

Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 127

CO2-neutrale stallen

April 2008



ANIMAL SCIENCES GROUP

WAGENINGEN UR

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 onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs: H.H. Ellen, G.J. Kasper

Titel: CO₂-neutrale stallen
Rapport 127

Samenvatting

CO₂ ontstaat door de verbranding van fossiele brandstoffen. Via het energieverbruik draagt de veehouderij bij aan de emissie van CO₂. Verlaging van deze emissie is mogelijk door inzet van technieken die het verbruik verlagen. Ook zelf energie opwekken is een goede mogelijkheid de emissie van CO₂ te verlagen. Nieuwe stalconcepten en ontwikkelingen dragen soms wel soms niet bij aan de reductie van CO₂-emissie. Afstemming van de verschillende technieken om energieverbruik te verlagen en/of zelf op te wekken kan het meeste opleveren. Dit verdient daarom de meeste aandacht wat betreft (financiële) ondersteuning. Een CO₂-neutrale stal is dan te realiseren.

Trefwoorden: koolstofdioxide, broeikasgassen, emissies, milieu, energie



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Rapport 127

CO2-neutrale stallen

Inventarisatie CO2-emissie energieverbruik en reductiemogelijkheden

H.H. Ellen

G.J. Kasper

April 2008

Voorwoord

Het tegengaan van het broeikaseffect door het verminderen van de emissies van CO₂, CH₄, en N₂O uit de veehouderij staat volop in de belangstelling. Veel studies worden gedaan naar wat de bijdrage is vanuit de landbouw. Een goede indicatie van de directe en indirecte emissie van CO₂ door de verbranding van fossiele brandstoffen in de veehouderij was niet beschikbaar. Het ministerie van LNV heeft daarom aan ASG-Veehouderij gevraagd hier inzicht in te geven via een quick scan. Voor u ligt het resultaat. Ik hoop dat het een bijdrage levert aan de discussie met betrekking tot het verminderen van de diverse emissies in de veehouderij.

Ing. Hilko Ellen
Projectleider

Samenvatting

Het ministerie van LNV heeft ASG-Veehouderij gevraagd via een quick scan inzicht te geven in de emissie van CO₂ van veehouderijbedrijven door verbranding van fossiele brandstoffen en de mogelijkheden deze emissie te reduceren. Daarbij is alleen gekeken naar de emissies die door het veehouderijbedrijf zelf worden veroorzaakt, dus door het verbruik van energiebronnen als gas, diesel en elektriciteit.

Uitgedrukt in kg CO₂ per gemiddeld aanwezig dier per jaar varieert de emissie van 1,63 kg voor vleeskuikens tot 283 kg voor melkvee. Omgerekend naar een bedrijf is de emissie bij vleeskuikens het hoogst en die bij leghennen het laagst. Er tussen zit een factor 4. Als de emissie wordt uitgedrukt per kg afgeleverd product valt de verdeling weer anders: het laagst voor melkvee met 0,03 kg/kg melk en het hoogst voor zeugen met bijna 0,4 kg/kg big. Voor het reduceren van de CO₂-emissie zijn diverse technieken beschikbaar. Deze zijn allemaal gericht op het verminderen van het energieverbruik op het bedrijf. Technieken als een warmtewisselaar, opslag van warmte en koude in de grond zijn op korte termijn beschikbaar en ook rendabel. Een tweede stap in de 'Trias Energetica' is het duurzaam opwekken van energie. Hieronder vallen windmolens, biomassakachels, biogasinstallaties en mestvergassing. Alleen de laatste is nog in een experimenteel stadium. De andere zijn op praktijkschaal toepasbaar. De techniek van zonne-energie is ook bekend, alleen nog niet echt rendabel voor de veehouderij. Als toch fossiele energie nodig is op een bedrijf, kan het efficiënt inzetten een bijdrage leveren in het verlagen van de CO₂-emissie. Te denken valt daarbij aan het gebruik van een warmtepomp, zeker in combinatie met de opslag van warmte en koude in de grond.

