



---

# Warmte- en CO<sub>2</sub>-productie van trager groeiende vleeskuikens

André Aarnink, Jan van Harn, Bram Bos

Rapport 1186



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Warmte- en CO<sub>2</sub>-productie van trager groeiende vleeskuikens

André Aarnink  
Jan van Harn  
Bram Bos

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek 'Stalemissies' (projectnummer BO-43-012.02-006)

Wageningen Livestock Research  
Wageningen, november 2019

---

Rapport 1186

---

Aarnink, A.J.A., J. van Harn, A.P. Bos, 2019. Warmte- en CO<sub>2</sub>-productie van trager groeiende vleeskuikens. Wageningen Livestock Research, Rapport 1186.

#### Samenvatting

In dit rapport wordt een inschatting gemaakt van de warmte- en kooldioxide- (CO<sub>2</sub>) productie van trager groeiende vleeskuikens.

#### Summary

In this report the heat and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) production of slow growing broilers is estimated.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/496900> of op [www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research) (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2019 Wageningen Livestock Research

Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl), [www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research). Wageningen Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1186

---

# Inhoud

	<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>10</b>
	2.1 Gewichtsverloop vleeskuikens	10
	2.2 Warmteproductie	12
	2.3 CO <sub>2</sub> productie	13
	2.4 Uitgangspunten simulaties	14
<b>3</b>	<b>Resultaten simulaties</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>20</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>21</b>

---

---

# Woord vooraf

Met de sterke toename van het aantal vleeskuikens in Nederland dat binnen een concept wordt geproduceerd (zoals de verschillende Kip van Morgen-concepten en Scharrel/ 1\* Beter Leven Keurmerk 1 ster), is ook het aantal gehouden trager groeiende vleeskuikens fors toegenomen. Onbekend is echter welk effect deze houderij-vormen op de ammoniakemissie hebben. Bepieting van nieuwe concepten (zoals de Windstreek-stal in Raalte) wordt o.a. gehinderd door het feit dat het niet bekend is wat de CO<sub>2</sub>-productie van langzamer groeiende dieren is. Die kennis is van belang voor de vaststelling van het ventilatiedebiet tijdens de metingen. Deze studie geeft hiervoor een eerste modelmatige indicatie. Hierdoor is het mogelijk de emissies van ammoniak, fijnstof en geur nauwkeuriger te bepalen.

We danken het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit voor de financiële ondersteuning van dit beleidsondersteunende onderzoek.

Bram Bos  
Projectleider Windstreek





---

# Samenvatting

De afgelopen jaren is het aantal bedrijven dat trager groeiende vleeskuikens houdt zeer sterk gegroeid, niet alleen door de groei van scharrel / 1\* Beter Leven Keurmerk vlees, maar met name door de volledige omslag naar Kip van Morgen-concepten in de Nederlandse supermarkten. Het gaat inmiddels waarschijnlijk om 30-40% van de productie in Nederland. Het is echter onbekend wat het effect van deze omslag naar trager groeiende vleeskuikens is op de emissie van (onder andere) ammoniak. Om emissiemetingen aan vleeskuikenstallen met trager groeiende kuikens mogelijk te maken is het noodzakelijk om de CO<sub>2</sub>-productie van dit type dieren vast te stellen. Aangezien meetgegevens van de CO<sub>2</sub>-productie van trager groeiende vleeskuikens ontbreken, is in dit rapport een modelmatige inschatting gemaakt van deze CO<sub>2</sub>-productie en is deze vergeleken met de CO<sub>2</sub>-productie van snel groeiende vleeskuikens.

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Modelberekeningen laten zien dat trager groeiende vleeskuikens op een bepaalde dag na opzet 25 à 30% minder warmte en CO<sub>2</sub> produceren dan hun snel groeiende soortgenoten.
- Per kg metabool gewicht zijn de berekende verschillen tussen trager en snel groeiende vleeskuikens, vooral in het begin van de groeiperiode, relatief gering. Dit verschil loopt geleidelijk op van een paar procent bij lichte kuikens (ca. 50 g) tot iets meer dan 20% bij zware vleeskuikens (ca. 2,5 kg).
- De warmte- en CO<sub>2</sub>-producties zijn sterk afhankelijk van de voeropname en voersamenstelling. Voor berekening van de warmte- en CO<sub>2</sub>-producties van nieuwe typen vleeskuikens, zoals trager groeiende vleeskuikens, is het beter om een fundamenteel rekenmodel, zoals het Anipro model, waarin deze factoren worden meegenomen, te gebruiken. Van hier uit kunnen simpeler relaties, b.v. met het metabool gewicht, worden ontwikkeld.
- De veel gebruikte CIGR formule (lineaire relatie met metabool gewicht) geeft een overschatting van de warmteproductie in de gehele range van de groeiperiode, gemeten bij snel groeiende vleeskuikens.
- Alhoewel het nieuwe Anipro model nog niet gevalideerd kon worden met gemeten waarden bij trager groeiende vleeskuikens, is de verwachting, gebaseerd op metingen bij snel groeiende vleeskuikens, dat dit model betrouwbaar ingezet kan worden voor berekening van de CO<sub>2</sub>-productie bij trager groeiende vleeskuikens. De uit de modelresultaten ontwikkelde simpele kwadratische relatie met metabool gewicht ( $y = -0,31x^2 + 2,05x - 0,048$ ;  $R^2 = 0.999$ ), kan hier ook voor worden gebruikt.

De volgende aanbeveling wordt gedaan:

- Validatie van de CO<sub>2</sub>-productie module in het Anipro model met directe metingen aan trager groeiende vleeskuikens is gewenst.



---

# 1 Inleiding

De afgelopen jaren is het aantal bedrijven dat trager groeiende vleeskuikens houdt zeer sterk gegroeid, niet alleen door de groei van scharrel / 1\* Beter Leven Keurmerk vlees, maar met name door de volledige omslag naar Kip van Morgen-concepten in de Nederlandse supermarkten. Het gaat inmiddels waarschijnlijk om 30-40% van de productie in Nederland.

Het is echter onbekend wat het effect van deze omslag is op de emissie van (onder andere) ammoniak (Groenestein et al., 2015). De bestaande emissiefactoren in de TAC-Rav-lijst zijn bepaald op basis van metingen met traditionele snelgroeiende vleeskuikens met een gangbare bezettingsgraad.

