelheid van 10 cm/s tot meer vrijwillige voeropname van 52kJ ME per dag (Close, 1989).

4 Effectieve temperatuur

Bij het berekenen van de energiebehoefte van biologische varkens moeten we onderscheid maken tussen de omgevingstemperatuur en de effectieve temperatuur. De effectieve temperatuur is de temperatuur zoals het varken die ervaart (Whittemore et al., 2001).

De effectieve temperatuur kan afwijken van de omgevingstemperatuur door de luchtsnelheid, temperatuur van de vloer, relatieve vochtigheid en de uitvoering van het ligbed. Vooral in de biologische varkenshouderij kunnen grote verschillen tussen omgevingstemperatuur en effectieve temperatuur voorkomen. Indien hiervan sprake is, moet men corrigeren te worden bij de modelmatige berekening.

Volgens de ARC (1981) kan de onderste kritieke temperatuur berekend worden met de formule:

$$T_c = 63 - 0,06xW - 0,067xH, \text{ waarbij}$$

T_c = onderste kritieke temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)

W = gewicht (kg)

H = extra warmteproductie als gevolg van temperaturen beneden de onderste kritieke temperatuur ($\text{kJ/kg}^{0,75}$)

H is van toepassing op varkens die gevoerd worden boven onderhoudsniveau en gehuisvest zijn in een geïsoleerd en tochtvrij gebouw. Bij biologische varkens is dit meestal niet het geval. De ARC (1981) geeft correctiefactoren, die men bij afwijkende huisvestingsomstandigheden kan toepassen bij het berekenen van T_c . Wanneer geen sprake is van een geïsoleerd en tochtvrij gebouw, dient men H met de betreffende correctiefactor te vermenigvuldigen voor het berekenen van de T_c .

Tabel 4 Correctiefactoren voor berekening T_c bij huisvesting van varkens beneden de onderste kritieke temperatuur (ARC, 1981)

Huisvestingsomstandigheid	Vermenigvuldigingsfactor voor netto warmteproductie
Wel isolatie – geen tocht	1,00
Wel isolatie – wel tocht	0,89
Geen isolatie – geen tocht	0,97
Geen isolatie – wel tocht	0,84
Goed strobed	1,10

Tocht leidt dus tot een verhoging van de onderste kritieke temperatuur, terwijl een goed strobed juist aanleiding geeft tot een lagere onderste kritieke temperatuur.

Whittemore (1988) geeft een verdere verfijning voor het berekenen van de effectieve temperatuur met de formule:

$$\text{Effectieve temperatuur } (^{\circ}\text{C}) = \text{Omgevingstemperatuur} \times (V_e \times V_l)$$

De vermenigvuldigingsfactoren V_e en V_l staan vermeld in tabel 5.

Tabel 5 Vermenigvuldigingsfactoren V_e en V_l (Whittemore, 1988)

Huisvestingsomstandigheid	V_e	V_l
Wel isolatie – geen tocht	1,0	
Geen isolatie – geen tocht	0,9	
Wel isolatie – matige tocht	0,8	
Wel isolatie – wel tocht	0,7	
Geen isolatie – wel tocht	0,6	
Dik strobed		1,4
Geen strobed op dichte geïsoleerde vloer		1,0
Geen strobed op dichte ongeïsoleerde vloer		0,9
Roostervloer met tocht		0,8
Geen strobed op natte, dichte ongeïsoleerde vloer		0,7

Tocht wordt gedefinieerd als luchtsnelheid $> 0,2$ m/s. Als de dieren niet beschikken over een strobed, maar moeten liggen op een natte dichte ongeïsoleerde vloer, ligt bij tocht de effectieve temperatuur 49% ($0,7 \times 0,7 = 0,49$) lager dan de omgevingstemperatuur. Bij berekening van bijvoorbeeld de warmteproductie of vrijwillige voeropname dient men in plaats van de omgevingstemperatuur deze effectieve temperatuur in te vullen.

5 Betekenis voor de praktijk

Inschatten extra energiebehoefte biologische varkens

In dit rapport is aangegeven dat als gevolg van afwijkende klimaatsomstandigheden met name de energiebehoefte van biologische varkens hoger is dan van gangbare varkens. We mogen verwachten dat dit tot uiting komt in een ongunstigere voederconversie.

Uit een dataset van acht biologische bedrijven, gebruikt voor het opstellen van de kostprijberekening van biologische varkensbedrijven (Hoste et al., 2002), blijkt dat de voederconversie in 2001 gemiddeld 2,93 bedroeg en varieerde van 2,75 tot 3,15. Deze voederconversie is 23 punten (8,5%) hoger dan het landelijk gemiddelde volgens de SIVA-Kengetallenspiegel 2001. Dit is een globale aanwijzing dat de voederconversie van biologische vleesvarkensbedrijven inderdaad ongunstiger is dan van gangbare bedrijven.

