

Rapport 122

Energie- en eiwitbehoefte van biologisch gehouden pluimvee

Energy and protein requirements of organic housed poultry

A.T.M. van Knegsel
M.M. van Krimpen

April 2008

bioKennis →

Colofon

Uitgever

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

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

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

Liability

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Abstract

In this literature review, the physiological basis for possible differences in energy and protein requirements of organic versus conventional poultry is investigated. Energy need for maintenance of organic housed poultry seems to be increased, whereas protein requirements might not differ between the two systems. This might result in an increased energy to protein ration in organic diets.

Keywords

Energy requirement, protein requirement, organic, laying hens, broilers

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

A.T.M. van Knegsel
M.M. van Krimpen

Titel: Energie- en eiwitbehoefte van biologisch gehouden pluimvee

Rapport 122

Samenvatting

In dit literatuuronderzoek is nagegaan of er een fysiologische basis is voor de mogelijke verschillen in energie- en eiwitbehoefte van biologische gehouden pluimvee in vergelijking met conventioneel gehouden pluimvee. Biologisch pluimvee lijkt wel een hogere onderhoudsbehoefte voor energie te hebben, maar niet voor eiwit. Dit pleit voor een hogere energie-eiwitverhouding in biologische pluimvee voeders.

Trefwoorden:

Energiebehoefte, eiwitbehoefte, biologisch,



Rapport 122

Energie- en eiwitbehoefte van biologisch gehouden pluimvee

Energy and protein requirements of organic housed poultry

A.T.M. van Knegsel
M.M. van Krimpen

April 2008

Samenvatting

De energie- en eiwitbehoefte wordt bepaald door enerzijds de behoefte aan nutriënten voor onderhoud en anderzijds de behoefte aan nutriënten voor productie. Voor pluimvee zijn de behoeftenormen onderbouwd met experimenten met hanen (leghennen) dan wel jonge kuikens (vleeskuikens). Verondersteld wordt dat de energie- en eiwitbehoeften voor biologisch gehouden pluimvee kunnen verschillen van gangbaar gehouden kippen, maar studies hiernaar zijn schaars. De vraag van dit literatuuronderzoek is of er een fysiologische basis is voor de mogelijke verschillen in energie- en eiwitbehoefte van biologische gehouden pluimvee in vergelijking met conventioneel gehouden pluimvee.

Er wordt gesuggereerd dat biologisch gehouden pluimvee een hogere energiebehoefte heeft voor onderhoud in vergelijking met gangbaar gehouden pluimvee. Deze hogere onderhoudsbehoefte zou gerelateerd zijn met drie factoren. Ten eerste heeft biologisch gehouden pluimvee meer bewegingsvrijheid en zijn de dieren actiever. Ten tweede is aannemelijk te maken dat biologisch gehouden pluimvee een hogere energiebehoefte heeft voor warmtehuishouding, als gevolg van een lagere gemiddelde omgevingstemperatuur, een grotere variatie in omgevingstemperatuur en een slechtere conditie van het verenkleed. De verminderde verenkleed conditie hangt sterk samen met de hogere verenpik incidentie. Voldoende beschikbaarheid van eiwit, en in het bijzonder van essentiële aminozuren, en verstrekking van ruwvoer kan de verenpik incidentie echter weer verlagen en de conditie van het verenkleed verbeteren, wat de warmtehuishouding weer ten goede komt. Ten derde lijken alternatieve pluimveehouderijssystemen een hogere ziektedruk te hebben in vergelijking met een batterijsysteem, tevens zijn er aanwijzingen dat ook de functie van het immuunsysteem van kippen in alternatieve houderijssystemen anders is. De vraag is echter nog of dit ook verschil maakt voor de hoeveelheid energie en het type aminozuren die het immuunsysteem van het dier vraagt. Wat betreft productie en groei is bekend dat leghennen in de biologische sector minder eieren produceren en vleeskuikens beduidend langzamer groeien, met een vergelijkbaar eindgewicht, in vergelijking met de gangbare pluimveehouderij.

Het optimaliseren van biologische voeders en rantsoenen is lastig als gevolg van beperkingen in het gebruik van eiwitbronnen. Enerzijds worden deze beperkingen veroorzaakt door het verbod op het gebruik van synthetische aminozuren en chemisch geëxtraheerde grondstoffen (sojaschroot, raapzaadschroot), anderzijds speelt ook de concentratie aan anti-nutritionele factoren in alternatieve eiwitbronnen (bv. bonen en erwten) een rol.

Concluderend, kan verondersteld worden dat een biologisch gehouden kip een hogere energiebehoefte heeft voor onderhoud. Er zijn echter geen aanwijzingen dat de eiwitbehoefte verschillend is (slechts minimale verschillen in totale productie/toename in lichaamsgewicht) voor biologisch gehouden pluimvee in vergelijking met gangbaar gehouden pluimvee. Dit zou resulteren in een hogere energie-eiwitverhouding in het rantsoen van biologisch pluimvee. Op basis van de bestaande gegevens is het echter moeilijk om de hogere energiebehoefte en dus de hogere energie-eiwitverhouding in het rantsoen getalsmatig te onderbouwen.

Summary

The energy and protein requirements of poultry is determined by on the one hand the need of nutrients for maintenance, and on the other hand the need of nutrients for production. Nutrient requirements for laying hens are studied in cocks, whereas nutrient requirements for broilers are studied in young broilers. It is suggested that energy and protein requirements of organic housed poultry may differ from conventional housed poultry, but this topic is only scarcely investigated. Therefore, the aim of this literature review is to investigate the physiological differences of organic and conventional housed poultry which might explain the differences in energy and protein requirements between the two systems.

It is suggested that energy requirement of organic housed poultry is higher compared to conventional housed poultry as a result of three different factors. Firstly, organic housed poultry has more freedom of movement, and therefore needs more energy for locomotion. Secondly, organic housed poultry is exposed to higher variation in environmental temperatures, and in general to lower temperatures. Besides, plumage condition is often worse because of higher incidences of feather pecking compared to conventional housed poultry, resulting in higher energy need for thermoregulation. The plumage condition of laying hens, however, might be improved by increasing the protein and amino acid contents of the diet, and by the supply of roughages, thereby saving energy. Thirdly, health status of alternative poultry housing systems seems to be worse compared to cage housing systems. Moreover, the functioning of the immune system of alternative housed birds might differ from conventionally housed birds, but the impact of this difference on energy and protein requirements and amino acid profiles is not known.

Egg performance of organic housed layers and growth rate of organic housed broilers is lower compared to conventional housed layers and broilers, thereby affecting energy and protein requirements.

Optimizing organic poultry diets is rather complex because of restrictions in the use of protein sources, like industrially produced amino acids and chemically extracted protein sources (soybean meal, rape seed meal). Moreover, alternative protein sources, like beans and peas, often contain high amounts of anti nutritional factors. In conclusion, it can be hypothesized that energy requirements of organic housed poultry are increased as a result of higher energy need for maintenance. Protein requirements, however, seem to be similar for organic and conventional housed poultry. Therefore, energy to protein ratio of organic poultry diets might be increased. Based on the available data, however, it is difficult to provide a numerically basis for this ratio.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 1.1 | Schatten van de nutriëntenbehoefte van pluimvee | 1 |
| 2 | Onderhoud | 2 |
| 2.1 | Gewicht..... | 2 |
| 2.2 | Thermoregulatie | 2 |
| 2.2.1 | Warmtehuishouding pluimvee | 2 |
| 2.2.2 | Biologische pluimveehouderij en implicaties voor warmtehuishouding kippen..... | 3 |
| 2.3 | Verenpikken..... | 7 |
| 2.3.1 | Voeropname en onderhoud | 7 |
| 2.3.2 | Effect van eiwit- en aminozuurbeschikbaarheid..... | 7 |
| 2.3.3 | Effect van ruwvoerbeschikbaarheid en energieniveau | 8 |
| 2.4 | Ziekte incidentie..... | 9 |
| 2.4.1 | Ziektedruk biologische pluimveehouderijsystemen..... | 9 |
| 2.4.2 | Energie- en eiwitbehoefte immuunsysteem | 9 |
| 3 | Productie | 11 |
| 4 | Groei | 13 |
| 5 | Voersamenstelling | 14 |
| 5.1 | Potentiële risico's van biologische diervoeders | 14 |
| 5.2 | Beperkingen in eiwitoptimalisatie biologische houderijsystemen | 14 |
| 6 | Conclusies | 16 |
| 7 | Suggesties voor verder onderzoek | 17 |
| | Literatuur | 18 |

1 Inleiding

De energie- en eiwitbehoefte wordt bepaald door enerzijds de behoefte aan nutriënten voor onderhoud en anderzijds de behoefte aan nutriënten voor productie. De energie- en eiwitbehoefte van pluimvee in de gangbare houderij is goed onderbouwd. Er is echter gesuggereerd dat de energie- en eiwitbehoefte anders kan zijn voor biologisch gehouden pluimvee in vergelijking met gangbaar gehouden kippen, maar studies hiernaar zijn schaars. De vraag van dit literatuuronderzoek is of er een fysiologische basis is waarom een andere energie- en eiwitbehoefte voor biologische gehouden pluimvee in vergelijking met conventioneel gehouden pluimvee verondersteld kan worden.

Hoofdstuk 2 gaat in op de verwachting in veranderingen in onderhoudsbehoefte, mogelijk veroorzaakt door verandering in factoren zoals lichaamsgewicht, warmtehuishouding of veranderde ziektedruk. In hoofdstuk 3 en 4 wordt bediscussieerd in hoeverre een verschil in eiproduktie (leghennen), dan wel groei (vleeskuikens) verantwoordelijk kan zijn voor een andere energie- of eiwitbehoefte. Tenslotte wordt in hoofdstuk 5 ingegaan op voerfactoren welke kunnen veroorzaken dat de rantsoenoptimalisatie van biologisch gehouden pluimvee extra aandacht verdient.

De hoeveelheid kennis ten aanzien van de energie- en eiwitbehoefte van biologisch gehouden pluimvee is niet groot. Ook zijn gegevens vaak slecht beschikbaar, doordat ze in interne rapporten zijn gepubliceerd of enkel gepresenteerd op congressen. Verder is er meestal geen directe vergelijking gemaakt tussen biologische en gangbare houderijsystemen. Daarom wordt in deze studie ook veel gebruik gemaakt van studies waar een vergelijking gemaakt is tussen gangbaar en alternatieve huisvestingssysteem (bijvoorbeeld free-range, outdoor of volière) of studies waar anderszins een verschil in omgevingsfactoren (bv. temperatuur) tussen behandelingsgroepen is aangebracht.