Daadwerkelijk bemeten van stallen met trager groeiende kuikens is op dit moment echter vaak niet mogelijk, omdat van tragere groeiers nog niet vastgesteld is wat hun CO<sub>2</sub>-productie is. Dit is van belang, omdat CO<sub>2</sub> als tracer gas wordt gebruikt om het ventilatiedebiet vast te stellen. Vaststelling van dat debiet is noodzakelijk om de ammoniakemissie te kunnen bepalen, aangezien de emissie het product is van het concentratieverschil van ammoniak tussen uitgaande en ingaande stallucht en het ventilatiedebiet. De CO<sub>2</sub>-massabalans methode is een erkende methode om het ventilatiedebiet vast te stellen (Ogink et al., 2017). De CO<sub>2</sub>-productie wordt veelal ingeschat op basis van de berekende warmteproductie van de dieren. De warmteproductie wordt vaak berekend met de formules zoals die zijn beschreven in een CIGR rapport (CIGR, 2002). In het onderzoek van Pedersen et al. (2008) zijn omrekeningsfactoren vastgesteld om de CO<sub>2</sub>-productie uit de warmteproductie te berekenen. Hierbij wordt rekening gehouden met een geringe bijdrage uit de strooiselmest.

Om emissiemetingen aan vleeskuikenstallen met trager groeiende kuikens mogelijk te maken is het daarom noodzakelijk om de CO<sub>2</sub>-productie van dit type dieren vast te stellen. Aangezien meetgegevens van trager groeiende vleeskuikens ontbreken, is in dit rapport een modelmatige inschatting gemaakt van deze CO<sub>2</sub>-productie en is deze vergeleken met de CO<sub>2</sub>-productie van gangbare, snelgroeiende vleeskuikens.

## 2 Methode

In het rapport van Aarnink et al. (2016) is een rekenmodel beschreven om het effect van voermaatregelen op de ammoniakemissie te kunnen simuleren. Deze rekentool is gericht op het doorrekenen van de gehele keten van voeropname door het vleeskuiken, het metabolisme in het vleeskuiken, de uitscheiding door het vleeskuiken en de veranderingen in het strooisel als gevolg van stalklimaat en fysisch/chemische/biologische processen, zoals omzettingen en vervluchtiging. Het eerste deel van dit model kan gebruikt worden om de CO<sub>2</sub>-productie te berekenen. Op basis van de voeropname en –samenstelling, de groei en het metabolisme van het vleeskuiken wordt de warmteproductie van de kuikens berekend. Vervolgens is met een CIGR formule (Pedersen et al., 2008) de CO<sub>2</sub>-productie berekend. In paragrafen 2.1 tot en met 2.3 worden de verschillende formules weergegeven die nodig zijn voor de berekening van deze CO<sub>2</sub>-productie. In par. 2.4 worden de uitgangspunten voor de berekeningen weergegeven.

### 2.1 Gewichtsverloop vleeskuikens

Groei-curves worden vaak beschreven met een Gompertz-curve. Dit is een S-vormige curve met in het begin van de groeiperiode een exponentiële toename van het gewicht, vervolgens een afnemende toename, om tenslotte te stabiliseren op het volwassen eindgewicht. De Gompertz-curve ziet er als volgt uit:

$$W_t = W_m \cdot \exp\{-\exp[-B(t - t^*)]\}/1000 \quad (1)$$

Waarin:  $W_t$  is het gewicht van het dier op tijdstip  $t$  (kg)

$W_m$  is het volwassen eindgewicht van het dier (kg)

$B$  is een parameter die de vorm van de groeicurve bepaald (deze bepaald de snelheid van het bereiken van het eindgewicht (dag<sup>-1</sup>))

$t^*$  is het tijdstip waarop de groei maximaal is (dag)

1000 = omrekening van gram naar kilogram

In tabel 1 worden de geschatte parameters van de Gompertz-curve gegeven voor snel en trager groeiende vleeskuikens. In figuur 1 wordt het verloop van de gewichtscurve gegeven voor gangbare (Ross 308) en trager (Hubbard JA 257) groeiende vleeskuikens. Hierbij moet opgemerkt worden dat de waarde voor  $W_m$  niet het werkelijke eindgewicht hoeft te zijn, maar dat is bij vleeskuikens ook niet van belang.

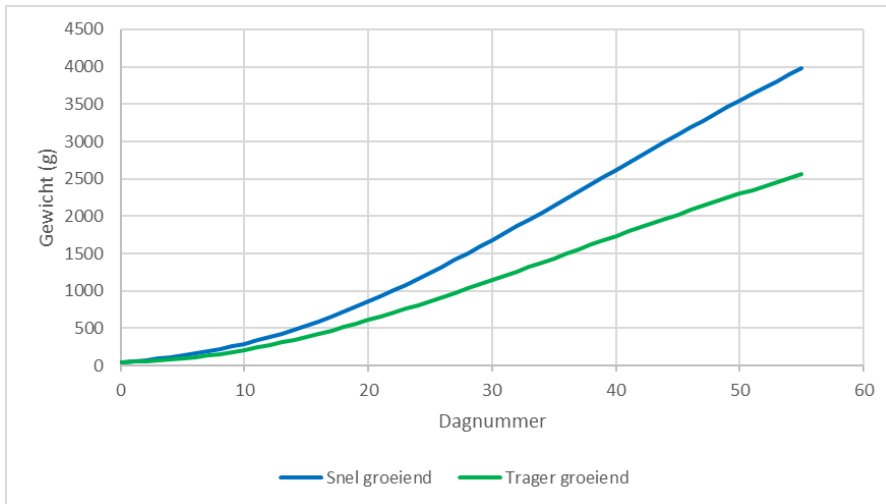
**Tabel 1** Geschatte parameters van de Gompertz-curve (zie vergelijking 1), voor berekening van het gewicht van gangbare en trager groeiende vleeskuiken.

Parameter <sup>1)</sup>	Snel groeiende vleeskuikens	Trager groeiende vleeskuikens
$W_m$	6384	3872
$B$	0,0412	0,0426
$t^*$	37,1	34,7

<sup>1)</sup> Voor verklaring van de variabelen zie formule 1.