Op Praktijkcentrum Raalte is het effect van drie huisvestingssystemen op technische resultaten van vleesvarkens gemeten. Deze behandelingen waren scharrelhok met stro en uitloop, scharrelhok met stro zonder uitloop en een conventioneel hok (zonder stro en uitloop, voersamenstelling identiek, maar zonder groeibevorderende stoffen). De behandeling 'scharrelhok met uitloop' is redelijk goed vergelijkbaar met de omstandigheden in de biologische vleesvarkenshouderij. Het experiment is uitgevoerd in de periode januari 1988 – mei 1989 met relatief veel koude perioden. De technische resultaten van dit experiment staan vermeld in tabel 6.

Tabel 6 Technische resultaten van vleesvarkens in experiment Huiskes et al. (1999)

	Scharrel met uitloop	Scharrel zonder uitloop	Conventioneel
Aantal hokken	15	15	15
Aantal dieren opgelegd	120	120	120
Aantal dieren afgeleverd	119	120	119
Opleggewicht (kg)	25,4	25,4	25,1
Berekend eindgewicht (kg)	109,9	110,8	110,7
Aantal groeidagen	112	111	111
Groei (g/d)	757	769	773
Voeropname (kg/d)	2,32 ^a	2,35 ^a	2,19 ^b
Voederconversie	3,07 ^a	3,05 ^a	2,84 ^b
Slachtgewicht	84,8	85,7	85,6
Mager vlees (%)	52,0 ^{ab}	51,3 ^a	52,1 ^b
Spekdikte (mm)	18,9	19,7	18,8

ab =

De dieren in scharrelhokken namen 6-7% meer voer op dan de dieren onder conventionele huisvesting. Het is opvallend dat er geen verschil in voeropname was tussen de scharrelvarkens met en zonder uitloop. De beschikbaarheid van een buitenuitloop leidde blijkbaar niet tot een extra verhoging van de voeropname. Op basis van dit ene experiment lijkt het er dus op dat men bij het modelleren van de energiebehoefte van biologische varkens geen rekening hoeft te houden met een hogere energiebehoefte als gevolg van klimaat of activiteit op de buitenuitloop. Aanvullend onderzoek moet aantonen of deze conclusie algemeen geldend is.

De varkens in het experiment van Huiskes et al. (1999) maakten slechts in beperkte mate gebruik van de buitenuitloop. De extra voeropname van de varkens in beide scharrelsystemen ten opzichte van het conventionele systeem moet dus hoofdzakelijk het gevolg zijn van compensatie van een ongunstiger binnenklimaat of van voer zonder groeibevorderende stoffen. Echter, uit een review van een groot aantal experimenten waarbij het effect van AMGB's in vleesvarkens is onderzocht (Freitag et al., 1999), blijkt dat toevoeging van AMGB's juist leidt tot verhoging van de voeropname. Hieruit kunnen we concluderen dat de extra voeropname vermoedelijk nodig was ter compensatie van een ongunstiger binnenklimaat, waarbij mogelijk lagere temperaturen en hogere luchtsnelheden een rol gespeeld hebben. Het binnenklimaat van de hokken met en zonder uitloop verschilde waarschijnlijk slechts in beperkte mate, aangezien deze hokken in dezelfde afdelingen lagen. De extra energie die de scharreldieren met het voer binnen kregen, gaf geen hogere groei, wel een ongunstigere voederconversie. We kunnen dus stellen dat de extra energie gebruikt is voor de thermoregulatie.

Gemiddeld namen de scharrelvarkens 130 g/d (met uitloop) tot 160 g/d (zonder uitloop) meer voer op dan de conventioneel gehuisveste varkens. De conventionele varkens waren gehuisvest bij een staltemperatuur van gemiddeld 20 °C. Wanneer we aannemen dat de extra voeropname volledig nodig was voor thermoregulatie, kan uit figuur 6 afgeleid worden dat de effectieve temperatuur bij de scharrelvarkens circa 3–4 °C lager lag dan bij de conventionele varkens. Voor het bepalen van de extra energiebehoefte van biologische varkens in een gesloten stal met uitloop kunnen we op basis van het experiment van Huiskes et al. (1999) uitgaan van een extra voeropname van circa 130 – 160 g/d of van een lagere effectieve temperatuur van 3-4 °C.