1.1 Schatten van de nutriëntenbehoefte van pluimvee

In Nederland wordt de energiewaardering van pluimvee bepaald op basis van verteringsonderzoek bij jonge dieren (vleeskuikens) dan wel volwassen hanen (leghennen). Met de uitgangspunten voor berekening van de energiebehoefte (OE) van leghennen en vleeskuikenouderdieren (Tabellenboek Veevoeding, 2006), kan de volgende formule samengesteld worden:

$$OE = 435 * W^{0.75} + 9,5 * \Delta T + 21,5 * G + 12,1 * P$$

Waar :

- W = lichaamsgewicht (in kg)
- ΔT = afwijking in omgevingstemperatuur ten opzichte van 25 °C
- G = groei (in g/dag)
- P = eiproduktie (in g/dag)

De National Research Council (1984) hanteert als formule om de metaboliseerbare energie (ME in kJ/dag) opname van leghennen te schatten:

$$ME = W^{0.75} * (173 - 1.95 * T) + 5,5 * \Delta W + 2,07 * EE$$

Waar :

- W = lichaamsgewicht (in kg)
- T = omgevingstemperatuur (in °C)
- ΔW = groei of lichaamsgewichtverlies (in g/dag)
- EE = eiproduktie (in g/dag)

Beide benaderingen om de energiebehoefte van leghennen te schatten houden dus wel rekening met de omgevingstemperatuur, maar kennen geen correctiefactor voor verhoogde activiteit. Voor de geschatte aminozuurbehoefte hanteert het CVB (Tabellenboek Veevoeding, 2006) vaste waarden welke van toepassing zijn op leghennen van 20 tot 76 weken leeftijd. Zowel voor een schatting van energiebehoefte als de eiwitbehoefte wordt voor vleeskuikens uitgegaan van vaste waarden voor een bepaalde leeftijd.

2 Onderhoud

2.1 Gewicht

Onderhoudsbehoefte voor energie is in de eerste plaats afhankelijk van het metabole lichaamsgewicht ($\text{kg}^{0.75}$). In de gangbare vleeskuikenhouderij groeien de kuikens in 6 weken naar een gewicht van ongeveer 2 kg (ongeveer 2.1 kg voor mannelijke kuikens en 1.8 kg voor vrouwelijke kuikens (Havenstein *et al.*, 1994), terwijl in de biologische vleeskuikenhouderij de minimale slachtleeftijd in de Europese Unie 81 dagen (11,5 week) is. Dit betekent dat de groeisnelheid van de kuikens in de biologische houderij lager is, maar ook dat het gewicht op dezelfde leeftijd beduidend lager is. Daarom is gesuggereerd (Walker en Gordon, 2001) dat het niet gepast is een vergelijking te maken in rantsoenoptimalisatie tussen beide houderijsystemen op basis van chronologische leeftijd, maar op basis van metabole leeftijd, ofwel metabool lichaamsgewicht ($\text{kg}^{0.75}$).

Er is weinig bekend van het lichaamsgewicht van leghennen in verschillende houderijsystemen. Er zijn wel indicaties dat grondgehuiste hennen een lager lichaamsgewicht hebben in vergelijking met hennen gehuisvest op de batterij (Koelkebeck en Cain, 1984). Deze auteurs konden het lagere lichaamsgewicht relateren aan een hogere activiteit (met name lopen en pikgedrag) voor grondgehuiste hennen in vergelijking met batterijgehuiste hennen. Zelfs vonden Koelkebeck en Cain (1984) dat bij een lagere bezettingsgraad van grondgehuiste hennen, de voederconversie hoger was, maar het lichaamsgewicht van de grondgehuiste hennen lager was dan dat van de hennen op de batterij (1.52 vs. 1.46 kg voor 0.094 vs. 0.373 m^2/hen). Ook bij een toename in bezettingsgraad vonden ze een numerieke afname in activiteit (loopgedrag), maar deze verschillen waren niet significant.

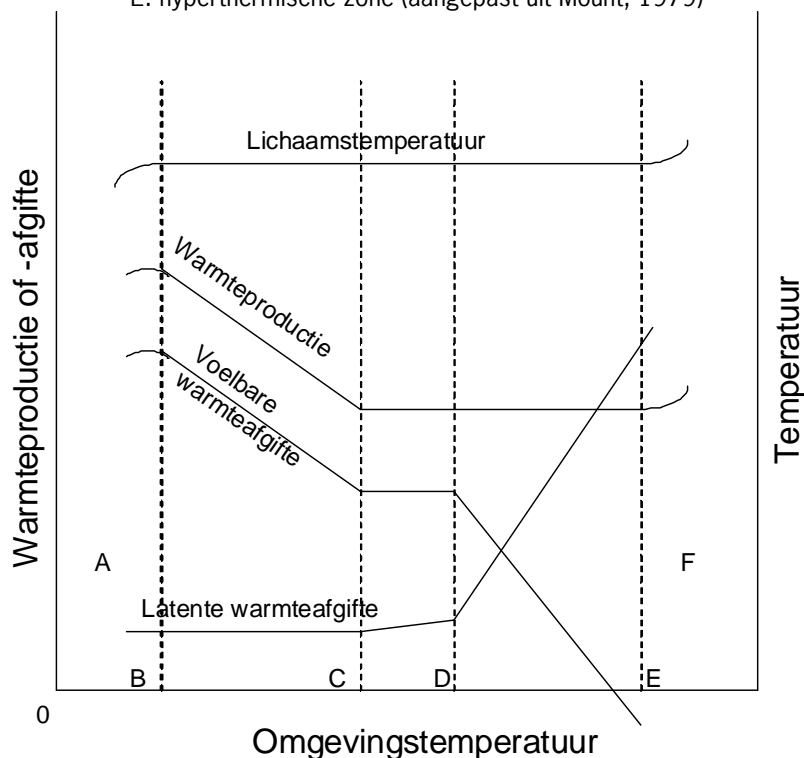
2.2 Thermoregulatie

2.2.1 Warmtehuishouding pluimvee

De thermo-neutrale zone, ofwel comfortzone, kan gedefinieerd worden als de range in omgevingstemperatuur waar de warmteproductie van het dier minimaal is, constant en onafhankelijk van de omgevingstemperatuur (Mount, 1979). De temperatuur welke de ondergrens vormt van de thermo-neutrale zone is ook wel bekend als de kritieke temperatuur (C) (figuur 1). Bij omgevingstemperaturen onder deze grens moet het dier haar warmteproductie verhogen om haar lichaamstemperatuur in stand te houden. Het hypothermische punt (B), is de temperatuur waarbij het dier capaciteit te kort komt om de lichaamstemperatuur in stand te houden door de warmteproductie te verhogen. Boven de bovenste grens van de thermo-neutrale zone, de bovenste kritieke temperatuur (D), is een verhoging van het warmteverlies noodzakelijk om de lichaamstemperatuur constant te houden. Het hyperthermische punt (E), is de temperatuur waar het dier de capaciteit te kort komt om door middel van het verhogen van de verdampingswarmte, de lichaamstemperatuur te handhaven en als gevolg hiervan de lichaamstemperatuur stijgt.

De capaciteit van het dier om haar geproduceerde warmte kwijt te kunnen (warmteverlies of warmteafgifte) is afhankelijk van zowel omgevingsfactoren als dierfactoren. De omgevings- en dierfactoren samen bepalen de effectieve temperatuur ofwel gevoelstemperatuur. Een hoge windsnelheid (Yahav *et al.*, 2004), lage relatieve luchtvochtigheid en een groot verschil in temperatuur tussen dier en omgeving (groot temperatuurgradient) zorgen ervoor dat het dier makkelijk haar geproduceerde warmte aan de omgeving kwijt kan, ofwel makkelijk warmte verliest (Charles, 1986). Andersom, kan het effect van een hoge omgevingstemperatuur op de lichaamstemperatuur van kippen versterkt worden door een hoge vochtigheidsgraad ($> 60\%$) (Lin *et al.*, 2005). Dierfactoren specifiek voor pluimvee welke de warmteafgifte bepalen zijn leeftijd, volume/oppervlak verhouding, lichaamsgewicht, groeisnelheid, eventuele eiproductie, conditie van het verenkleed (isolatie) en gedrag. Hijken, stofbaden en het optillen van de vleugels stimuleren de afgifte van geproduceerde warmte bij kippen (Gerken *et al.*, 2006). Het opzetten van de veren ('ruffling'), rillen (Shevel'ko, 1967), beperken van contactoppervlak met de vloer en samenscholen ('huddling') zijn gedragsaanpassingen welke de warmteafgifte van kippen beperken.

Figuur 1 Schematische weergave van de relatie tussen warmteproductie, omgevingstemperatuur, verdampingswarmte en warmteafgifte. A: hypothermische zone; C: kritieke temperatuur; CD: thermo-neutrale zone; D: temperatuurgrens van toename in verdampingswarmte; E: hyperthermische zone (aangepast uit Mount, 1979)



2.2.2 Biologische pluimveehouderij en implicaties voor warmtehuishouding kippen

Het biologische en economische optimum voor leghennen binnen gehuisvest is ongeveer 21 °C tot 22 °C (Al-Saffar en Rose, 2002) en voor vleeskuikens in een gangbaar houderijsysteem 20 °C tot 23 °C (Charles, 1986), afhankelijk van leeftijd en lichaamsgewicht. Duidelijk is dat dit warmer is dan de temperatuur waarbij in Nederland biologische kippen doorgaans gehouden worden. Hennen die bij een verlaagde omgevingstemperatuur gehuisvest worden compenseren het verhoogde warmteverlies door het verhogen van de warmteproductie. Dit resulteert in een verhoogde metaboliseerbare energiebehoefte (ME_m) en als gevolg daarvan in een hogere voeropname (tabel 1). In een grote meta-analyse met ruim 200 leghennenbedrijven in de VS, was de omgevingstemperatuur negatief gerelateerd aan de metaboliseerbare energie opname, groei, eiproductie en positief gerelateerd aan de wateropname en mortaliteit (Sterling *et al.*, 2003). Maar ook de conclusie van een tweede meta-analyse was dat de voeropname, voederconversie en eiproductie afnamen en dat de kippen zelfs uiteindelijk (> 30°C) ook gewicht verloren bij een toename in omgevingstemperatuur (Al-Saffar en Rose, 2002) (Figuur 2). Voor leghennen resulteerde een daling in omgevingstemperatuur van 23,9 °C naar 12,8 °C in een toename van de ME_m behoefte van 99 kcal/kg naar 110 kcal/kg (Peguri en Coon, 1993). Concluderend uit tabel 1, lijkt in het traject van -5 – 35°C de ME_m gemiddeld dus toe te nemen met gemiddeld 1,8% (0,7 – 2,9%) per graad daling van de omgevingstemperatuur. Op het moment dat de omgevingstemperatuur met 10°C daalt, neemt de onderhoudsbehoefte dus toe met gemiddeld 18%.