Het verloop van de totale voeropname laat ook een S-vormig verloop zien. Daarom beschrijven we dit verloop ook met de Gompertz-curve. Een verschil met het verloop van het diergewicht is dat het diergewicht een asymptoot kent, namelijk bij het volwassen eindgewicht (groei=0), terwijl de voeropname per dag op een gegeven moment min of meer constant is en de totale voeropname lineair toeneemt met de tijd. Voor vleeskuikens hoeft dit laatste deel van de curve echter niet beschreven te worden, omdat de dieren het volwassen gewicht niet bereiken, waardoor de Gompertz-curve ook voldoet voor beschrijving van de voeropname. De geschatte parameters van de voeropnamecurves voor gangbare en trager groeiende vleeskuikens worden gegeven in tabel 2. In

figuur 2 wordt het verloop van de cumulatieve voeropnamecurve gegeven voor gangbare (Ross 308) en trager groeiende (Hubbard JA 257) vleeskuikens.

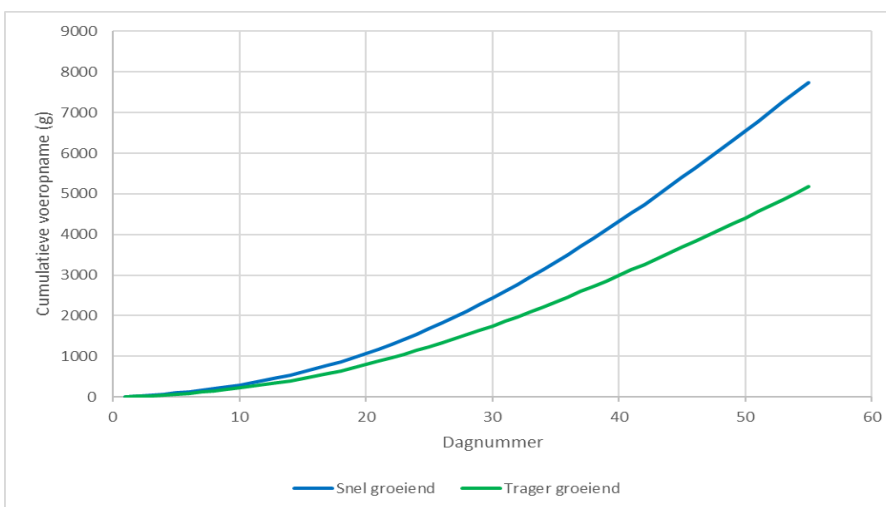


**Figuur 1** Gewichtsverloop van snel groeiende (Ross 308) en trager groeiende (Hubbard JA 257) vleeskuikens. (Gegevens Ross: 308 Performance Objectives, 2014; gegevens Hubbard: "Kip van morgen" concept, normen Hubbard JA 257).

**Tabel 2** Geschatte parameters van de Gompertz-curve (zie vergelijking 1), voor berekening van het verloop van de totale voeropname (g) voor gangbare en trager groeiende vleeskuikens.

Parameter <sup>1)</sup>	Snel groeiende vleeskuikens	Trager groeiende vleeskuikens
FI <sub>m</sub>	17917	10613
B	0.03455	0.03644
t*	50.14	46.34

<sup>1)</sup> FI<sub>m</sub> is de parameter voor voeropname, vergelijkbaar met W<sub>m</sub> voor de groeicurve. In tegenstelling tot de groeicurve blijven de voer- en wateropname niet onder een bepaalde asymptoot, maar nemen op een gegeven moment min of meer lineair toe in de tijd. Voor verklaring van de overige variabelen zie formule 1.



**Figuur 2** Verloop van de cumulatieve voeropname van snelgroeiende (Ross) en trager groeiende (Hubbard) vleeskuikens. (Gegevens Ross: 308 Performance Objectives, 2014; gegevens Hubbard: "Kip van morgen" concept, normen Hubbard JA 257).

## 2.2 Warmteproductie

De warmteproductie ( $Q_{tot}$ ) kan berekend worden door de energie in de eiwit- en vetaanzet van de opgenomen metaboliseerbare energie (ME) af te trekken.

$$Q_{tot} = ME - B_P \cdot E_P - B_L \cdot E_L \quad (2)$$

Waarin:  $Q_{tot}$  is de totale warmteproductie (MJ/d)  
ME is opname aan metaboliseerbare energie (MJ/d)  
 $B_P$  is de eiwitaanzet (kg/d)  
 $B_L$  is de vetaanzet (kg/d)  
 $E_P$  is energie in eiwitaanzet (MJ/kg)  
 $E_L$  is energie in vetaanzet (MJ/kg)

De hoeveelheid metaboliseerbare energie in het voer kan berekend worden uit de voersamenstelling (Anonymous, 2011), wat input is voor het model:

$$ME_{feed} = 15,56 \text{ vre} + 38,83 \text{ vrvet} + 17,32 \text{ vok} \quad (3)$$

Waarin:  $ME_{feed}$  is het gehalte aan metaboliseerbare energie in het voer (MJ/kg)  
vre is het verteerbaar ruw-eiwit gehalte (kg/kg)  
vrvet is het verteerbaar ruw-vet gehalte (kg/kg)  
vok is het gehalte aan verteerbaar overige koolhydraten (kg/kg)

De metaboliseerbare energieopname per dag is gelijk aan het gehalte in het voer maal de voeropname per dag. De voeropname per dag kan bepaald worden uit de Gompertz-curve beschreven in par. 2.1. De metaboliseerbare energieopname is tevens gelijk aan de som van de energie voor onderhoud en de energie beschikbaar voor productie (groei in geval van de vleeskuikens) (Kielanowski, 1965):

$$ME_{intake} = ME_m + ME_{prod} \quad (4)$$

Waarin:  $ME_{intake}$  is opname aan metaboliseerbare energie (MJ/d)  
 $ME_m$  is metaboliseerbare energie voor onderhoud (MJ/d)  
 $ME_{prod}$  metaboliseerbare energie beschikbaar voor groei (MJ/d)