In het hierboven vermelde onderzoek werd een vergelijking gemaakt tussen een conventioneel huisvestingssysteem en twee scharrelsystemen. Voor zover bekend is op dit moment één vergelijkend onderzoek

tussen biologisch en conventioneel gehouden vleesvarkens gepubliceerd (Millet et al., In press). Er werd in dit experiment een driefasen voersysteem toegepast, waarbij ook de conventionele voeders vrij waren van antimicrobiële groeibevorderaars. De varkens werden afgevoerd naar de slachterij als ze 105 kg wogen. De technische resultaten over het volledige groeitraject staan vermeld in tabel 7.

Tabel 7 Effect van biologische versus conventionele huisvesting op technische resultaten van vleesvarkens (Millet et al., In press)

	Biologisch	Conventioneel
Gemiddelde binnentemperatuur (gem. buitentemp. tussen haakjes)		
21 – 43 kg (°C)	11,2 (7,0)	20,8
43 – 70 kg (°C)	14,6 (7,0)	21,1
70 – 105 kg (°C)	19,0 (14,5)	22,7
Resultaten 21 – 105 kg		
Aantal groeidagen	112	131
Voeropname (kg/d)	2,40 ^a	2,07 ^b
Groei (g/d)	750 ^a	642 ^b
Voederconversie	3,20	3,23
Mager vlees (%)	56,5	55,9

ab =

De temperatuur in de biologische stal was afhankelijk van de periode 3 – 8 °C lager dan in de conventionele stal. Dit resulteerde evenals in het experiment van Huiskes et al. (1999) in een forse toename van de voeropname van gemiddeld 330 g/d. Echter, in tegenstelling tot de resultaten van Huiskes et al. (1999) vertaalde deze extra voeropname zich in een hogere groei, zonder verslechtering van de voederconversie. Het lijkt er in dit experiment op dat de biologische varkens de extra opgenomen hoeveelheid nutriënten volledig konden benutten voor groei, zonder dat een deel ervan noodzakelijk was voor thermoregulatie. Deze bevindingen komen volstrekt niet overeen met die van o.a. Bruce en Clark (1979) en Quiniou et al. (2001). Zij vonden dat de warmteproductie van varkens toenam naarmate de omgevingstemperatuur daalde, waardoor meer energie nodig was voor onderhoud. Mogelijk was de kwaliteit van het strobed zo goed dat het de negatieve effecten van een lage omgevingstemperatuur volledig kon compenseren. Een andere verklaring kan zijn dat er in de conventionele stal ongunstige omstandigheden waren op het gebied van klimaat of diergezondheid, waardoor de voederconversie hoger uitviel dan onder normale omstandigheden. Omdat de varkens op gewicht werden afgeleverd, hadden de biologische varkens aanzienlijk minder groeidagen, waardoor er ook aanzienlijk minder voer nodig was voor onderhoud; ook dit draagt bij aan de verklaring voor het gelijk uitkomen van de voederconversies. Al met al is het is maar zeer de vraag of de resultaten van dit experiment representatief zijn voor het verschil in dierprestaties tussen biologische en gangbare vleesvarkens.

Energie- en aminozuregehalten in het voer

Een lagere omgevingstemperatuur heeft dus met name invloed op de energiebehoefte en veel minder op de eiwitbehoefte van vleesvarkens. Een varken neemt bij verlaging van de omgevingstemperatuur meer voer op als energiebron voor extra warmteproductie. Tegelijkertijd neemt het varken dan ook meer eiwit op, terwijl het hier beperkt behoefte aan heeft. Het is de vraag of de gewenste energie-eiwitverhouding in biologische vleesvarkenvoeders afwijkt van die van gangbare vleesvarkenvoeders. Millet et al. (2002) onderzochten het effect van respectievelijk hoge, middelmatige en lage lysine/energieverhoudingen op dierprestaties van biologische varkens. De proefbehandelingen staan vermeld in tabel 8. De voeders hadden, omgerekend naar EW, de volgende energiegehalten: 1,07 EW voor fase 1, 1,05 EW voor fase 2 en 1,03 EW voor fase 3. De hoge lysine/energieverhouding komt overeen met die van de gebruikelijke (Belgische) normen voor gangbare varkensvoeders.