Tabel 1 Samenvatting van de effecten van omgevingstemperatuur op de verandering in MEm¹ behoefte (in % per °C) van leghennen (aangepast uit (DEFRA Science and Research, 2005))

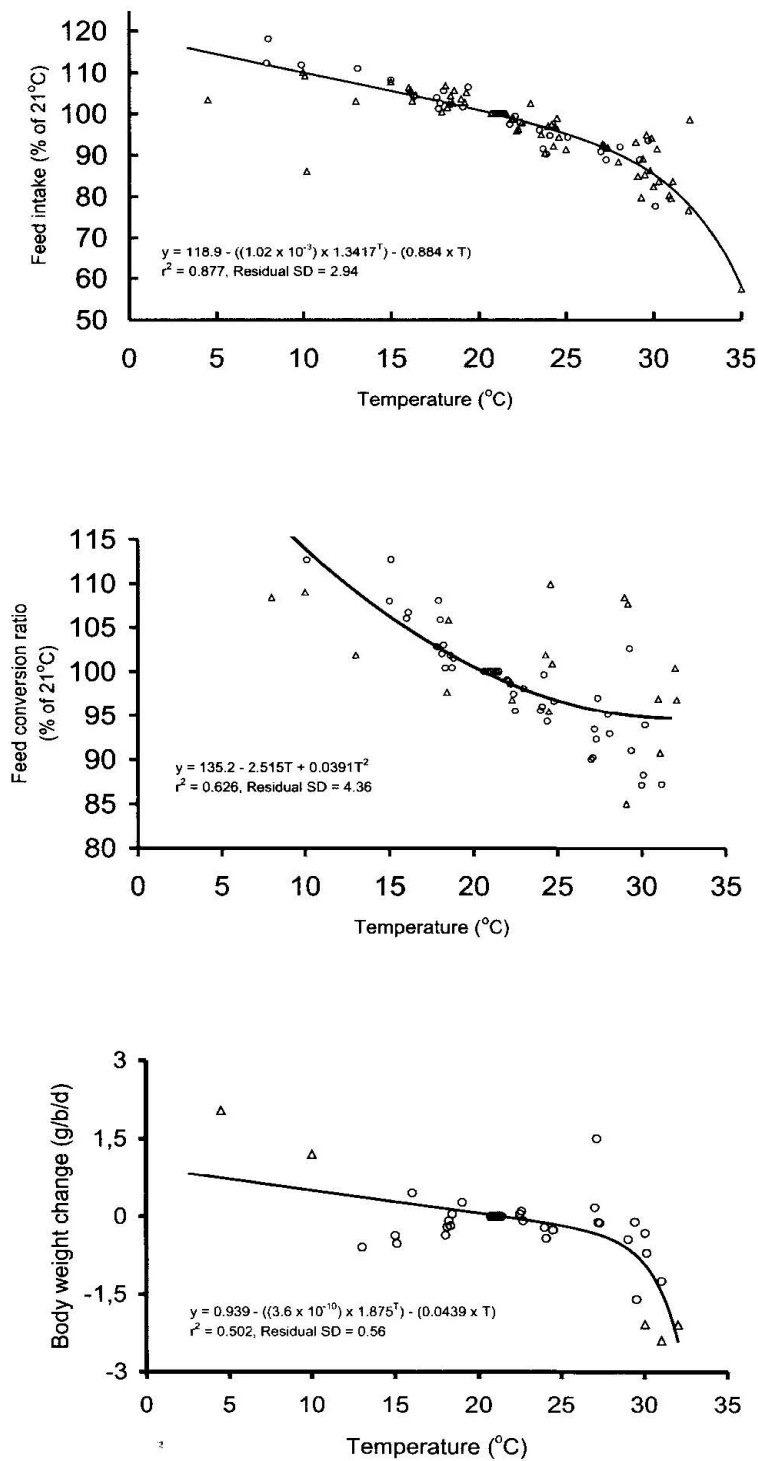
| Referentie | Temperatuur range (°C) | Verandering in MEm ¹ behoefte (% per °C) |
|---------------------------------|------------------------|---|
| (Romijn en Lokhorst, 1966) | 5-10 | -0,69 |
| (Van Kampen, 1974) | 10-20 | -2,85 |
| (Emmans, 1974) | 7-35 | -1,54 |
| (Ozeki <i>et al.</i> , 1988) | -5-20 | -1,31 |
| (Basaglia <i>et al.</i> , 1999) | 12-31 | -2,55 |
| (Peguri en Coon, 1993) | 12,8-23,9 | -0,99 |
| (Peguri en Coon, 1993) | 23,9-33,9 | -2,80 |

¹ Metaboliseerbare energie voor onderhoud

Voor vleeskuikens vonden verschillende auteurs dat de voederconversie toenam en voeropname en groei daalden bij een stijging van de omgevingstemperatuur van 15°C naar 27°C (Charles *et al.*, 1981), van 16°C naar 31°C (Cowan en Michie, 1978) of van 21,1°C naar 31,1°C (May *et al.*, 1998) (tabel 2). In tegenstelling tot een eerdere studie, waaruit geconcludeerd werd dat groei amper beïnvloed wordt wanneer de omgevingstemperatuur tussen de 13°C en 24°C blijft (Charles, 1968 in Charles, 1986). Het verschil tussen deze studies en de iets recentere studies wordt mogelijk verklaard door veranderingen in voeding en genetica van vleeskuikens (Havenstein *et al.*, 1994). Tabel 2 laat echter ook zien dat er een behoorlijke variatie bestaat in de effecten van verandering in omgevingstemperatuur op de voeropname, voederconversie en groei van vleeskuikens. Mogelijk dat hierin leeftijd van de kuikens en gemiddelde omgevingstemperatuur een rol in spelen.

Anderszins bleek bij een gelijke omgevingstemperatuur (35°C) en luchtvochtigheid (60%) de voeropname en het lichaamsgewicht van vleeskuikens toe te nemen bij een windsnelheid toename van 0,8 m/s naar 3,0 m/s (Yahav *et al.*, 2004). Minder studies zijn uitgevoerd naar het effect van juist een lage omgevingstemperatuur op de groei en voeropname van vleeskuikens, maar er zijn wel aanwijzingen dat bij een lage omgevingstemperatuur (variërend van 4°C tot 13°C) de voeropname toeneemt en de groei van vleeskuikens daalt (Blahova *et al.*, 2007). In dezelfde studie werd bij koudestress tevens een afname gevonden in buikvet en een toename in gewichten van organen, zoals hart en lever.

Figuur 2 Effect van omgevingstemperatuur op de voeropname, voederconversie en lichaamsgewichtverandering voor leghennen. Data zijn resultaten van proefgroepen in een meta-analyse (Al-Saffar en Rose, 2002)



Tabel 2 Samenvatting van de effecten van omgevingstemperatuur op de verandering in voeropname, voederconversie en groei van vleeskuikens

| Referentie | Geslacht | Leeftijd (d) | Temperatuur range (°C) | Voeropname (g/d per °C) | Voederconversie (g/g per °C) | Groei (g/d per °C) |
|--|----------|--------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| (May <i>et al.</i> , 1998) (3 experimenten) | Haan | 21-42 | 21,1-31,1 | | 0,013 | -1,77 |
| | Haan | 42-49 | 21,1-31,1 | | 0,058 | -3,85 |
| | Haan | 42-49 | 21,1-31,1 | | 0,086 | -4,14 |
| (May en Lott, 2000) | Haan | 0-21 | 21,7-27,8 | | -0,014 | 0,10 |
| | Hen | 0-21 | 21,7-27,8 | | 0,002 | -0,02 |
| (Cowan en Michie, 1978) ¹ | Hen | 22-57 | 16-31 | 0,97 | | -0,83 |
| (Blahova <i>et al.</i> , 2007) | Haan | 22-42 | 10-20 | | -0,009 | |
| | Hen | 22-42 | 10-20 | | -0,013 | |
| (Suk en Washburn, 1995) (4 experimenten) | Haan&Hen | 28-42 | 21,1-26,7 | 3,06 | 0,002 | -1,79 |
| | Haan&Hen | 28-42 | 21,1-26,7 | 1,67 | 0,059 | -1,36 |
| | Haan&Hen | 28-42 | 21,1-26,7 | 1,70 | -0,004 | -0,80 |
| | Haan&Hen | 28-42 | 21,1-26,7 | 1,47 | 0,007 | -0,97 |

¹ Waarden zijn gemiddelden van 5 rantsoengroepen

Echter niet alleen de gemiddelde omgevingstemperatuur is lager voor biologisch pluimvee, maar er is ook meer variatie binnen (dag en nacht) en tussen dagen (weer, seizoen) en binnen een stal (microklimaat) in omgevingstemperatuur. Deze variatie in omgevingstemperatuur zorgt voor verschillen in warmteafgifte, warmteproductie en beïnvloedt daarmee de behoefte aan metaboliseerbare energie (ME_m) en voeropname. Volgend uit het gegeven dat in een biologisch houderijsysteem omgevingstemperatuur en daarmee warmteproductie slecht voorspelbaar zijn, betekent dat ook dat de energiebehoefte van de kip en de *ad libitum* voeropname slecht voorspelbaar zijn. Er is gesuggereerd dat dit met name gevolgen heeft voor de eiwitinhoud van het rantsoen (Walker en Gordon, 2001). Enerzijds is overconsumptie van eiwit een risico bij een lage omgevingstemperatuur welke de voeropname stimuleert, anderzijds zal een hoge omgevingstemperatuur de voeropname remmen met het risico dat de eiwitopname te laag is. Wat betreft de variatie in omgevingstemperatuur binnen een dag is wel gesuggereerd dat dit positief is voor de eiproductie in vergelijking met een constante omgevingstemperatuur over de dag (Emery *et al.*, 1984), echter meestal betrof dit een experimentele opzet waarin er gedurende de dag sprake was van een zekere vorm van hittestress (37,7 °C). Mogelijk benutten biologische kippen in Nederland tijdens heet zomerweer juist de koelere perioden van een etmaal om bepaalde activiteiten uit te voeren, waardoor een negatief effect van de hitte op eiproductie beperkt blijft.

Naast aanpassingen in voeropname en warmteproductie is er ook gesuggereerd dat buiten opgegroeide en gehouden vleeskuikens anticiperen op het grotere risico op warmteverlies door een lagere omgevingstemperatuur met een dikker verenkleed en als gevolg daarvan een grotere resistentie tegen warmteverlies (Cooper en Washburn, 1998, Ward *et al.*, 2001). Bewijzen hiervoor zijn echter nog schaars. Niet alleen deze aanpassingen in verenconditie, maar ook gedragsaanpassingen lijken een rol te spelen bij de ontwikkeling van een grotere resistentie tegen warmteverlies bij buiten gehouden vleeskuikens in vergelijking met gangbaar gehouden vleeskuikens. De free-range gehuisveste vogels hadden meer bewegingsvrijheid en daarmee meer keuze wat betreft het microklimaat waarin ze verbleven (Ward *et al.*, 2001). Deze auteurs concludeerden zelfs dat gedragsaanpassingen belangrijker waren dan aanpassingen in het verenkleed ten aanzien van de warmtehuishouding.