Door de wensen ten aanzien van welzijn en milieu worden er in de diverse sectoren nieuwe stalconcepten ontwikkeld. Als het energieverbruik bij het ontwerp ook een issue is, is afname van de CO₂-emissie meestal een van de gevolgen. Wel is de kans aanwezig dat bij toepassing van veel stro in de stal meer emissies hieruit gaan ontstaan. Concepten die duidelijk een bijdrage leveren aan het verlagen van de CO₂-emissie zijn onder andere de Comfort Class voor vleesvarkens, Outdoorsystemen voor zeugen en het TerraSea voor vleeskuikens.

Andere ontwikkelingen in de veehouderij zoals biologische houderij, megabedrijven en zomerstalvoeding geven niet direct een afname van de CO₂-emissie. Soms zelfs een toename, bijvoorbeeld als voor het voldoen aan de ammoniak- en fijnstof wetgeving een luchtwasser wordt geplaatst. Door het hogere energieverbruik neemt de CO₂-emissie toe.

In diverse onderzoeksprojecten binnen ASG is aandacht voor het broeikaseffect. Veelal is dat niet direct gericht op de CO₂-emissie, maar meer op de emissies van methaan en lachgas. Deze twee gassen hebben een veel grotere bijdrage aan de problematiek vanuit de veehouderij.

Door het opwekken van energie op het veehouderijbedrijf zelf is dit CO₂-neutraal te maken. Om het toepassen te stimuleren zal vooral financiële ondersteuning nodig zijn. De technieken zijn veelal breed bekend. Het goed op elkaar afstemmen om optimaal rendement te halen is het belangrijkste aandachtspunt voor de komende jaren.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Afbakening	1
1.4	CO ₂ -equivalenten	1
2	Verbruik fossiele energie en CO₂-emissie in de veehouderij	3
2.1	CO ₂ -emissie per energiebron	3
2.2	Melkvee	3
2.3	Zeugen	3
2.4	Vleesvarkens	5
2.5	Leghennen	5
2.6	Vleeskuikens	5
2.7	Overzicht emissies per diercategorie	7
3	Verminderen CO₂-emissie	9
3.1	Beperken energievraag	9
3.2	Inzet duurzame energie	11
3.3	Energie efficiënt gebruiken	13
4	Effect nieuwe stalontwerpen en ontwikkelingen	15
4.1	Nieuwe stalontwerpen melkvee	15
4.2	Nieuwe stalontwerpen zeugen	17
4.3	Nieuwe stalontwerpen vleesvarkens	17
4.4	Nieuwe stalontwerpen leghennen	17
4.5	Nieuwe stalontwerpen vleeskuikens	19
4.6	Ontwikkelingen in de sectoren	21
5	Inventarisatie huidig onderzoek met CO₂-beperkende maatregelen	23
6	Toepassing technieken; CO₂-neutraal haalbaar?	25
	Bijlagen	26
	Bijlage 1 CO ₂ -productie per diercategorie	26
	Literatuur	27

Uitgangspunten

- Alleen CO₂
- Alleen emissies uit stallen voor;
 - melkvee
 - varkens: zeugen en vleesvarkens
 - pluimvee: leghennen en vleeskuikens
- CO₂-productie van dieren is kleine kringloop
- Omrekenfactoren;
 - 1 m³ gas = 1,78 kg CO₂
 - 1 kWh = 0,57 kg CO₂
 - 1 liter diesel = 2,63 kg CO₂

Achtergrond

Broeikasgassen:

- | | | |
|-------------------------------------|----------------|-----|
| ■ CO ₂ (koolstofdioxide) | wegingsfactor: | 1 |
| ■ CH ₄ (methaan) | wegingsfactor: | 21 |
| ■ N ₂ O (lachgas) | wegingsfactor: | 310 |

CO₂ equivalenten

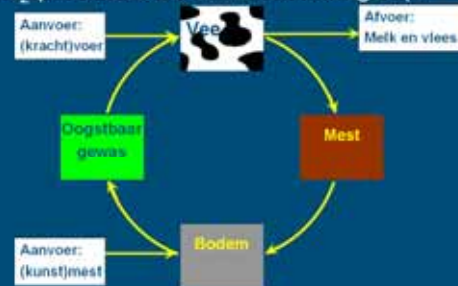
Bijdrage veehouderij

Emissies per jaar in 10⁹ ton CO₂ eq

- CO₂: Totaal 24,0 → Veehouderij 0,16 (< 1%)
- CH₄: Totaal 5,9 → Veehouderij 2,2 (37%)
- N₂O: Totaal 3,4 → Veehouderij 2,2 (65%)

Bron: FAO, 2006.