De benodigde energie voor onderhoud ( $ME_m$ ) kan als volgt worden berekend (Sakomura et al., 2005):

$$ME_m = 112,1 W^{0,75} \cdot \frac{4,184}{1000} \quad (5)$$

Waarin:  $ME_m$  is metaboliseerbare energie voor onderhoud (MJ/d)  
W is diergewicht, bepaald in formule 1 (kg)  
4,184/1000 is de omrekeningsfactor van kcal naar MJ

De metaboliseerbare energie voor groei kan als volgt worden berekend (Kielanowski, 1965):

$$ME_{prod} = \frac{E_P}{k_P} \cdot B_P + \frac{E_L}{k_L} \cdot B_L \quad (6)$$

Waarin:  $ME_{prod}$  is metaboliseerbare energie beschikbaar voor groei (MJ/d)  
 $E_P$  is energie in eiwit (MJ/kg)  
 $E_L$  is energie in vet (MJ/kg)  
 $k_P$  is de efficiëntie van eiwitaanzet, de rest wordt omgezet in warmte (MJ/MJ)  
 $k_L$  is de efficiëntie van vetaanzet, de rest wordt omgezet in warmte (MJ/MJ)  
 $B_P$  is de eiwitaanzet (kg/d)  
 $B_L$  is de vetaanzet (kg/d)

Volgens Lopez en Leeson (2008) is de energie in aangezet vet gelijk aan 9,5 kcal/g ( $E_L = 39,75$  MJ/kg) en de energie in aangezet eiwit 5,7 kcal/g ( $E_P = 23,85$  MJ/kg). Volgens Sakomura et al. (2005) is de energie-efficiëntie van eiwit- ( $k_P$ ) en vetaanzet ( $k_L$ ) gelijk aan 0,57 MJ/MJ. De eiwit- en vetaanzet kunnen nu met de volgende twee formules worden berekend:

$$B_p = G \cdot f_{sc} - B_L - B_{Ash} - B_W \quad (7)$$

Waarin:  $B_p$  is de eiwitaanzet (kg/d)  
 $G$  is de groei (kg/d)  
 $f_{sc}$  is de correctiefactor voor toename maagdarminhoud (-)  
 $B_L$  is de vetaanzet (kg/d)  
 $B_{Ash}$  is de as-aanzet (kg/d)  
 $B_W$  is de wateraanzet (kg/d)

Vergelijking 6 kan herschreven worden zodanig dat de vetaanzet berekend kan worden uit de overige variabelen:

$$B_L = (ME_{prod} - B_p \cdot \frac{E_p}{k_p}) / (\frac{E_L}{k_L}) \quad (8)$$

Waarin:  $B_L$  is de vetaanzet (kg/d)  
 $ME_{prod}$  is de metaboliseerbare energie beschikbaar voor groei (MJ/d)  
 $B_p$  is de eiwitaanzet (kg/d)  
 $E_p / E_L$  energie in eiwit en vet (MJ/kg)  
 $k_p$  en  $k_L$  efficiëntie-coëfficiënten voor eiwit- en vetaanzet, rest wordt omgezet in warmte (MJ/MJ)

De groei ( $G$ ) kan bepaald worden uit de groeicurve (paragraaf 2.1). De toename van de maagdarminhoud ( $f_{sc}$ ) is afhankelijk van de leeftijd van de kuikens en is een bepaald percentage van de groei (Hancock et al., 1995); voor het groeitraject van 0-3d, 4-10d, 11-17d, 18d-eind/afleveren zijn deze percentage respectievelijk 1,68, 3,94, 5,91 en 7,59%. Volgens Gous et al. (1999) is de as-aanzet een vast percentage van de eiwitaanzet, namelijk 16,5%.

$$B_{Ash} = 0,165 B_p \quad (9)$$

Waarin:  $B_{Ash}$  is de as-aanzet (kg/d)  
 $B_p$  is de eiwitaanzet (kg/d)

Er is ook min of meer een vaste relatie tussen de eiwitaanzet en de aanzet van water. Volgens Gous et al. (1999) betreft dit een log-lineaire relatie die beschreven kan worden met de volgende formule:

$$B_{W-ratio} = \exp(A + B \cdot B_p) \quad (10)$$

Waarin:  $B_{W-ratio}$  is de verhouding tussen water- en eiwitaanzet (-)  
 $B_p$  is de eiwitaanzet (kg/d)

Volgens Aarnink et al. (2016) kan de verhouding tussen de wateraanzet en de eiwitaanzet als volgt worden berekend:

$$B_{W-ratio} = A + C / (1 + \exp(-B * (\log(Dagnr) - M))) \quad (11)$$

Waarin:  $B_{W-ratio}$  is de verhouding tussen water- en eiwitaanzet (-);  $A = 1,405$ ,  $B = -1,920$ ,  $C = 5,277$ ,  $M = 2,885$

Op basis van bovenstaande berekeningen kan de warmteproductie worden bepaald met formule 2.

## 2.3 CO<sub>2</sub> productie

Volgens Pedersen et al. (2008) is de CO<sub>2</sub>-productie op stalniveau voor vleeskuikens gelijk aan 0,180 m<sup>3</sup>/uur per 'hpu' voor vleeskuikens lichter dan 0,5 kg en 0,185 m<sup>3</sup>/uur per 'hpu' voor vleeskuikens zwaarder dan 0,5 kg. Deze 'hpu' staat voor 'heat production unit' en dit is de warmteproductie door het dier in kW (kilo-Watt). Hierbij wordt rekening gehouden met een geringe CO<sub>2</sub>-productie uit de strooiselmest (ca. 8%).

---

## 2.4 Uitgangspunten simulaties

Voor simulatie van de warmte- en CO<sub>2</sub> producties van de snelgroeiende en de trager groeiende vleeskuikens zijn de groei en voeropnames betrokken uit de volgende documenten:

Snelgroeiende vleeskuikens:

- De 'Performance objectives' 2014 van Ross 308 vleeskuikens (Aviagen, 2014).

Trager groeiende vleeskuikens:

- 'Kip van morgen' concept; Normen Hubbard JA 257 (Hubbard, 2018)

Voor de voersamenstellingen is de volgende info gebruikt:

Snelgroeiende vleeskuikens:

- Dezelfde voersamenstelling als gebruikt is in het onderzoek zoals beschreven in Aarnink et al. (2016).