De optimale temperatuur van gangbaar gehouden vleeskuikens neemt af en de gevoeligheid voor hittestress neemt toe met leeftijd en lichaamsgewicht (Sandercock *et al.*, 2001, Yalcin *et al.*, 2001). Echter, het lijkt erop dat de hoge groeisnelheid hier de oorzaak van is (Sandercock *et al.*, 2001). Zo is de selectie van vleeskuikens op groeisnelheid gerelateerd met een toename in gevoeligheid voor hittestress (Deeb en Cahaner, 2002). Hieruit kan verondersteld worden dat biologisch gehouden vleeskuikens, geselecteerd en gevoerd op een lagere

groeisnelheid dan gangbare vleeskuikens, minder gevoelig zijn voor hittestress en dus een hogere bovenste kritieke temperatuur hebben. Onderzoek hiernaar is echter onbekend.

Naast een effect van een lage omgevingstemperatuur, kan een verhoogde MEm behoefte voor biologisch gehuisveste kippen ook veroorzaakt worden door een hogere activiteit als gevolg van een lagere bezettingsgraad en meer bewegingsvrijheid. In een voliëre gehuisveste hennen hadden een geringe maar significant hogere voeropname (gemiddelde van 2 experimenten was 119,2 g/hen/d) in vergelijking met hennen gehuisvest op een batterij (117,1 g/hen/d) of in een verrijkte kooi (117,6 g/hen/d), wat de auteurs verklaarden door de toename in bewegingsvrijheid in de voliërestal (Leyendecker *et al.*, 2005). Ook voor leghennen is gerapporteerd dat vloergehuisveste hennen meer loopactiviteit hadden en een lager lichaamsgewicht dan hennen gehuisvest op de batterij (Koelkebeck en Cain, 1984).

2.3 Verenpikken

Verenpikken kan gedefinieerd worden als het pikken op het verenkleed van een andere vogel, en eventueel het eten van veren. Tevens is verenpikken geassocieerd met kannibalisme, wat kan resulteren in verhoogde mortaliteit. De meest aangehangen hypothese is dat verenpikken een alternatief is voor fourageer gedrag (Blokhuys en Arkes, 1984). Een alternatieve hypothese is dat verenpikken voorkomt uit pikgedrag tijdens stofbaden (Vestergaard *et al.*, 1993), maar waarschijnlijk hebben beide hypothesen een sterke overlap en sluiten ze elkaar ook niet uit. Verenpikken blijkt met name een probleem van alternatieve huisvestingssystemen. In Nederland wordt geschat dat 50% van de biologische bedrijven ernstige verenpikproblemen hebben (Bestman, 2000).

De oorzaak van verenpikken is multifactorieel waarin zowel genetische, omgevings- als rantsoenfactoren een rol lijken te spelen. Een grote groepsgrootte, hoge lichtintensiteit, afwezigheid van natuurlijke ventilatie, hoge bezettingsgraad (> 10 vogels per m²), weinig gebruik van de uitloop, lage staltemperatuur, weinig zitstokruimte per vogel, te kort aan essentiële aminozuren en (te) weinig ruwvoer beschikbaar verhogen de kans op verenpikken door leghennen (Kjaer en Vestergaard, 1999, Green *et al.*, 2000, Bestman en Wagenaar, 2003). Bovendien blijkt dat ervaringen van de hennen tijdens het vroege leven, de kans op verenpikken later bepalen. Wanneer hennen eenmaal begonnen zijn met verenpikken tijdens de opfok, is de kans erg groot (82%) dat ze ook verenpikgedrag laten zien als volwassen hen. En andersom lijkt ook te gelden dat wanneer hennen geen verenpikgedrag vertonen tijdens de opfok de kans groot is (90%) dat ze dat ook niet doen tijdens de legperiode (Bestman en Wagenaar, 2006).

2.3.1 Voeropname en onderhoud

Naast een verminderd welzijn van de dieren, is verenpikken ook een economisch probleem. Kippen met een beschadigd verenkleed hebben minder isolatie (de kritieke temperatuur is hoger) waardoor het dier meer warmte moet produceren om haar lichaamstemperatuur te behouden, met als gevolg dat zowel de voeropname als onderhoudsbehoefte voor energie hoger is (MEm) (Peguri en Coon, 1993) en de voederconversie stijgt (Eits *et al.*, 2005). Toename in voeropname ten gevolge van een beschadigd verenkleed lijkt aanzienlijk, schattingen variëren van 27% tot 38% (Tauson en Svensson, 1980, Peguri en Coon, 1993). Ambrosen en Petersen (1997) rapporteerden een toename in MEm van 10.8 kcal ME per dag per punt afname in conditie van het verenkleed (op een schaal van 5 tot 20). In een andere studie (Peguri en Coon, 1993), vonden ze een gemiddelde toename in MEm wanneer vogels geen verenkleed of een intact verenkleed hadden van 46 kcal/kg lichaamsgewicht. In deze studie konden de auteurs het effect van een incompleet verenkleed op de MEm behoefte versterken door een afname in omgevingstemperatuur.

2.3.2 Effect van eiwit- en aminozuurbeschikbaarheid

Zoals eerder in een overzicht beschreven versterkt een eiwitdeficiënt rantsoen verenpikgedrag en kannibalisme in kippen (Van Krimpen *et al.*, 2005). Een rantsoen laag in ruw eiwit (111 g/kg), resulteerde in een slechtere conditie van het verenkleed van leghennen en resulteerde in 17,6% mortaliteit ten gevolge van kannibalisme in vergelijking met 2,5% mortaliteit ten gevolge van kannibalisme voor de proefgroep op het hoog eiwit rantsoen (193 g/kg) (Ambrosen en Petersen, 1997).

Andere studies laten zien dat niet een tekort aan eiwit in het rantsoen in het algemeen, maar specifiek een tekort aan essentiële aminozuren de incidentie van verenpikgedrag verhoogt. Lysine supplementatie resulteerde in een verbetering van de conditie van het verenkleed (Al Bustany en Elwinger, 1987) bij leghennen en verlaging van de mortaliteit (Quentin *et al.*, 2005) bij vleeskuikens. Van Krimpen *et al.* (2005) baseerde op eerdere studies dat een lysine opname van 850 - 950 mg/hen/d voldoende lijkt voor een optimale conditie van het verenkleed. Ook het belang van andere essentiële aminozuren in de ernst en incidentie van verenpikgedrag is verondersteld (Sedlackova *et al.*, 2004). Echter een verhoging van de beschikbaarheid van methionine en cysteine liet geen verschil zien in conditie van het verenkleed of kannibalisme in een studie met een relatief laag verenpikniveau (Kjaer en Sorensen, 2002). Omdat er bewijzen zijn voor een causale rol van het serotonerge systeem en verenpikgedrag, is gesuggereerd dat een toename in beschikbaarheid van tryptofaan in het rantsoen, de serotonine turnover kan laten toenemen en verenpikgedrag kan verminderen (Van Hierden *et al.*, 2004b). Een enkel experiment heeft inderdaad laten zien dat de toevoeging van tryptofaan aan het rantsoen de ernst en incidentie van verenpikgedrag verlaagde (Van Hierden *et al.*, 2004a), maar meer onderzoek is nodig om de exacte mechanismen te achterhalen hoe tryptofaan verenpikgedrag beïnvloedt. Voor de biologische pluimveehouderij lijkt het verhogen van de tryptofaanbeschikbaarheid in het rantsoen echter geen haalbare strategie om de verenpikincidentie te verlagen, doordat het niet toegestaan is synthetische aminozuren aan het rantsoen toe te voegen.

Er zijn aanwijzingen dat ook plantaardig eiwit ten opzichte van dierlijk eiwit de verenpikincidentie en kannibalisme verhoogd (Curtis en Marsh, 1992). Onbekend is of dit mogelijk effect van eiwitbron op verenpikgedrag veroorzaakt wordt door een specifieke component in dierlijk eiwit wat verenpikgedrag onderdrukt (bv. vitamine B12), ofwel een specifieke component in plantaardig eiwit wat verenpikgedrag stimuleert (bv. phytoestrogenen) (McKeegan *et al.*, 2001).

2.3.3 Effect van ruwvoerbeschikbaarheid en energieniveau

Het verstrekken van ruwvoer lijkt een positief effect te hebben op het gedrag en welzijn van leghennen. Het foerageergedrag nam toe en het verenpikgedrag en de mortaliteit waren significant minder na het voeren van ruwvoersupplementen zoals stro (Aerni *et al.*, 2000), maiskuil, wortels of gerst/erwtenuil (Steenfeldt *et al.*, 2007). Verder is aangetoond dat het verstrekken van ruwe vezels een positief effect heeft op de maagdarmpunctie en gezondheid. Het verstrekken van ruwvoer stimuleerde de spiermaagactiviteit, HCL secretie, verlaagde de pH in de spiermaag van broilers (Bjerrum *et al.*, 2005) en verlaagde het risico op bacteriële en worminfecties in biologisch gehouden leghennen (Idi *et al.*, 2005).

Nadeel van verstrekken van ruwvoer is dat de voedingswaarde van ruwvoer minimaal is, vanwege het hoge ruwvezelgehalte wat slecht door pluimvee verteerd wordt (Lazaro *et al.*, 2003). Daarnaast is het vertrekken van ruwvoer geassocieerd met een afname in opname van het basisrantsoen, met het risico op een verlaging van de eiwit- en energieopname, uiteindelijk mogelijk resulterend in een afname van de eiproductie. Echter Steenfeldt *et al.* (2007) vonden bij een significante opname van een ruwvoersupplement, variërend van 58 g voor een gerst/erwtenuil per hen/d tot 108 g wortels per hen/d, slechts een geringe afname in metaboliseerbare energieopname, eiwitopname en verteerbaarheid van het rantsoen. De afname in ME opname was significant op 23 weken leeftijd voor het wortelsupplement, maar niet voor de overige ruwvoersupplementen en ook niet op 53 weken leeftijd voor een van de onderzochte ruwvoersupplementen. De eiproductie voor de proefgroepen met een ruwvoersupplement verschilde niet van de eiproductie van de controlegroep, wat suggereert dat de ruwvezelbronnen voedingswaarde hadden voor de leghennen. Andere studies laten zien dat de voeropname juist toeneemt bij een rantsoen met veel onoplosbare vezels en een lage energiedichtheid in vergelijking met een controlerantsoen (Leeson *et al.*, 2001, Hartini *et al.*, 2002, de Jong *et al.*, 2005, Van Krimpen *et al.*, 2007). Hennen zijn zeer goed in staat om via het verhogen van de voeropname te compenseren voor lagere nutriëntengehalten in het voer. Voerverdunningen tot 30% (door toevoeging van zand) werden vrijwel volledig gecompenseerd, resulterend in een vergelijkbare nutriënten en energie opname (Van der Meulen *et al.*, 2007). Deze studies vonden geen significant effect op de eiproductie, maar suggereren wel dat kippen hun voeropname reguleren aan de hand van de opgenomen energie. Waardoor een lager energieniveau van het rantsoen de voeropname verhoogt.