Tabel 8 Energie- en lysinegehalten van de proefvoerders,

		HL	ML	LL
1 ^{ste} fase	MJ NE/kg	9,40	9,40	9,40
	g dvLysine/kg	7,90	7,15	6,40
2 ^{de} fase	MJ NE/kg	9,25	9,25	9,25
	g dvLysine/kg	7,21	6,53	5,84
3 ^{de} fase	MJ NE/kg	9,10	9,10	9,10
	g dvLysine/kg	6,53	5,90	5,28

Uit dit onderzoek bleek dat biologische varkens van opleg tot 42 kg (eerste fase) de beste dierprestaties behaalden met voer met een hoge lysine/energieverhouding. Van 42 tot 71 kg (tweede fase) gaven de voeders met een hoge en middelmatige lysine/energieverhouding vergelijkbare resultaten, terwijl het voer met een lage lysine/energieverhouding tendeerde naar een ongunstigere voederconversie. Van 71 kg tot afleveren (derde fase) was er geen effect van lysine/energieverhouding op dierprestaties. Het vleespercentage was duidelijk lager wanneer de dieren voeders met een lage lysine/energieverhouding kregen, terwijl er geen verschil was in vleespercentage tussen de voeders met een hoge en middelmatige lysine/energieverhouding kregen. Naar aanleiding van deze resultaten concludeerden Millet et al. (2002) dat voor biologische varkens vanaf 50 kg voeders samengesteld kunnen worden met een lagere lysine/energieverhouding dan gebruikelijk is in de gangbare houderij zonder nadelige effecten op de technische resultaten. In een tweede experiment van dezelfde auteur (Millet et al., In press) werd deze conclusie bevestigd. De biologische varkens in dit onderzoek kregen ofwel biologisch voer (voor 90% bestaande uit biologische grondstoffen) of gangbaar voer. De biologische en gangbare voeders waren zoveel mogelijk vergelijkbaar met uitzondering van de aminozuren/energie verhouding. Deze was in het eerste en tweede fasevoer 15% lager en in het derde fasevoer 10% lager. De varkens die het biologische voer kregen groeiden t.o.v. de varkens op het gangbare voer tijdens de eerste fase langzamer en hadden een ongunstigere voederconversie, maar dit werd weer volledig gecompenseerd tijdens de tweede en derde fase. Het verlagen van de aminozuren/energieverhouding met ca. 10% in biologische groei- en eindvoerders lijkt dus goed mogelijk te zijn. Echter, in het huidige uitbetalingssysteem worden forse kortingen op de uitbetalingsprijs toegepast als een biologisch varken niet voldoet aan een minimaal vleespercentage en type. Als een verlaging van de aminozuren/energieverhouding op een praktijkbedrijf onverhoopt toch tot een slechtere slachtkwaliteit leidt, kan dit grote financiële consequenties hebben. Op dit moment zijn mengvoerbedrijven daarom zeer terughoudend in het verlagen van de aminozuregehalten in het voer.

Gebruik van buitenuitloop

De mate waarin de varkens gebruik maken van de buitenuitloop kan mogelijk invloed hebben op de energiebehoefte. Uit onderzoek van Huiskes et al. (1999) bleek dat de varkens slechts in beperkte mate gebruik maakten van de buitenuitloop. Maximaal 30% van de varkens verbleef gelijktijdig op de buitenuitloop. Ze mestten wel overwegend buiten, maar ander gebruik van de buitenuitloop was erg weersafhankelijk. De dieren mijden de uitloop met name als het regent, terwijl ze bij zonnig en droog weer – ook in de winterperiode – wel gebruik maken van de uitloop. Olsen et al. (2002) observeerden varkens met een buitenuitloop tussen 8.00 en 16.00 uur. Gemiddeld verbleven de varkens ongeveer 25 % van de tijd op de uitloop. Er was echter een negatieve correlatie tussen de verblijfstijd op de uitloop en de buitentemperatuur. Ook Moller (1999) vond dat het percentage varkens dat op de buitenuitloop lag erg afhankelijk was van de temperatuur (zie tabel 9). Dit percentage was lager wanneer varkens de gelegenheid hebben om in de stal op een roostervloer te gaan liggen. Ook bij een beperkt oppervlak van de buitenuitloop (0,5 m² per varken) was het percentage varkens dat op de buitenuitloop ging liggen lager dan bij een ruimer oppervlak (1,0 m²).

Tabel 9 Percentage liggende varkens op de buitenuitloop in het experiment van Moller (1999)

Temperatuur (°C)	Binnen diep stro bed		Binnen deels roostervloer	
	1,0 m ² per varken op uitloop	0,5 m ² per varken op uitloop	1,0 m ² per varken op uitloop	0,5 m ² per varken op uitloop
10	1,5	1,1	0,8	0,6
15	8,1	5,9	4,6	9,3
20	33,9	26,6	21,8	16,5

Uit dit (beknopte) literatuuroverzicht blijkt dat biologische varkens bij lage omgevingstemperaturen in beperkte mate gebruik maken van de buitenuitloop. Het effect van buitenuitloop op de energiebehoefte is daarom waarschijnlijk beperkt, zodat we bij het modelleren van de energiebehoefte van biologische varkens hieraan niet al te veel aandacht hoeven te schenken.