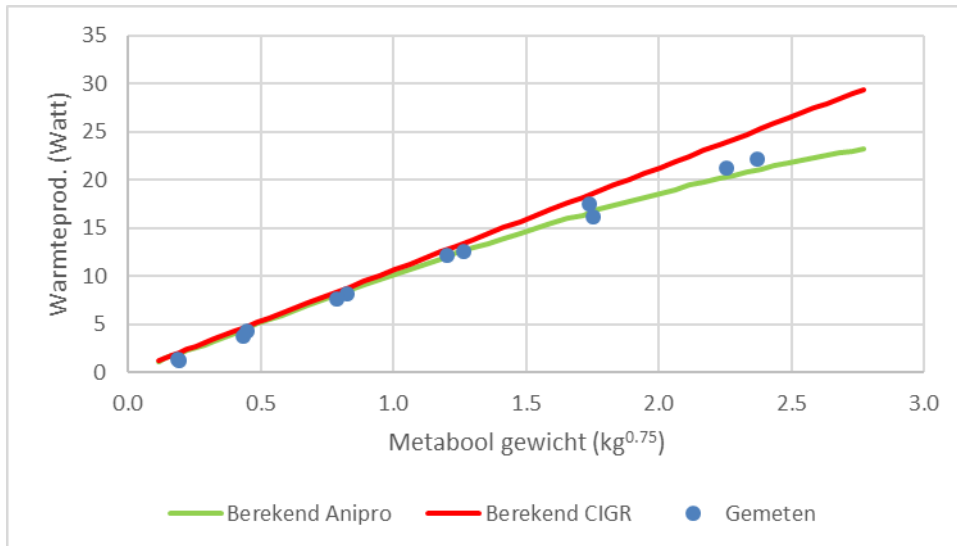
Trager groeiende vleeskuikens:

- (4 fasen) voer van 2015 van een commerciële voerleverancier voor Kip van Morgen (KvM) concept.

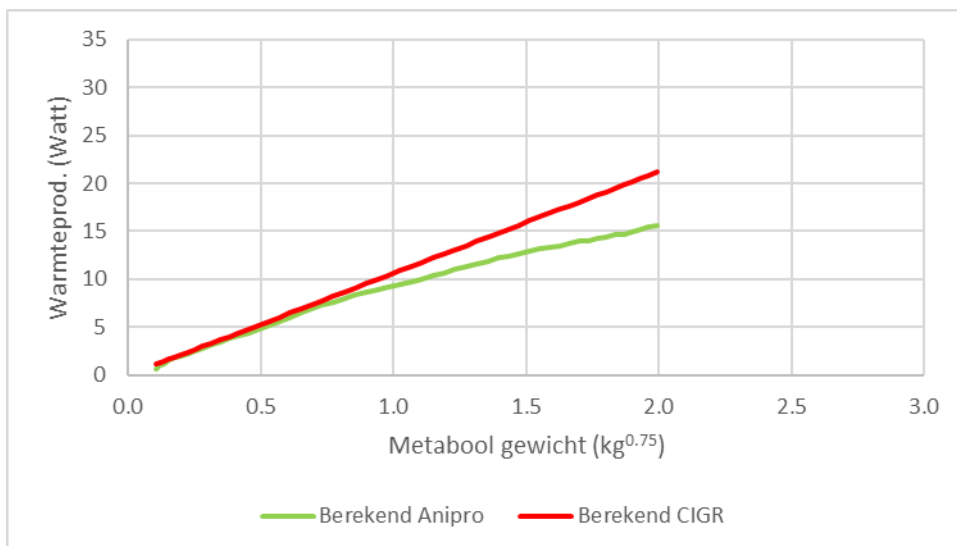


### 3 Resultaten simulaties

In figuur 3 en 4 worden de simulaties van de warmteproducties gegeven voor snelgroeiende en trager groeiende vleeskuikens in relatie tot het metabool gewicht van de vleeskuikens. Berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenmodel Anipro, met de formules zoals beschreven in hoofdstuk 2. Tevens zijn de berekende waarden met de CIGR formule weergegeven. Volgens de CIGR formule is de warmteproductie per kg metabool gewicht constant, namelijk 10,62 Watt.



**Figuur 3** Berekende warmteproductie in relatie tot het metabool gewicht van snelgroeiende vleeskuikens ( $W^{0.75}$ ;  $W$  in kg); berekeningen uitgevoerd met rekenmodel Anipro en CIGR formule; metingen komen uit het onderzoek van Ellen et al. (2015).

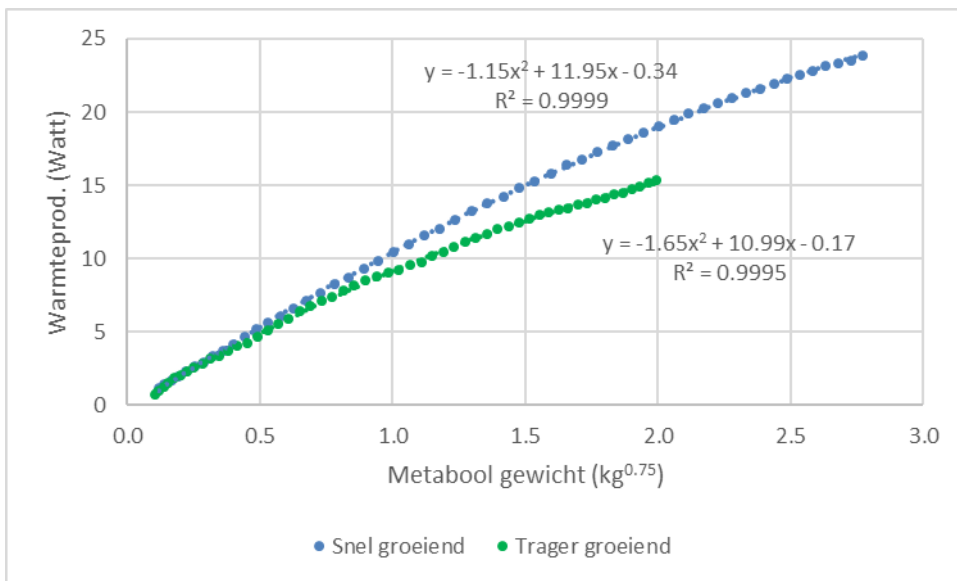


**Figuur 4** Berekende warmteproductie in relatie tot het metabool gewicht van trager groeiende vleeskuikens ( $W^{0.75}$ ;  $W$  in kg); berekeningen uitgevoerd met rekenmodel Anipro en CIGR formule; metingen komen uit het onderzoek van Ellen et al. (2015).