Een lage energie-inhoud van het rantsoen lijkt het verenpikgedrag te reduceren en de conditie van het verenkleed te verbeteren (Van Krimpen *et al.*, 2005). Recent onderzoek toont aan dat hennen minder verenpikken als ze energiearm, vezelrijk voer van grove structuur verstrekt krijgen (Van Krimpen *et al.*, 2008). Leghennen op een energie-arm rantsoen lijken meer tijd te spenderen aan voeropname en dientengevolge minder tijd aan verenpikgedrag. Echter de opzet van studies naar energieniveau en ruwvoerbeschikbaarheid zorgt er meestal

voor dat beide effecten verstrengeld zijn en het niet mogelijk is een onderscheid te maken tussen beide effecten. Beide zijn waarschijnlijk (gedeeltelijk) ook gerelateerd aan maag – en darmvulling en een toename in verzadigingsgevoel. Het optimale ruw-vezelinhoud van het rantsoen is onbekend, maar er is gesuggereerd dat een toename van de ruwvezelfractie met ten minste 25%, ten opzichte van het standaardadvies van 140 g/kg, de verenpik incidentie kan verlagen, zonder de productie te beïnvloeden (Van Krimpen *et al.*, 2005). Tevens adviseerden dezelfde onderzoekers dat een afname in energieniveau van het rantsoen met 10%, ten opzichte van het standaardniveau van 10,6 MJ/kg, de verenpikincidentie kan verlagen zonder een effect te hebben op de eiproduktie van de hen. Bewijzen voor deze stellingen zijn echter schaars.

2.4 Ziekte incidentie

De hoeveelheid kennis ten aanzien van de incidentie van infectieziekten en parasitaire infecties in de biologische pluimveehouderij is niet groot en gegevens zijn slecht beschikbaar doordat ze in interne rapporten zijn gepubliceerd of enkel gepresenteerd op congressen. Verder is er meestal geen directe vergelijking gemaakt tussen biologische en gangbare houderijsystemen.

2.4.1 Ziektedruk biologische pluimveehouderijsystemen

Alternatieve pluimveehouderijsystemen lijken een andere ziektedruk en hogere mortaliteit te hebben in vergelijking met een batterijsysteem. Schattingen voor de mortaliteit van free-range gehouden leghennen lopen uiteen van 11% tot 19% voor de grotere bedrijven (>2000 kippen), maar is meestal beduidend lager op de kleinere bedrijven: variërend van 7 tot 9% (zoals samengevat in (Bestman, 2004)). In de meeste situaties was een hoge mortaliteit gerelateerd aan kannibalisme en niet aan een hoge ziekteincidentie.

Free-range gehouden leghennen hebben een vergroot risico op endoparasitaire infecties, waaronder wormen (Permin *et al.*, 1999) en coccidiose (Conraths *et al.*, 2005), en ook op ectoparasitaire infecties, zoals mijten en luizen (Fiks-van Niekerk *et al.*, 2002, Tauson, 2005). Tevens lijkt er een verhoogd risico te zijn bij biologisch gehuisveste kippen op bacteriële infecties zoals *Staphylococcus arthritis* ('Bumble foot syndroom'), maar ook *Campylobacter* (vleeskuikens) (Engvall, 2001) en *Salmonella* (leghennen) (Conraths *et al.*, 2005).

Een serie factoren draagt bij aan de verhoging van de ziektedruk in een biologisch pluimveehouderijsysteem in vergelijking met gangbare systemen (Kijlstra *et al.*, 2003). Ten eerste de uitloop naar buiten waardoor de kippen zijn blootgesteld aan andere diersoorten en hun uitwerpselen. Ten tweede het beperkte gebruik van medicijnen, zowel curatief als preventief. Ten derde het gebruik van biologisch voer. Ten vierde het nastreven van een biologische kringloop binnen het bedrijf, wat de overlevingskansen van pathogenen binnen het bedrijf vergroot en theoretisch ook het risico heeft een reservoir met pathogenen te creëren. Aan de andere kant kan voor biologische houderijsystemen verondersteld worden dat de vleeskuikens minder gevoelig zijn voor ascites, sudden-death syndroom en pootproblemen, doordat ze een beduidend lagere groeisnelheid hebben (Deeb *et al.*, 2002), en dat botbreuken door broze botten minder vaak voorkomen bij leghennen, doordat de activiteit en bewegingsruimte groter is (Leyendecker *et al.*, 2005). Verder kan de hypothese geopperd worden dat kippen in een biologisch houderijsysteem minder gevoelig zijn voor chronische darmontsteking, omdat ze meer ruwvoer tot hun beschikking hebben, onderzoek hiernaar is echter nog niet gedaan.

2.4.2 Energie- en eiwitbehoefte immuunsysteem

Al zijn studies hiernaar schaars, toch zijn er meerdere aanknopingspunten om te veronderstellen dat de immuunfunctie van kippen in alternatieve huisvestingssystemen (m.n. systemen met uitloop) anders is dan die in gangbare huisvestingssystemen zoals de batterij. Ten eerste lijkt er een relatie te bestaan tussen verenpikgedrag en een range aan immuunvariabelen (Buitenhuis *et al.*, 2006). Ten tweede zijn er aanwijzingen dat huisvestingstype (batterij vs. verrijkte kooi vs. free-range) een effect heeft op een serie immuunvariabelen (Van Loon *et al.*, 2004). Ten derde hebben kippen onder koudstress een verhoogde innate immuunrespons, maar geen veranderingen in de gemeten humorale immuunrespons (specifieke antilichaamrespons) (Hangalapura, 2006). Ten vierde, ten aanzien van de aminozuurvoorziening in de biologische pluimveehouderij lijkt het nog van belang op te merken dat aminozuurdeficiënties een effect hebben op de immuunfunctie. Een tekort aan specifiek isoleucine, leucine en valine, maar niet methionine, cysteine, arginine of lysine, verlaagde de antilichaamresponse in broilers (Konashi *et al.*, 2000). Een andere studie (Chen *et al.*, 2003) vond juist dat een lysinedeficiënt rantsoen de antilichaamrespons na een Newcastle disease vaccinatie verlaagde, en tevens de cellulaire immuunrespons

verminderde (Basophil gevoeligheidstest). Bij het optimaliseren van biologische rantsoenen is het vaak niet mogelijk om de minimale eisen voor aminozuren volledig te realiseren. Het grootste knelpunt doet zich voor rond de eisen voor methionine en cysteine. Onduidelijk is of biologisch pluimvee hierdoor minder goede immunoresponsen hebben.

De vraag is echter als het inderdaad zo is dat de immunofunctie van biologisch gehouden kippen anders is dan van gangbaar gehouden kippen of dit verschil maakt voor de hoeveelheid energie en het type aminozuren die het immuunsysteem van het dier vraagt. In het geval van een ernstige infectie met effecten op voeropname, vertering, absorptiecapaciteit van de darm, productie en mortaliteit lijkt het duidelijk dat hier een extra beroep wordt gedaan op het immuunsysteem en dat dit de kip energie en aminozuren kost die anders op een andere manier aangewend hadden kunnen worden. Maar wanneer enkel het immuunsysteem van leghennen licht geprikkeld wordt, zoals bij een *Salmonella enteritidis*-infectie (Van Eerden *et al.*, 2006), zijn er tot op heden geen aanwijzingen dat dit de kip extra energie kost. Hieruit volgend is het dus maar de vraag of bij rantsoenberekening rekening gehouden dient te worden met een verhoogde ziektedruk in de biologische pluimveehouderij.

3 Productie

De productiviteit van alternatieve leghennenhouderijsystemen is meestal lager dan conventionele houderijsystemen (Tabel 3). Aerni et al. (2005) vergeleken 14 studies in een meta-analyse en rapporteerden dat de eimassa (legpercentage x eigewicht) in een voliëresysteem gemiddeld 2 g/hen/d lager was in vergelijking met een conventioneel systeem (48.9 vs. 50.7 ± 0.7 g/hen/d). Ook andere alternatieve huisvestingssystemen lijken kleine, maar regelmatig significante, verschillen te vertonen in eiproductie in vergelijking met een conventioneel systeem. Buiten gehuisveste leghennen begonnen 3 weken later (21 weken leeftijd) met leggen in vergelijking met conventioneel gehuisveste kippen (18 weken leeftijd) (Van den Brand *et al.*, 2004). Jammer genoeg zijn studies waar de productie in een biologisch systeem vergeleken is met een conventioneel systeem niet beschikbaar.

Zo kan geconcludeerd worden dat regelmatig, maar studies zijn hierin niet eenduidig, alternatieve huisvestingssystemen een daling in eiproductie veroorzaken ten opzichte van een leghennen gehuisvest op een batterij. Tevens lijkt er een behoorlijke variatie te bestaan in de grootte van de effecten wat mogelijk verklaard kan worden door het bestaan van een interactie tussen experimentele omstandigheden en de geteste huisvestingssystemen. Zo is er gesuggereerd dat er een interactie is tussen genotype en huisvestingsomstandigheden op de eiproductie (Tauson *et al.*, 1999). In deze studie lieten Lohmann Brown hennen een significante afname zien in legpercentage en dagelijkse eiproductie per hen wanneer zij in een scharrel- of in een voliëresysteem gehuisvest waren in vergelijking met batterijhuisvesting. Dit in tegenstelling tot Lohmann Selected Leghorn hennen welke geen verschil lieten zien in eiproductie bij de drie geteste huisvestingstypen. De afname in eiproductie van de Lohmann Brown in deze studie was gerelateerd aan een significante toename in mortaliteit (geassocieerd met voornamelijk salpingitis¹ en pikwonden) en een verhoging van de voederconversie, wat het slecht functioneren van dit genotype bij de alternatieve systemen in deze studie verder bevestigd. Naast genotype lijkt variatie in de effecten van huisvestingstype op eiproductie kenmerken van leghennen ook beïnvloedt te worden door leeftijd (Zemkova *et al.*, 2007), opfokcondities (Hetland *et al.*, 2004) en eventuele stressomstandigheden (zoals hittestress (Barbosa Filho *et al.*, 2005)).