6 Conclusies en praktijktoepassing

- Biologisch gehuisveste varkens hebben in vergelijking met gangbaar gehuisveste varkens meer energie nodig hebben voor het handhaven van hun lichaamstemperatuur. Uit praktijkcijfers en onderzoeksresultaten blijkt dat biologisch gehuisveste vleesvarkens gemiddeld een hogere voeropname realiseren en dus meer energie opnemen dan gangbare varkens. Gemiddeld genomen hebben ze ook een ongunstigere voederconversie.
- Voor het handhaven van de lichaamstemperatuur is dus wel meer energie maar geen extra eiwit nodig. Daarom kunnen voor varkens vanaf 50 kg voeders samengesteld worden met een iets lagere lysine/energieverhouding dan gebruikelijk in voeders voor gangbare varkens.
- Aangezien biologische varkens bij lage omgevingstemperaturen slechts in beperkte mate gebruik maken van de buitenuitloop hoeft op basis van de huidige inzichten bij het modelmatig berekenen van de energiebehoefte weinig aandacht aan de temperatuursinvloed van de buitenuitloop besteed te worden.
- Bij het modelmatig berekenen van de energiebehoefte van vleesvarkens dient men uit te gaan van de effectieve temperatuur in plaats van de omgevingstemperatuur. De effectieve temperatuur kan afwijken van de omgevingstemperatuur door wel of geen isolatie van het gebouw, wel of geen tocht, het beschikken over een strobed en de vloeruitvoering.
- Zwaardere varkens zijn beter in staat om met extra voeropname te compenseren voor lagere omgevingstemperaturen dan lichtere varkens. Quiniou et al. (2000) hebben een bruikbare formule ontwikkeld voor het simuleren van de voeropnamecapaciteit van vleesvarkens in afhankelijkheid van omgevingstemperatuur en lichaamsgewicht.
- De berekende warmteproductie volgens het model van Quiniou et al. (2001) valt in alle gevallen hoger uit dan volgens het model BEZOVA. Bij temperaturen van 20 °C of hoger is het verschil in warmteproductie tussen beide modellen gering en constant. Wanneer de temperatuur daalt onder de 20 °C stijgt het verschil tussen beide modellen exponentieel, zelfs tot 28% bij 10°C voor varkens van 25 kg. Mogelijk overschat het model van Quiniou de warmteproductie, omdat de varkens in de onderliggende experimenten in kleine groepen gehouden werden en een zeer hoge groei realiseerden. Mogelijk onderschat BEZOVA de warmteproductie doordat de huidige varkensrassen magerder zijn dan de varkens die gebruikt werden in de onderliggende experimenten, die in de tachtiger jaren zijn uitgevoerd. Het gevolg hiervan is dat de huidige varkens zichzelf minder goed kunnen isoleren. Op dit punt zou BEZOVA mogelijk geactualiseerd kunnen worden.

Praktijktoepassing

In verband met forse kortingen op de uitbetalingsprijs bij onvoldoende slachtkwaliteit zijn mengvoerbedrijven op dit moment zeer terughoudend in het verlagen van de aminozuregehalten in het biologisch vleesvarkensvoer. Daarom is het wenselijk dat er meer inzicht komt in de optimale aminozuren/energieverhouding van biologische voeders. Daarnaast is aanvullend onderzoek nodig om meer inzicht te krijgen in het niveau en de schommelingen van de effectieve temperatuur in verschillende typen biologische vleesvarkensstallen. De effectieve temperatuur is een belangrijke input variabele in modellen waarmee de warmteproductie van vleesvarkens berekend wordt. Tot slot dient de conclusie over het beperkte effect van de buitenuitloop op de energiebehoefte gevalideerd worden.

Bijlagen

Bijlage 1: Figures and tables

Figure 1	Huddling in lying area (20 - 60 kg)
Figure 2	Huddling in lying area (50 – 110 kg)
Figure 3	Heat production of pigs
Figure 4	Effect of environmental temperature and body weight on heat production (MJ/d) of Growing-finishing pigs, based on the model of Quiniou et al. (2001)
Figure 5	Extra heat production of the model of Quiniou et al. (2001) compared to the BEZOVA model
Figure 6	Effect of environmental temperature and body weight on voluntary feed intake (g/d; 13,24 MJ ME/kg) of growing-finishing pigs, based on the model of Quiniou et al. (2000)
Table 1	Reduction in daily gain (g/d/°C) of pigs housed in a colt environment
Table 2	Effect of conventional versus organic housed growing-finishing pigs on performance; source: (Bee et al., 2004; Huiskes et al., 1999; Millet et al., In press)
Table 3	Amount of feed to compensate for extra heat losses below the lower critical temperature (g/°C/d) (Verstegen et al., 1995)
Table 4	Correction factors for calculating the lower critical temperature of pigs housed below the lower critical temperature (ARC, 1981)
Table 5	Multiplying factors V_e and V_L (Whittemore, 1988)
Table 6	Performance of growing-finishing pigs in experiment Huiskes et al. (1999)
Table 7	Effect of organic versus conventional housing sytem on performance of growing-finishing pigs (Millet et al., In press)
Table 8	Energy and lysine contents of experimental diets (Millet et al., 2002)
Table 9	Percentage of lying pigs in outdoor area in experiment Moller (1999)