Uit figuur 3 blijkt dat de berekende warmteproducties met rekenmodel Anipro beter overeenkomen met de gemeten waarden dan de berekende waarden met de CIGR formule. In de eerste week zijn de relatieve verschillen met de gemeten waarden nog groot (Anipro ca. 45% en CIGR ca. 60%; absolute

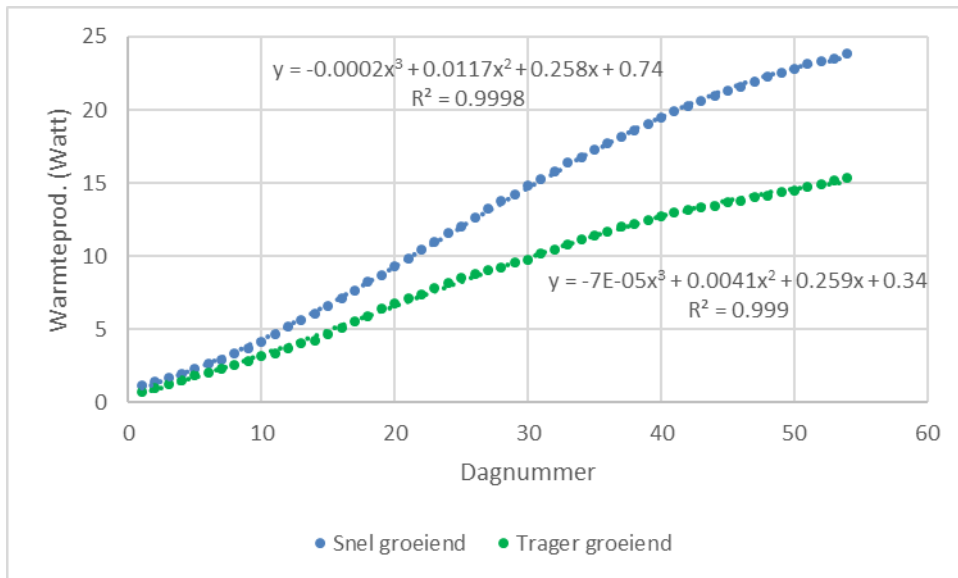
verschillen zijn echter klein), in week 2 is dit 10% voor beiden en in de 4 weken daarna is het verschil tussen de berekeningen met Anipro en de gemeten waarden kleiner dan 5%; voor de berekeningen met de CIGR formule zijn de verschillen met de gemeten waarden ca. 9% in week 3 en 4 en ca. 15% in weken 5 en 6. In figuur 4 worden de berekende warmteproducties in relatie tot het metabool gewicht weergegeven voor trager groeiende vleeskuikens. Hier zijn de verschillen tussen de berekende waarden met Anipro en CIGR vergelijkbaar als bij de snel groeiende vleeskuikens. Aan het eind van de groeiperiode lopen de verschillen echter iets hoger op (tot ca. 25%).

In figuur 5 worden de simulaties van de warmteproducties van snel en trager groeiende vleeskuikens gegeven in relatie tot het metabool gewicht en worden tevens de kwadratische regressielijnen gegeven. De berekende verschillen tussen trager groeiende en snel groeiende vleeskuikens zijn aan het begin van de groeiperiode, bij lichte kuikens, relatief gering. Dit verschil loopt geleidelijk op van een paar procent bij lichte kuikens (metabool gewicht:  $0,12 \text{ kg}^{0,75}$ ; gewicht  $0,059 \text{ kg}$ ) tot iets meer dan 20% bij vleeskuikens met een metabool gewicht van  $2,0 \text{ kg}^{0,75}$  (gewicht  $2,5 \text{ kg}$ ).



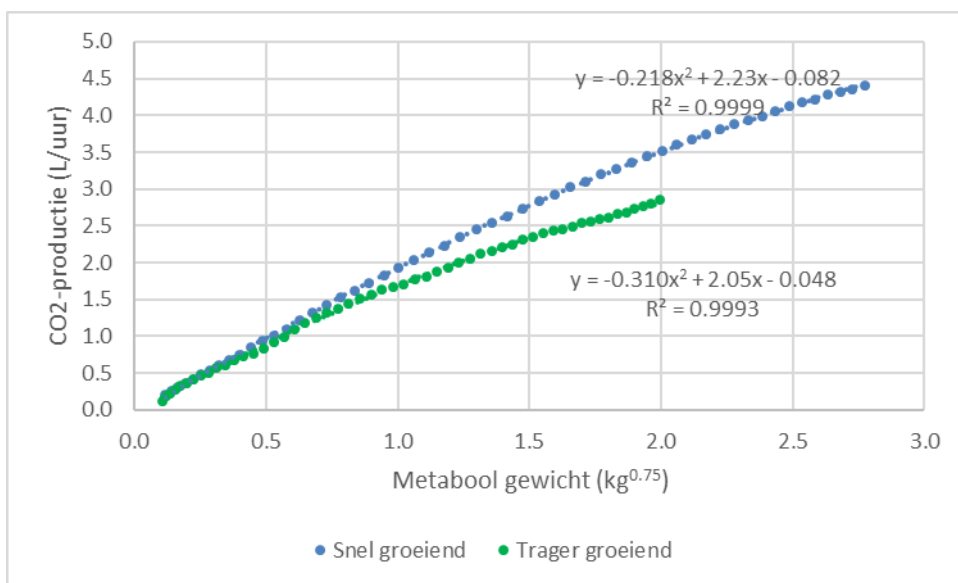
**Figuur 5** Berekende warmteproducties in relatie tot het metabool gewicht van snel en trager groeiende vleeskuikens ( $W^{0,75}$ ;  $W$  in  $\text{kg}$ ) met rekenmodel Anipro. Tevens zijn de kwadratische regressielijnen gegeven.