Tabel 3 Productie van leghennen bij verschillende huisvestingsomstandigheden

| Type hen | Leeftijd (weken) | Huisvesting | Eiproductiekenmerken | | | Referentie |
|-----------------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|---------------|---------------|---|
| | | | Eiproductie (g/hen/dag) | Eigewicht (g) | Legpercentage | |
| Lohmann Selected Leghorn | 20-80 | Batterij | 55.7 | 63.9 | 87.2 | (Tauson <i>et al.</i> , 1999) |
| | | Volière | 54.5 | 62.9 | 86.7 | |
| | | Scharrel | 54.8 | 63.4 | 86.4 | |
| Lohmann Brown | 20-80 | Batterij | 54.9 | 65.8 | 83.5 | |
| | | Volière | 50.4 | 66.1 | 76.2 | |
| | | Scharrel | 50.7 | 66.4 | 76.3 | |
| Lohmann Selected Leghorn | 20-74 | Batterij | 59.2 | 66.6 | 89.1 | (Hetland <i>et al.</i> , 2004) |
| | | Verrijkte kooi (8 hennen) | 57.6 | 65.7 | 87.7 | |
| | | Verrijkte kooi (16 hennen) | 57.8 | 65.6 | 88.2 | |
| Shaver 2000 | 20-74 | Batterij | 57.1 | 67.7 | 84.5 | |
| | | Verrijkte kooi (8 hennen) | 55.9 | 67.5 | 83.0 | |
| | | Verrijkte kooi (16 hennen) | 56.0 | 67.8 | 82.9 | |
| Lohmann Silver ¹ | | Batterij | 53.2 | 63.1 | 84.3 | (Leyendecker et al., 2005) |
| | | Verrijkte kooi | 52.8 | 62.5 | 84.5 | |
| | | Volière | 52.1 | 62.3 | 83.6 | |
| Witte hennen | | Batterij | 100.0 | 100.0 | 100.0 | (Enting en Perez de Ayala, 2007) ² |
| Bruine hennen | | Batterij | 99.1 | 102.7 | 97.4 | |
| Onbekend | | Scharrel | 98.5 | 101.6 | 97.6 | |
| Onbekend | | Free-range | 98.7 | 101.8 | 97.1 | |

¹ Getallen geven gemiddelden weer van 2 experimenten

² Getallen geven relatieve productie (%) weer ten opzichte van de witte hennen gehuisvest op een batterij

¹ Salpingitis is een ontsteking van het trechtervormig orgaan (infundibulum) tussen de eileider en eierstok.

De vraag is of de gevonden (lichte) afname in eiproductie in alternatieve systemen een gevolg is van beperkingen in het rantsoen (te laag eiwit-/aminozureniveau?) of onlosmakelijk verbonden is met het betreffende alternatieve huisvestingssysteem. In het eerste geval zou het betekenen dat de eiwitgift misschien wel verhoogd moet worden. In het laatste geval zou er juist in het rantsoen op geanticipeerd kunnen worden door bijvoorbeeld de eiwitgift te verlagen. Echter, de variatie in effecten van huisvestingsomstandigheden op eiproductie, het feit dat de effecten meestal klein zijn en eiproductie een essentieel kenmerk is voor de levensvatbaarheid van een houderijsysteem is het niet aan te raden de eiwitgift te verlagen ten opzichte van een conventioneel systeem, waarschijnlijk is het wel gepast de eiwit/energieverhouding te verlagen ten gevolge van hogere onderhoudsbehoefte voor energie. Zo is recentelijk ook aangetoond dat de eiwitbehoefte van grondgehuisveste hennen 5-10% lager ligt dan op de batterij gehuisveste hennen om een maximale eiproductie te realiseren (Eits *et al.*, 2005). Volgens uit deze proef gaven deze auteurs een advies met eiwitgift van 16% ruw eiwit voor grondgehuisveste hennen in vergelijking met 17,5 % voor de batterijgehuisveste hennen.

4 Groei

In de biologische vleeskuikenhouderij worden vooral langzaamgroeiende vleeskuikenrassen gebruikt met als doel een vergelijkbaar slachtgewicht te bereiken op 12 weken leeftijd als conventionele houderijsystemen op 6 weken leeftijd. Deze verschillen in genotype, maar ook verschillen in rantsoensamenstelling (m.n. een lagere eiwit t.o.v. energieinhoud (Lampkin, 1997), realiseren een lagere groeisnelheid, maar ook een andere karkassamenstelling van biologisch gehouden vleeskuikens in vergelijking met conventioneel gehouden vleeskuikens. Karkassen van langzaam groeiende kuikens hadden op slachtleeftijd van 84 dagen een hoger eiwitgehalte en een lager vetgehalte in vergelijking met snel groeiende kuikens op een slachtleeftijd van 56 dagen (Fanatico *et al.*, 2007). Dezelfde auteurs vonden ook dat de beschikbaarheid van een uitloop een effect had op de karkassamenstelling. Het karkas van kuikens met uitloop had een lager vetgehalte wat toegeschreven werd aan een hogere activiteit van deze kuikens. De lagere groeisnelheid met een vergelijkbaar slachtgewicht, alleen 6 weken later dan conventionele kuikens, heeft tot gevolg dat geadviseerd wordt de energie- en eiwitbehoefte, en ook karkassenmerken, van conventioneel en biologisch gehouden kuikens te vergelijken op basis van metabole leeftijd en niet op basis van chronologische leeftijd (Gordon *et al.*, 2001).

Verschillende auteurs suggereren dat langzaam groeiende kuikens een lagere eiwitbehoefte hebben, of dat de verhouding van eiwit en energie in het rantsoen anders is dan voor conventionele kuikens (Walker en Gordon, 2001). Anderen opperen dat niet de absolute eiwitbehoefte lager is, maar wel de verhouding eiwit/energie behoefte, als gevolg van een hogere onderhoudsbehoefte (ME_m) door meer activiteit en grotere variatie in omgevingstemperatuur (Lampkin, 1997, Fanatico *et al.*, 2007). Dus naast dat de dagelijkse eiwitgift van biologisch gehouden vleeskuikens meestal lager is met als doel de groeisnelheid te beperken, is de ME_m groter, wat resulteert in een lagere eiwit/energie verhouding in het voer.

5 Voersamenstelling

In essentie verschilt een biologische kip niet van een gangbare kip, wat betekent dat de basisprincipes van voeding en metabolisme op beide van toepassing zijn. Echter een andere manier van huisvesting, een iets ander doel welke we met de kip hebben en beperktere grondstofkeuzes bij de rantsoenoptimalisatie zouden kunnen betekenen dat nutritionisten toch extra aandacht moeten besteden aan de rantsoenoptimalisatie van biologisch gehouden pluimvee. Zoals zojuist uiteen gezet is het aannemelijk te maken dat een biologisch gehouden kip een andere energiebehoefte heeft voor onderhoud, waarschijnlijk voornamelijk veroorzaakt door een grotere behoefte aan energie voor warmtehuishouding en activiteit. Verder is het duidelijk dat de biologische vleeskuikenhouderij naar een langzamere groei streeft met als einddoel een vergelijkbaar slachtgewicht, maar dan pas op 81 dagen leeftijd in plaats van de 6 weken welke gebruikelijk is in de gangbare vleeskuikenhouderij. Ten derde, is er geopperd dat de biologische gewassenteelt risico's met zich meebrengt wat betreft ongewenste componenten in het gewas, welke hieronder worden samengevat. Tevens lijkt het verbod op het gebruik van vlees –en beendermeel, het verbod op synthetische aminozuren en een beperkt toegestaan gebruik van vismeel een extra uitdaging met zich mee te brengen ten aanzien van de optimalisatie van de eiwitcomponent in het rantsoen, waarop vervolgens ingegaan wordt in het laatste deel van dit hoofdstuk.

5.1 Potentiële risico's van biologische diervoeders

Het gebruik van voornamelijk biologisch geteelde gewassen bij de samenstelling van rantsoenen brengt verschillende risico's met zich mee, welke wellicht niet exclusief zijn voor biologische voeders, maar wel hier extra aandacht verdienen.

In de biologische veehouderij is het gebruik van genetisch gemodificeerd soja verboden. Het is wel toegestaan om niet-genetisch gemodificeerde sojabonen, sojaschilfers en sojaolie in biologisch voer te verwerken. Vanwege onze klimaatsomstandigheden kan soja echter niet regionaal geteeld worden. Voorbeelden van alternatieve eiwitbronnen, die wel in onze regio groeien, zijn erwten, bonen, lijnzaad, raapzaad en lupine. Een beperkende factor in het gebruik van deze eiwitbronnen is de concentratie anti-nutritionele factoren in het ingrediënt (Sundrum *et al.*, 2005). Factoren in deze eiwitbronnen met een negatief effect op de darmgezondheid, groei en productie van landbouwhuisdieren zijn tannines, lectines en protease-inhibitoren. Tannines vormen met eiwitten en koolhydraten onverteerbare complexen en blokkeren de werking van verteringsenzymen. Lectines zijn eiwitten welke samen met een suikercomponent glycoproteïnen kunnen vormen welke de absorptiecapaciteit van villi in de dunne darm beperken. Protease-inhibitoren verminderen de activiteit van trypsine en chymotrypsine en hiermee verminderen ze de eiwitverteerbaarheid. Er zijn echter verschillende behandelmethoden om de concentratie antinutritionele factoren te verlagen, zoals het ontdoen van de zaden van hun schil of een hitte- of stoombehandeling.

Er is gesuggereerd dat biologische diervoeders een hogere mycotoxine-concentratie kunnen hebben dan conventionele diervoeders, wat een risico zou vormen voor de diergezondheid op biologische bedrijven (Kijlstra *et al.*, 2003). Onderzoek hiernaar is echter onbekend. Er is ook gesuggereerd dat de systeembenadering op een biologisch veebedrijf, het willen sluiten van een biologische kringloop, en een zeer beperkt gebruik van bestrijdingsmiddelen en antibiotica resulteren in het creëren van een 'infectiereservoir' (Kijlstra *et al.*, 2003). Onderzoek is echter nodig om deze hypothese te bevestigen.

5.2 Beperkingen in eiwitoptimalisatie biologische houderijsystemen

Alternatieve eiwitbronnen hebben naast een lagere aminozuurinhoud ook een ongunstigere aminozuursamenstelling dan (genetisch gemodificeerde) sojaproducten (Sundrum *et al.*, 2005). Hierdoor is het noodzakelijk om een goede inschatting te maken van de voederwaarde (samenstelling en verteerbaarheid) van deze eiwitbronnen. Vaak worden ze echter in kleine partijen aangeboden, met bovendien nog forse variaties tussen de partijen. Dit maakt het correct inschatten van de voederwaarde erg lastig. Daarbij komt dat het gebruik van synthetische aminozuren verboden is in de biologische veehouderij. Door een grote variatie in omgevingstemperatuur is ook de *ad libitum* energie opname variabel en onvoorspelbaar. Dit heeft als gevolg dat er een vergroot risico is op een onbalans in aminozuurgift (Walker en Gordon, 2001). Een gebalanceerd rantsoen wat betreft aminozuurbeschikbaarheid wil zeggen dat de meest essentiële aminozuren eerst verstrekt worden, daarna de iets minder essentiële aminozuren in volgorde van prioriteit.