Bijlage 2: Recent verschenen PraktijkRapporten Varkens vanaf 1-1-2003

Nr	Titel PraktijkRapport Varkens	Auteur(s)	Jaar	Prijs €
34	Energie- en eiwitbehoefte van biologisch gehouden vleesvarkens	M.M. v. Krimpen, C.M.C. v.d. peet-Schwering	Sept. 2004	€ 17,50
33	Gefermenteerde grondstoffen in voeders voor biologisch gehouden gespeende biggen	M.M. v. Krimpen, J.G. Plagge, G.P. Binnendijk	Sept. 2004	€ 17,50
32	Erwten in voeders voor biologisch gehouden gespeende biggen	M.M. v. Krimpen, J.G. Plagge, G.P. Binnendijk	Sept. 2004	€ 17,50
31	Vochtige diervoeders en geuremissie uit vleesvarkensstallen	M. Timmerman, J.W. v. Riel, M.A.H.H. Smolders, E.M.A.M. Bruininx	Juli 2004	€ 17,50
30	Ruwvoer of stro voor drachtige zeugen	H.W. van der Mheen, H.A.M. Spoolder, M.C. Kiezebrink	April 2004	€ 17,50
29	Grote groepen vleesvarkens	E.M. v.d. heuvel, G.P. Binnendijk, A.I.J. Hoofs, A.J.J. Bosma, H.A.M. Spoolder	Maart 2004	€ 17,50
28	Strohuisvesting bij drachtige zeugen in grote groepen: knelpunten en oplossingen	H. Altena, H.M. Vermeer, T.A. Geijssel	Febr. 2004	€ 17,50
27	Vergelijking drie soja-eiwitten in biggenvoeders	T.B. Rodenburg, M.M. v. Krimpen, G.P. Binnendijk, E.M.A.M. Bruininx, A. Mulder	Febr. 2004	€ 17,50
26	Haalbaarheid verwerking kadavers op varkensbedrijven	A.V. v. Wagenberg, M. Timmerman, A.J.J. Bosma	Jan. 2004	€ 17,50
25	Effect van stikstofaanvoernormen 2003 op technische resultaten en N-excretie	M. v. Krimpen, A.H.A.A.M. v. Lierop, G.P. Binnendijk	2003	€ 17,50
24	Inventarisatie naar parasieten in de varkenshouderij	I. Eijck, M. Kiezebrink, F. Borgsteede, G. Binnendijk, M. Bokma-Bakker	2003	€ 17,50
23	Stabiele of wisselgroepen voor drachtige zeugen	H.W. van der Mheen, H.A.M. Spoolder, M.C. Kiezebrink	2003	€ 17,50
22	Onbeperkt voeren van drachtige zeugen in groepshuisvesting	C.M.C. van der Peet-Schwering, J.G. Plagge, G.P. Binnendijk	2003	€ 17,50
21	Bezinklagen en bemonstering van varkensmest	M. Timmerman, M.A.H.H. Smolders	2003	€ 17,50
20	Huisvestingskosten biologische varkenshouderij	A.J.J. Bosma, J. Enting	2003	€ 17,50
19	Rustige of ruige omgang met varkens	H.W. van der Mheen en H.A.M. Spoolder	2003	€ 17,50
18	Preventie en behandeling staartbijten bij gespeende biggen	J.J. Zonderland, M. Fillerup, C.G. v. Reenen, H. Hopster, H. Spoolder	2003	€ 17,50
17	Checklisten voor Salmonellabeheersing op vleesvarkensbedrijven	M.A. van der Gaag	2003	€ 17,50
16	Huisvestingssystemen met gescheiden klimaatzones bij gespeende biggen	M.T.J. de Leeuw, A.V. van Wagenberg, A.H.A.A.M. van Lierop, H. Altena, H.M. Vermeer	2003	€ 17,50
15	Effect van verrijking omgeving en beperking weidegang op wroetschade door zeugen	H. v.d. Mheen	2003	€ 17,50
14	Diergezondheid biologische houderij versus gangbare houderij	I. Eijck, G. Smolders, M. v. d. Gaag, M. Bokma	2003	€ 17,50
13	Effect van voeropname op de darmfysiologie van gespeende biggen tijdens de zoogperiode	E.M.A.M. Bruininx	2003	€ 17,50
12	Mineralenbalansen op afdelingsniveau in de varkensvermeerdering	M. Timmerman, M.A.H.H. Smolders	Maart 2003	€ 17,50
11	Arbeidsbelasting in de zeugenhoudery	E.M. van den Heuvel, J. Enting, J.J.H. Huijben, A.A.J. Looije, P. Roelofs, A.T.M. Hendrix	Febr. 2003	€ 17,50
10	Ruwecelstofrijke voeders voor zeugen: effect op reproductie en gedrag	C.M.C. van der Peet-Schwering	Jan. 2003	€ 17,50