In figuur 6 wordt de relatie weergegeven tussen de warmteproductie en het dagnummer (dagen na opzet van de vleeskuikens). Hieruit blijkt dat op een bepaalde dag na opzet de trager groeiende vleeskuikens beduidend minder warmte produceren dan de snel groeiende vleeskuikens. Dit varieerde van ca. 25% in de eerste drie weken tot ruim 30% in de laatste week van de groeiperiode van bijna 8 weken.

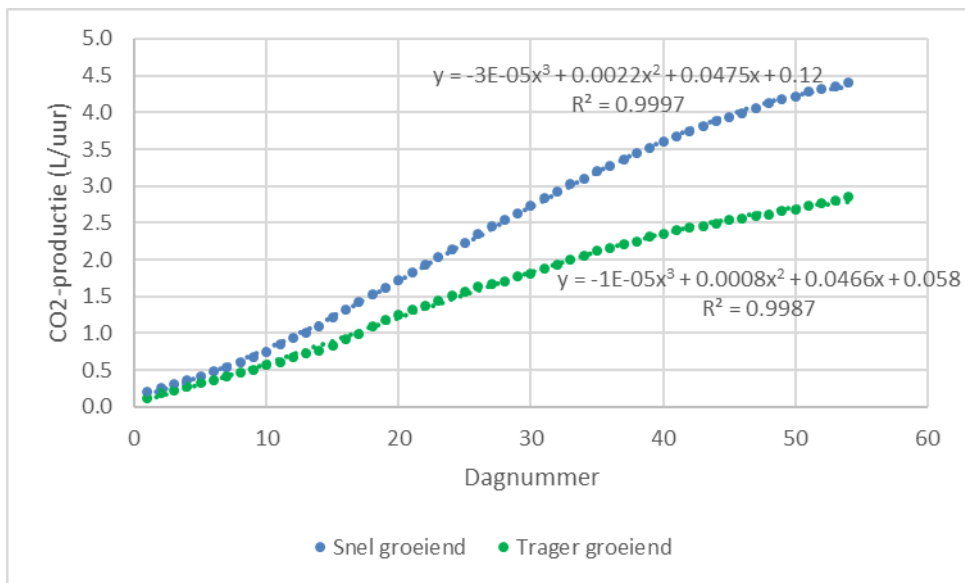


**Figuur 6** Relatie tussen warmteproductie (Watt) en dagnummer (dagen na opzet van de vleeskuikens) bij snel groeiende en trager groeiende vleeskuikens. Tevens zijn de kubische regressielijnen gegeven.

In figuren 7 en 8 worden respectievelijk de relaties weergegeven tussen het metabool gewicht en de CO<sub>2</sub>-productie en het dagnummer en de CO<sub>2</sub>-productie voor snel en trager groeiende vleeskuikens. Deze laten precies hetzelfde verloop zien als de relaties met de warmteproductie, aangezien voor de omrekening een constante factor wordt gebruikt (zie par. 2.3).



**Figuur 7** Relatie tussen CO<sub>2</sub>-productie (L/uur) en het metabool gewicht van snel en trager groeiende vleeskuikens ( $W^{0,75}$ ;  $W$  in kg) met rekenmodel Anipro. Tevens zijn de kwadratische regressielijnen gegeven.



**Figuur 8** Relatie tussen CO<sub>2</sub>-productie (L/uur) en dagnummer (dagen na opzet van de vleeskuikens) bij snel groeiende en trager groeiende vleeskuikens. Tevens zijn de kubische regressielijnen gegeven.

---

## 4 Discussie

Uit dit onderzoek blijkt dat trager groeiende vleeskuikens tijdens de groeiperiode beduidend minder warmte en CO<sub>2</sub> produceren dan hun snel groeiende soortgenoten. Dit varieerde van ca. 25 tot ca. 30% lager. Per kg metabool gewicht waren de berekende verschillen, vooral in het begin van de groeiperiode, beduidend geringer. Dit verschil liep geleidelijk op van een paar procent bij lichte kuikens tot 20% bij vleeskuikens van ca. 2,5 kg. De relatie tussen warmte- en CO<sub>2</sub>-productie aan de ene kant en het metabool gewicht aan de andere kant kan het best beschreven worden met een kwadratische curve. In de CIGR vergelijking is dit een lineaire regressielijn. Een lineaire lijn geeft vooral een overschatting in het begin en aan het eind van de groeiperiode, echter de CIGR regressielijn laat een overschatting zien van de warmte- en CO<sub>2</sub>-productie over de gehele range.

In het beschreven Anipro model in dit rapport zijn enkele aanpassingen gedaan voor berekening van de warmteproductie ten opzichte van het rapport van Aarnink et al. (2016). De rekenregels van Sakomura et al. (2005) zijn gebruikt in plaats van die van Lopez & Leeson (2008). Deze laatste auteurs schatten de benodigde metabolische energie voor onderhoud via een relatie met het diergewicht tot de macht 0,66, terwijl dit in het onderzoek van Sakomura et al. (2005) wordt gedaan via een relatie met het diergewicht tot de macht 0,75. Bij een macht van 0,66 daalt de benodigde energie voor onderhoud (te) sterk met een toename van het diergewicht. Dit kwam niet overeen met de gemeten waarden, daarom is voor de relatie van Sakomura et al. (2005) gekozen. Ook wordt door Sakomura et al. (2005) de energie-efficiëntie voor vetaanzet beduidend lager ingeschat dan door Lopez & Leeson (2008). Dit zorgt er ook voor dat de warmteproductie bij het zwaarder worden van de dieren minder snel daalt per kg metabool gewicht.

Er waren geen warmte- en/of CO<sub>2</sub>-productie data beschikbaar van trager groeiende vleeskuikens. Deze waren alleen beschikbaar voor snel groeiende vleeskuikens en dan ook nog zeer beperkt. We konden de gesimuleerde warmteproducties vergelijken met een onderzoek dat in 2015 is uitgevoerd in de respiratiecellen van Zodiac (Ellen et al., 2015). Gezien deze beperkte validatie en gezien het feit dat de gesimuleerde data van de trager groeiende vleeskuikens helemaal niet konden worden gevalideerd, wordt aanbevolen om aanvullende validatiemetingen te doen.