Een onbalans in aminozuurgift heeft groei- en productieproblemen tot gevolg. Recentelijk concludeerden Rodenburg *et al.* (2008) dat wanneer 100% biologisch werd gevoerd de groei van vleeskuikens minder was dan bij een 80% of 95% biologisch rantsoen, de auteurs weten dit verschil aan een tekort in methionine

beschikbaarheid in het 100% biologische voer. Ten tweede is een onbalans in aminozuurgift ook gerelateerd aan welzijnsproblemen, zo vergroot een tekort aan essentiële aminozuren het risico op verenpikgedrag (Van Krimpen *et al.*, 2005). Ten derde doet een onbalans in aminozuurgift een beroep op het metabolisme van de kip. Een overschot aan eiwit moet gedeamineerd (afgebroken) worden en uitgescheiden als urinezuur (Walker en Gordon, 2001), dit proces kost metabole energie en resulteert in een verhoging van de warmteproductie (Balnave *et al.*, 2004) en metaboliseerbare energiebehoefte. Daarnaast is gesuggereerd dat een onbalans in aminozuurgift kan leiden tot een verhoogde excretie van stikstof, wat waarschijnlijk minder een probleem is op biologische bedrijven, daar stikstofrijke mest hier meestal meer gewaardeerd wordt dan op gangbare bedrijven

6 Conclusies

Er kan verondersteld worden dat een biologisch gehouden kip een hogere energiebehoefte heeft voor onderhoud, waarschijnlijk voornamelijk veroorzaakt door een grotere behoefte aan energie voor warmtehuishouding en meer activiteit door meer bewegingsvrijheid. Leghennen in alternatieve huisvestingssystemen hebben meestal een lagere productie dan leghennen gehuisvest op de batterij. De vraag is echter in hoeverre dit een reden moet zijn om het rantsoen af te stemmen op een lagere eiproductie, of dat dit juist een gevolg is van een veranderde benutting van nutriënten (meer voor onderhoud, minder voor productie). Niettemin is wel waarschijnlijk dat de hogere energiebehoefte met een gelijke eiwitbehoefte resulteert in een hogere energie-eiwitverhouding in het rantsoen van biologische hennen, echter met de bestaande gegevens lijkt het moeilijk de hogere energiebehoefte en dus de energie-eiwitverhouding in het rantsoen ook te kwantificeren.

Verder is het duidelijk dat biologisch gehouden vleeskuikens een ander groeitraject hebben dan conventioneel gehouden vleeskuikens. Naast dat een lagere eiwit/energieverhouding inspeelt op deze verlaging in groeisnelheid lijkt het ook redelijk vleeskuikens tussen de twee houderijsystemen te vergelijken op basis van metabole leeftijd en niet op basis van chronologische leeftijd. Als laatste brengt de regelgeving ten aanzien van het gebruik van biologisch voer risico's met zich mee ten aanzien van de diergezondheid. Dit alles doet een extra beroep op nutritionisten om met biologisch ingrediënten de eiwit- en aminozuurbeschikbaarheid te optimaliseren.

7 Suggesties voor verder onderzoek

De bovengenoemde conclusies zijn slechts in zeer beperkte mate gebaseerd op studies waarin biologische houderijsystemen zijn vergeleken met gangbare houderijsystemen. Bij gebrek aan biologische studies is meestal uitgeweken naar literatuur betreffende andere alternatieve houderijsystemen (grondhuisvesting, volière, free-range) welke een zekere mate van overeenkomst vertonen met biologische houderijsystemen (lagere bezettingsgraad, grote groepen dieren per stalunit, weinig klimaatcontrole). Dit betekent echter wel dat er behoefte lijkt te zijn aan een gedegen systeemvergelijking tussen de biologisch en gangbaar pluimhouderij, omdat het op dit moment nog onmogelijk is de hogere energiebehoefte ook te kwantificeren en daarmee een aanpassing te doen in de gangbare formules voor nutriëntenbehoefte van kippen. Ten eerste is er weinig bekend over de (variatie in) effectieve temperatuur (klimaat, conditie verenkleed) in biologische houderijsystemen, waardoor het moeilijk is de extra energiebehoefte voor thermoregulatie boven een conventioneel systeem te kwantificeren. Ten tweede is er behoefte aan studies naar de activiteit van biologisch gehouden leghennen en het effect hiervan op de energiebehoefte.

Daarnaast kan er een effect op energiebehoefte van een andere ziektedruk of een onbalans in aminozuurgift ook verondersteld worden. Echter hier is weinig over bekend, al kan men verwachten dat deze factoren minimale effecten hebben op de totale energiebehoefte van biologisch gehouden pluimvee in vergelijking met gangbaar gehouden pluimvee.

Literatuur

- Aerni, V., H. El-Lethey en B. Wechsler, 2000. *Effect of foraging material and food form on feather pecking in laying hens. Br Poult Sci*(41) 1: 16-21.
- Al-Saffar, A.A. en S.P. Rose, 2002. *Ambient temperature and the egg laying characteristics of laying fowl. World's Poultry Sci. Ass.* (58): 317-331.
- Al Bustany, Z. en K. Elwinger, 1987. *Comparison between barley/fish meal- and maize/soybean meal-based diets with various lysine and proteinlevels fed to different strains of laying hens. Acta Agric. Scand. Sect. A, Animal Sci.* (37) 1: 41-49.
- Ambrosen, T. en V. E. Petersen, 1997. *The influence of protein level in the diet on cannibalism and quality of plumage of layers. Poult Sci*(76) 4: 559-63.
- Barbosa Filho, J.A.D., M.A.N. Silva, I.J.O. Silva en A.A.D. Coelho, 2005. *Egg quality in layers housed in different production systems and submitted to two environmental conditions. Braz. J. Poultry Sci.* (8): 23-28.
- Basaglia, R., N.K. Sakomura, R. Da Silva en O.M. Junqueira, 1999. *Prediction of energy requirements of laying hens. Poultry Science Association Annual Meeting, Springdale, Arkansas.*
- Bestman, M., 2000. *The role of management and housing in the prevention of feather pecking in laying hens. The 4th NAHWOA Workshop, Clermond-Ferrand.*
- Bestman, M., 2004. *Health in organic laying hens - facts and fairy tales. 2nd SAFO Workshop, Witzenhausen, Germany.*
- Bestman, M. en J.P. Wagenaar, 2003. *Farm level factors associated with feather pecking in organic laying hens. Livest. Prod. Sci.* (80): 133-140.
- Bestman, M. en J.P. Wagenaar, 2006. *Feather pecking in organic rearing hens. Joint Organic Congress, Odense, Denmark.*
- Bjerrum, L., A. B. Pedersen en R. M. Engberg, 2005. *The influence of whole wheat feeding on Salmonella infection and gut flora composition in broilers. Avian Dis* (49) 1: 9-15.
- Blahova, J., R. Dobsikova, E. Strakova en P. Suchy, 2007. *Effect of low environmental temprature on performance and blood system in broiler chickens (Gallus domesticus). Acta Vet. Brno*(76): S17-S23.
- Blokhuis, H.J. en J.G. Arkes, 1984. *Some observations on the development of feather-pecking in poultry. . Appl. Anim. Behaviour Sci.* (12): 145-157.
- Buitenhuis, B., J. B. Kjaer, R. Labouriau en H.R. Juul-Madsen, 2006. *A comparison of plasma serotonin and tryptophan levels, immunological and hematological parameters between laying hen lines divergently selected on feather pecking behavior. Poult Sci*(85): 1722-1728.
- Charles, D.R., 1986. *Temperature for broilers. World's Poultry Sci. J.* (42) 3: 249-258.
- Charles, D.R., C.M. Groom en T.S. Bray, 1981. *The effects of temprature on broilers; interactions betwene temprature and feeding regime. Br Poult Sci*(22): 475-481.
- Chen, C., J.E. Sander en N.M. Dale, 2003. *The effect of dietary lysine deficiency on the immune response to Newcastle disease vaccination in chickens. . Avian Dis* (47): 1346-1351.
- Conraths, F.J., O. Werner, U. Methner, L. Geue, F. Schulze, I. Hanel, K. Sachse, H. Hotzel, E. Schubert, F. Melzer en T.C. Mettenleiter, 2005. *Conventional battery cages and alternative poultry housing systems - infectiological aspects -. Berl. Munch. Tierartzl. Wschr.* (118) 5-6: 186-204.
- Cooper, M. A. en K. W. Washburn, 1998. *The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. Poult Sci*(77) 2: 237-42.

- Cowan, P.J. en W. Michie, 1978. *Environmental temperature and broiler performance: the use of diets containing increased amounts of protein. Br Poult Sci*(19): 601-605.
- Curtis, P. E. en N.W.A. Marsh, 1992. *Cannibalism in laying hens. Vet. Rec.* (131) 18: 424.
- de Jong, I. C., H. Enting, A. van Voorst en H. J. Blokhuis, 2005. *Do low-density diets improve broiler breeder welfare during rearing and laying? Poult Sci*(84) 2: 194-203.
- Deeb, N. en A. Cahaner, 2002. *Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 3. Growth rate and water consumption of broiler progeny from weight-selected versus nonselected parents under normal and high ambient temperatures. Poult Sci*(81) 3: 293-301.
- Deeb, N., A. Shlosberg en A. Cahaner, 2002. *Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 4. Association between responses to heat stress and to cold-induced ascites. Poult Sci*(81) 10: 1454-62.
- DEFRA Science and Research, 2005. *Validation of the HEN biological model for laying hens and an assessment of nutritional issues in organic poultry production. Final report.*
- Eits, R., R. P. Kwakkel, B.G.E. Reindsen, T. Zandstra en A.A. Maatman, 2005. *Effect of housing system on balanced protein requirements in laying hens. 15th European Symposium on Poultry Nutrition, Balatonfured, Hungary.*
- Emery, D. A., P. Vohra, R. A. Ernst en S. R. Morrison, 1984. *The effect of cyclic and constant ambient temperatures on feed consumption, egg production, egg weight, and shell thickness of hens. Poult Sci*(63) 10: 2027-35.
- Emmans, G.C., 1974. *The effect of temperature on the performance of laying hens.* In: *Energy requirements of poultry.* Eds.: T. R. Morris and B. M. Freeman. British Poultry Science.
- Engvall, A., 2001. *May organically farmed animals pose a risk for Campylobacter infections in humans? Acta Agric. Scand.* (Suppl 95): 85-88.
- Enting, H. en P. Perez de Ayala, 2007. *Optimizing laying performance and egg quality. 16th European Symposium on Poultry Nutrition, Strassbourg, France.*
- Fanatico, A. C., P. B. Pillai, J. L. Emmert en C. M. Owens, 2007. *Meat quality of slow- and fast-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. Poult Sci*(86) 10: 2245-55.
- Fiks-van Niekerk, Th.G.C.M., B.J.F. Van Reuvekamp en W.J.M. Landman, 2002. *Monitoringsonderzoek op biologische bedrijven. Vaker besmet dan batterijbedrijven. Pluimveehouderij*(33) 2: 10-11.
- Gerken, M., R. Afnan en J. Dori, 2006. *Adaptive behaviour in chickens in relation to thermoregulation. Arch. Geflugelk.* (70) S: 199-207.
- Gordon, S.H., D.R. Charles en G. Green, 2001. *A basis for comparison of traditional breeds of meat chickens. WPSA Spring meeting, York, UK.*
- Green, L. E., K. Lewis, A. Kimpton en C. J. Nicol, 2000. *Cross-sectional study of the prevalence of feather pecking in laying hens in alternative systems and its associations with management and disease. Vet Rec* (147) 9: 233-8.
- Hangalapura, B.N., 2006. *Cold stress and immunity: Do chickens adapt to cold by trading-off immunity for thermoregulation?* Wageningen Institute of Animal Sciences., Wageningen, Wageningen University,
- Hartini, S., M. Choct, G. Hinch, A. Kocher en J.V. Nolan, 2002. *Effects of light intensity during rearing and beak trimming and dietary fiber sources on mortality, egg production, and performance of ISA Brown laying hens. J. Appl. Poult. Res.* (11): 104-110.
- Havenstein, G. B., P. R. Ferket, S. E. Scheideler en D. V. Rives, 1994. *Carcass composition and yield of 1991 vs 1957 broilers when fed "typical" 1957 and 1991 broiler diets. Poult Sci*(73) 12: 1795-804.
- Hetland, H., R.O. Moe, R. Tauson, S. Lervik en B. Svihus, 2004. *Effect of including whole oats into pellets on performance and plumage condition in laying hens housed in conventional and furnished cages. Acta Agric. Scand. Sect. A, Animal Sci.* (54): 206-212.