Bijlage 3: Recent verschenen PraktijkBoeken Varkens vanaf 1-1-2003

Nr	Titel PraktijkBoek PV	Auteur(s)	Jaar	Prijs €
38	Grofit Biggen: buisvoerbakken voor gespeende biggen	A.H.A.A.M. van Lierop	2004	
37	KWIN 2004 - 2005	H. Hemmer e.a.	2004	50,-
36	Handboek Pluimveehouderij	Diversen	2004	45,-
35	Handboek Varkenshouderij	Diversen	2004	45,-
34	Ruimte voor de koe Moderne huisvesting van melkvee	G. Biewenga	Dec 03	10,-
33	Calprona-P® als alternatief voor AMGB's bij gespeende biggen	T.B. Rodenburg, M.M. van Krimpen, G.P. Binnendijk, M.A.H.H. Smolders	Jan. 2004	17,50
32	Exenta kruidentinctuur als alternatief voor AMGB's bij gespeende biggen	T.B. Rodenburg, M.M. van Krimpen, G.P. Binnendijk, M.A.H.H. Smolders	Jan. 2004	17,50
31	Verrijkte kooien voor leghennen in al zijn onderdelen	Th.G.C.M. Fiks-van Niekerk, B.F.J. Reuvekamp, R.A. van Emous	Dec 2003	29,90
30	Rassenbericht grasland 2003	J. Visscher	Sep 2003	3,40
29	Gezond starten, gezond blijven	I.A.J.M. Eijck	Aug. 2003	50,-
28	Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2003-2004	H. Hemmer e.a.	2003	50,-
27	Onderzoeksvisie varkenshouderij 2003-2010	N. Verdoes, J.W.G.M. Swinkels	Mei 2003	17,50
26	Verlaagd ruw eiwit als alternatief voor AMGB's bij gespeende biggen	M.M. van Krimpen, A.H.A.A.M. van Lierop, G.P. Binnendijk	Mei 2003	17,50
25	Aromabiotic als alternatief voor AMGB's bij gespeende biggen	M.M. van Krimpen, A.H.A.A.M. van Lierop, G.P. Binnendijk	Febr. 2003	17,50
24	Plantaarlijk vetextract als alternatief voor AMGB's bij gespeende biggen	M.M. van Krimpen, A.H.A.A.M. van Lierop, G.P. Binnendijk	Febr. 2003	17,50
23	Crina® Piglets als alternatief voor AMGB's bij gespeende biggen	M.M. van Krimpen, A.H.A.A.M. van Lierop, G.P. Binnendijk	Febr. 2003	17,50