De vergelijking met de validatiemetingen laten zien dat de beschreven methode van het Anipro model beter lijkt dan de CIGR-methode die tot nu toe voor snel groeiende vleeskuikens is gebruikt. De verwachting is dat het nieuwe Anipro model de warmte- en CO<sub>2</sub>-producties ook bij trager groeiende vleeskuikens beter in kan schatten, aangezien dit model rekening houdt met de voeropname en voersamenstelling en met de groei en de groeisamenstelling van de dieren. Dit in tegenstelling tot de CIGR-methode die alleen rekening houdt met het (metabool) gewicht van de dieren. Er wordt daarom aanbevolen om voor inschatting van de warmte- en CO<sub>2</sub>-productie bij andere typen vleeskuikens een fundamenteel rekenmodel, zoals het Anipro model, te gebruiken. Zoals hiervoor aangegeven houdt dit model rekening met meerdere factoren. Eén van de belangrijkste factoren die de warmte- en CO<sub>2</sub>-productie bepalen is de opname aan metaboliseerbare energie. Deze wordt in het Anipro model berekend via de inputvariabelen voeropname en voersamenstelling. Een belangrijk verschil tussen snel en trager groeiende vleeskuikens is juist deze voeropname. Ook de voersamenstelling kan behoorlijke verschillen. Aangezien de CIGR-methode alleen rekening houdt met het metabool gewicht kunnen, zoals de resultaten hebben laten zien (figuur 4), behoorlijke verschillen optreden in de berekende warmte- en CO<sub>2</sub>-producties tussen beide rekenmethoden, tot wel 25% bij trager groeiende vleeskuikens van ca. 2,5 kg.

---

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Modelberekeningen laten zien dat trager groeiende vleeskuikens op een bepaalde dag na opzet 25 à 30% minder warmte en CO<sub>2</sub> produceren dan hun snel groeiende soortgenoten.
- Per kg metabool gewicht zijn de berekende verschillen tussen trager en snel groeiende vleeskuikens, vooral in het begin van de groeiperiode, relatief gering. Dit verschil loopt geleidelijk op van een paar procent bij lichte kuikens (ca. 50 g) tot iets meer dan 20% bij zware vleeskuikens (ca. 2,5 kg).
- De warmte- en CO<sub>2</sub>-producties zijn sterk afhankelijk van de voeropname en voersamenstelling. Voor berekening van de warmte- en CO<sub>2</sub>-producties van nieuwe typen vleeskuikens, zoals trager groeiende vleeskuikens, is het beter om een fundamenteel rekenmodel, zoals het Anipro model, waarin deze factoren worden meegenomen, te gebruiken. Van hier uit kunnen simpeler relaties, b.v. met het metabool gewicht, worden ontwikkeld.
- De veel gebruikte CIGR formule (lineaire relatie met metabool gewicht) geeft een overschatting van de warmteproductie in de gehele range van de groeiperiode, gemeten bij snel groeiende vleeskuikens.
- Alhoewel het nieuwe Anipro model nog niet gevalideerd kon worden met gemeten waarden bij trager groeiende vleeskuikens, is de verwachting, gebaseerd op metingen bij snel groeiende vleeskuikens, dat dit model betrouwbaar ingezet kan worden voor berekening van de CO<sub>2</sub>-productie bij trager groeiende vleeskuikens. De uit de modelresultaten ontwikkelde simpele kwadratische relatie met metabool gewicht ( $y = -0,31x^2 + 2,05x - 0,048$ ;  $R^2 = 0.999$ ), kan hier ook voor worden gebruikt.

De volgende aanbeveling wordt gedaan:

- Validatie van de CO<sub>2</sub>-productie module in het Anipro model met directe metingen aan trager groeiende vleeskuikens is gewenst.

---

# Literatuur

- Aarnink, A.J.A., Van Harn, J., Blanken, K., Ogink, N.W.M. 2016. Ontwikkeling van een rekentool om de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen te kunnen voorspellen [Development of a calculation tool to predict ammonia emission from broiler houses]. Wageningen Livestock Research, Rapport 990.
- Anonymous. 2011. Handboek voor de Pluimveehouderij. Praktijkonderzoek Veehouderij, Animal Sciences Group, Lelystad.
- CIGR. 2002. Heat and moisture production at animal and house levels. CIGR Working Group on Climatization of Animal Houses.
- Ellen, H., Aarnink, A.J.A., Van Harn, J. 2015. Juiste lucht voor kuikens [Right air for broilers]. in: Pluimveehouderij year 45, 27 February, Boerderij.
- Gous, R., Moran, E., Stilborn, H., Bradford, G., Emmans, G. 1999. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry Science*, 78(6), 812-821.
- Groenestein, C.M., Hol, J., Ellen, H. 2015. Beter leven en ammoniak. Wageningen UR Livestock Research. 1570-8616.
- Hancock, C., Bradford, G., Emmans, G., Gous, R. 1995. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. *British Poultry Science*, 36(2), 247-264.
- Kielanowski, J. 1965. Estimates of the energy cost of protein deposition in growing animals. *Proceedings of the 3rd Symposium on Energy Metabolism*. EAAP Publ. no. 11. Academic Press, London, UK. pp. 13-20.
- Lopez, G., Leeson, S. 2008. Aspects of energy metabolism and energy partitioning in broiler chickens. CABI.
- Ogink, N.W.M., Mosquera, J., Hol, J.M.G. 2017. Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a. Livestock Research. Rapport 1032.
- Pedersen, S., Blanes-Vidal, V., Joergensen, H., Chwalibog, A., Haeussermann, A., Heetkamp, M.J.W., Aarnink, A.J.A. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: a literature review. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal*, Manuscript BC 08 008, Vol. X.
- Sakomura, N., Longo, F., Oviedo-Rondon, E., Boa-Viagem, C., Ferraudo, A. 2005. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. *Poultry Science*, 84(9), 1363-1369.





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen Livestock Research Postbus 338  
6700 AH Wageningen  
T 0317 48 39 53  
E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl) [www.wur.nl/  
livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research)

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