- Idi, A., A. Permin, J.P. Christensen, S. Steinfeldt, R.M. Engberg en M. Fink, 2005. *Effects of carrots and maize silage on colonization of hens by Ascaridia galli and Salmonella enterica serovar Enteritidis*. *Helminthologia* (42) 3: 121-131.
- Kijlstra, A., M. Groot, J. Van der Roest, D. Kasteel en I. Eijck, 2003. *Analysis of black holes in our knowledge concerning animal health in the organic food production chain*. Animal Sciences Group Lelystad, The Netherlands 55.
- Kjaer, J. B. en P. Sorensen, 2002. *Feather pecking and cannibalism in free-range laying hens as affected by genotype, dietary level of methionine + cystine, light intensity during rearing and age at first access to the range area*. *Appl. Anim. Behaviour Sci.* (76): 21-39.
- Kjaer, J.B. en K.S. Vestergaard, 1999. *Development of feather-pecking in relation to light intensity*. *Appl. Anim. Behaviour Sci.* (62): 243-254.
- Koelkebeck, K. W. en J. R. Cain, 1984. *Performance, behavior, plasma corticosterone, and economic returns of laying hens in several management alternatives*. *Poult Sci*(63) 11: 2123-31.
- Konashi, S., K. Takahashi en Y. Akiba, 2000. *Effects of dietary essential amino acid deficiencies on immunological variables in broiler chickens*. *Br. J. Nutr.* (83): 449-456.
- Lampkin, N., 1997. *Organic poultry production*. Welsh Institute of Rural Studies, University of Wales Aberystwyth 79.
- Lazaro, R., M. Garcia, M. J. Aranibar en G. G. Mateos, 2003. *Effect of enzyme addition to wheat, barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens*. *Br Poult Sci*(44) 2: 256-65.
- Leeson, S., J.D. Summers en L.J. Caston, 2001. *Response of layers to low nutrient density diets*. *J. Appl. Poultry Res.* (10): 46-52.
- Leyendecker, M., H. Hamann, J. Hartung, J. Kamphues, U. Neumann, C. Surie en O. Distl, 2005. *Keeping laying hens in furnished cages and an aviary housing system enhances their bone stability*. *Br Poult Sci*(46) 5: 536-544.
- Lin, H., H. F. Zhang, R. Du, X. H. Gu, Z. Y. Zhang, J. Buyse en E. Decuypere, 2005. *Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. II. Four weeks of age*. *Poult Sci*(84) 8: 1173-8.
- May, J. D. en B. D. Lott, 2000. *The effect of environmental temperature on growth and feed conversion of broilers to 21 days of age*. *Poult. Sci*(79): 669-671.
- May, J. D., B. D. Lott en J. D. Simmons, 1998. *The effect of environmental temperature and body weight on growth rate and feed:gain of male broilers*. *Poult Sci*(77) 4: 499-501.
- McKeegan, D.E.F., C. J. Savory, M.G. MacLeod en M.A. Mitchell, 2001. *Development of pecking damage in layer pullets in relation to dietary protein source*. *Br Poult Sci*(42): 33-42.
- Mount, L.E., 1979. *Adaptation to thermal environment. Man and his productive animals*. Edward Arnold (Publishers) Limited. London, United Kingdom. pgs.
- Ozeki, T., C. Tamura, S. Morisaki, T. Takahashi en M. Tanaka, 1988. *An estimate of metabolizable energy (ME) requirement of laying hen at ambient temperature below 20C*. *Proceedings of 18th WPSA Congress, Nagoya, Japan*.
- Peguri, A. en C. Coon, 1993. *Effect of feather coverage and temperature on layer performance*. *Poult Sci*(72): 1318-1329.
- Permin, A., M. Bisgaard, F. Frandsen, M. Pearman, J. Kold en P. Nansen, 1999. *Prevalence of gastrointestinal helminths in different poultry production systems*. *Br Poult Sci*(40): 439-443.
- Quentin, M., I. Bouvarel en M. Picard, 2005. *Effects of crude protein and lysine contents of the diet on growth and body composition of slow-growing commercial broilers from 42 to 77 days of age*. *Anim. Res.* (54): 113-122.
- Rodenburg, T.B., J. Van Harn, M.M. Van Krimpen, M.A.W. Ruis, I. Vermeij en H.A.M. Spoolder, 2008. *Comparison of three different diets for organic broilers: effects on performance and body condition*. *Br. Poult. Sci*(49) 1: 74-80.
- Romijn, C. en W. Lokhorst, 1966. *Heat regulation and energy metabolism in the domestic fowl*. In: *Physiology of the domestic fowl*. Eds.: C. Horton-Smith and E. C. Amoroso. Oliver and Boyd 211-227.

- Sandercock, D. A., R. R. Hunter, G. R. Nute, M. A. Mitchell en P. M. Hocking, 2001. *Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: implications for meat quality. Poult Sci*(80) 4: 418-25.
- Sedlackova, M., B. Bilcik en L. Kostal, 2004. *Feather pecking in laying hens: environmental and endogenous factors. Acta. Vet. Brno* (73): 521-531.
- Shevel'ko, E.A., 1967. *Thermoregulation in hens exposed to measured changes in temperature. Bull Exp Biol Med* (64) 3: 945-947.
- Steenfeldt, S., J. B. Kjaer en R. M. Engberg, 2007. *Effect of feeding silages or carrots as supplements to laying hens on production performance, nutrient digestibility, gut structure, gut microflora and feather pecking behaviour. Br Poult Sci*(48) 4: 454-68.
- Sterling, K.G., D.D. Bell, G.M. Pesti en S.E. Aggrey, 2003. *Relationships among strain, performance, and environmental temperature in commercial laying hens. J. Appl. Poult. Res.* (12): 85-91.
- Suk, Y. O. en K. W. Washburn, 1995. *Effects of environment on growth, efficiency of feed utilization, carcass fatness, and their association. Poult Sci*(74) 2: 285-96.
- Sundrum, A., K. Schneider en U. Richter, 2005. *Possibilities and limitations of protein supply in organic poultry and pig production.* Department of animal nutrition and animal health. University of Kassel Witzenhausen, Germany.
- Tauson, R., 2005. *Management and housing systems for layers - effects on welfare and production. World's Poultry Sci. Ass.* (61): 477-490.
- Tauson, R. en S.A. Svensson, 1980. *Influence of plumage condition on the hen's feed requirement. Swedish J. Agric. Res.* (10): 35-39.
- Tauson, R., A. Wahlstrom en P. Abrahamsson, 1999. *Effect of two floor housing systems and cages on health, production, and fear response in layers. J. Appl. Poult. Res.* (8): 152-159.
- Van den Brand, H., H.K. Parmentier en B. Kemp, 2004. *Efets of houding system (outdoor vs. cages) and age of laying hens on egg characteristics. Br Poult Sci*(45): 745-752.
- Van der Meulen, J., C. Kwakernaak en C.A. Kan, 2007. *Sand intake by laying hens and its effect on egg production. J Anim Phys Anim Nutr.* 1-6.
- Van Eerden, E., H. Van den Brand, M.J.W. Heetkamp, E. Decuypere en B. Kemp, 2006. *Energy partitioning and thyroid hormone levels durinf Salmonella Enteritidis infections in pullets with high or low residual feed intake. Poult Sci*(85): 1775-1783.
- Van Hierden, Y. M., J. M. Koolhaas en S. Mechiel Korte, 2004a. *Chronic increase of dietary L-tryptophan decreases gentle feather pecking behaviour. Appl. Anim. Behaviour Sci.* (89): 71-84.
- Van Hierden, Y. M., S. F. de Boer, J. M. Koolhaas en S. M. Korte, 2004b. *The control of feather pecking by serotonin. Behav Neurosci*(118) 3: 575-83.
- Van Kampen, M., 1974. *Physical factors affecting energy expenditure.* In: *Energy requirements of poultry.* Eds.: T. R. Morris and B. M. Freeman. Vritisch Poultry Science Ltd.
- Van Krimpen, M. M., R. P. Kwakkel, B. F. J. Reuvekamp, C. M. C. Van der Peet-Schwering, L. A. Den Hartog en M. W. A. Verstegen, 2005. *Impact of feeding management on feather pecking in laying hens. World's Poultry Sci. Ass.* (61): 663-686.
- Van Krimpen, M.M., . R. Kwakkel, C.M.C. Van der Peet-Schwering, L.A. De Hartog en M.W.A. Verstegen, 2008. *Low dietary energy concentration, high nonstarch polysaccharide concentration, and coarse particle sizes of nonstarch polysaccharides affect the behavior of feather-pecking-prone laying hens. Poult Sci*(87): 1-12.
- Van Krimpen, M.M., R.P. Kwakkel, G. Andre, C.M.C. Van der Peet-Schwering, L.A. Den Hartog en M.W.A. Verstegen, 2007. *Effect of nutrient dilution on feed intake, eating time and performance of hens in early lay. Br. Poult. Sci*(48) 4: 389-398.