Literatuur

- Agricultural_Research_Council, 1981. *The nutrient requirements of pigs*. - Slough; UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. p xxii + 307.
- Andersen, L., P. Sousa, S. Pedersen en K.H. Jensen, 2001. *Pig behaviour in respect to temperature in pens with access to outdoor area*.
In: Proceedings of the International Symposium of the C.I.G.R. 2nd Technical Section on Animal Welfare considerations in Livestock Housing Systems, Zielona Góra Szklarska Poreba, pp. 343-351.
- Bee, G., G. Guex en W. Herzog, 2004. *Free-range rearing of pigs during winter: Adaptations in muscle fiber characteristics and effects on adipose tissue composition and meat quality traits*. Journal of Animal Science, **82**: pp. 1206-1218.
- Black, J.L., P.J. Moughan, M.W.A. Verstegen en M.I. Visser Reyneveld, 2000. *Amino acid and energy requirements*.
[red.] Feed evaluation: principles and practice. - Wageningen; Netherlands: Wageningen Pers. pp. 189-207; Many ref.
- Bruce, J.M. en J.J. Clark, 1979. *Models of heat production and critical temperature for growing pigs*. Animal Production, **28**(3): pp. 353-369.
- Close, W.H., 1989. *The influence of the thermal environment on the voluntary food intake of pigs*. Occasional Publication British Society of Animal Production(13): pp. 87-96.
- Close, W.H. en L.E. Mount, 1978. *The effects of plane of nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig. 1. Heat loss and critical temperature*. British Journal of Nutrition, **40**(3): pp. 413-421.
- Fraser, D., 1985. *Selection of bedded and unbedded areas by pigs in relation to environmental temperature and behaviour*. Applied Animal Behaviour Science, **14**(2): pp. 117-126.
- Freitag, M., H.U. Hensche, H. Schulte-Sienbeck en B. Reichelt, 1999. *Biological effects of conventional and alternative performance enhancers*. Feed Magazine, **2/99**: pp. 50-57.
- Hoste, R., J. Kampshof, I. Enting, T.d. Juncker en M. Steverink, 2002. *Kostprijsberekening biologische varkensbedrijven 2001*, Landbouw Economisch Instituut.
- Huiskes, J.H., P. Roelofs, H. Altena, J.G. Plagge en R.H.J. Scholten 1999 *Free-range pigs with different husbandry systems, pen designs and group sizes*. Proefverslag Praktijkonderzoek Varkenshouderij. 1999, No. P 1.223, 32 pp.; 15 ref. - Rosmalen; Netherlands: Proefstation voor de Varkenshouderij p^pp.
- Ingram, D.L. en K.F. Legge, 1970. *The thermoregulatory behaviour of young pigs in a natural environment*. Physiology and Behavior, **5**(No.9): pp. 981-987.
- Le Bellego, L., J. van Milgen en J. Noblet, 2002. *Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs*.
- Millet, S., M. Hesta, M. Seynaeve, E. Ongeae, S. De Smet, J. Debraekeleer en G.P.J. Janssens, In press. *Performance, meat and carcass traits of fattening pigs with organic versus conventional housing and nutrition*. Livestock Production Science.
- Millet, S., H. M., M. Seynaeve, S.d. Smet en G.P.J. Janssens, 2002. *De lysinebehoefte van biologische vleesvarkens*.
In: 27^e Studiedag Nederlandstalige Voedingsonderzoekers, ID-Lelystad, pp. 49-50.
- Moller, F., 1999. *Housing of finishing pigs within organic farming*.
In: Proceedings from NJF-seminar No. 303 16-17 September 1999, Horsens, Denmark, pp. 93-98.
- Mount, L.E., 1974. *The concept of thermoneutrality. Heat loss from animal and men*. - London: Monteith and Mount - (Butterworths).

- Olsen, A.W., H.B. Simonsen en L. Dybkjaer, 2002. *Effect of access to roughage and shelter on selected behavioural indicators of welfare in pigs housed in a complex environment*. Animal Welfare, **11**(1): pp. 75-87.
- Quiniou, N., S. Dubois en J. Noblet, 2000. *Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight*. Livestock Production Science, **63**(3): pp. 245-253.
- Quiniou, N., J. Noblet, J.v. Milgen, S. Dubois en J. van Milgen, 2001. *Modelling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to low or high ambient temperatures*. British Journal of Nutrition, **85**(1): pp. 97-106.
- Rinaldo, D., J.I. Dividich en J. Le Dividich, 1991. *Assessment of optimal temperature for performance and chemical body composition of growing pigs*. Livestock Production Science, **29**(1): pp. 61-75.
- Sterrenburg, P. en E.N.J.v. Ouwerkerk, 1986. *Rekenmodel voor de bepaling van de thermische behaaglijkheidszone van varkens (BEZOVA)*. Rapport 78, IMAG, Wageningen.
- Verstegen, M.W.A., H.A. Brandsma en G. Mateman, 1985. *Effect of ambient temperature and feeding level on slaughter quality in fattening pigs*. Netherlands Journal of Agricultural Science, **33**(1): pp. 1-15.
- Verstegen, M.W.A., H.A. Brandsma, G. Mateman, W.v.d. Hel en W. Von der Hel, 1984. *Effect of cold thermal environment on feed requirements, growth rate and slaughter quality in pigs*. Archiv fur Experimentelle Veterinarmedizin, **38**(3): pp. 431-438.
- Verstegen, M.W.A., K.H.d. Greef en W.J.J. Gerrits, 1995. *Thermal requirements in pigs and modelling the effects of coldness*.
In: Moughan, P.J., M.W.A. Verstegen en M.I. Visser Reyneveld [red.] Modelling growth in the pig. - Wageningen. pp. 123-135.
- Whittemore, C.T., 1988. *The science and practice of pig production*. - Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Whittemore, C.T., D.M. Green en P.W. Knap, 2001. *Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs: energy*. Animal Science, **73**(2): pp. 199-215.