CO₂-productie dieren: 'kleine kringloop'



Definities (1)

- Directe CO₂-emissie:
 - CO₂ door verbranding fossiele brandstoffen op bedrijf zelf;
 - trekkerbrandstof (diesel)
 - verwarming gebouwen (gas, HBO)
 -
- Indirecte CO₂-emissie:
 - CO₂ van verbranding fossiele brandstoffen voor opwekking van elektriciteit, verbruikt op het bedrijf;
 - verlichting
 - ventilatie
 -

Definities (2)

- Niet meegenomen in deze studie:
 - CO₂-emissie afkomstig van;
 - produceren en transport van voer/strooisel
 - produceren en transport van kunstmest
 - verzorgen grasland/voederwinning (mesten, maaien, drogen, enz.)
 - afvoer dieren en producten
 - verwerken producten tot consumeerbare producten
 - productie van stallen, inrichting en machines

Definities (2)

- Niet meegenomen in deze studie:
 - CO₂-emissie afkomstig van;
 - produceren en transport van voer/strooisel
 - produceren en transport van kunstmest
 - verzorgen grasland/voederwinning (mesten, maaien, drogen, enz.)
 - afvoer dieren en producten
 - verwerken producten tot consumeerbare producten
 - productie van stallen, inrichting en machines

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In wereldpolitiek, nationale politiek en maatschappij wordt steeds meer aandacht gevestigd op vermindering van emissies en dan vooral broeikasgasemissies (CO₂, CH₄ en N₂O). Voor Nederland gelden er doelstellingen voor het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen. Het Ministerie van LNV vindt dat de agrosector een voorhoedepositie moet behouden. Dit betekent dat emissie vermindering ook in deze sector nodig zal moeten zijn. Naast de CO₂-neutrale stad zal ook de CO₂-neutrale stal nagestreefd moeten worden.

1.2 Doel

De doelstelling van deze Quickscan-studie is te beschrijven met beantwoording van de onderstaande vragen.

1. Inventariseren van directe en indirecte CO₂-emissie van huidige stalsystemen in melkveehouderij en intensieve veehouderij.
2. (Mogelijkheden tot) Verminderen van directe en indirecte CO₂-emissie van huidige stalsystemen in melkveehouderij en intensieve veehouderij.
3. Inventarisatie van huidig onderzoek waarbij rekening wordt gehouden met CO₂-beperkende maatregelen.
4. Effect van mogelijke CO₂-besparingen op NH₃-emissie, fijn stof, dierenwelzijn en –gezondheid
5. Technieken noemen die CO₂-emissie beperken en op korte termijn toepasbaar zijn
6. Technieken die wel beschikbaar zijn, maar op korte termijn nog niet toepasbaar. Graag redenen noemen. Kan LNV subsidie beschikbaar stellen?
7. Mogelijkheden en beperkingen van CO₂-emissie van een aantal nieuwe ontwerpen (varkensflat, nieuw gemengd bedrijf, megastallen) noemen
8. Welke technieken perspectiefvol (2010-2015) ?
9. Welke sleuteltechnologieën spelen daarbij een rol ?

1.3 Afbakening

In deze studie is alleen het energieverbruik op het primaire bedrijf meegenomen. Dus alleen het verbruik van (aard-)gas, elektriciteit en diesel, nodig voor de huisvesting en verzorging van de dieren. Voor de melkveehouderij komt daar bij de winning van melk, reiniging van de melkwinningsapparatuur en koeling van de melk op het bedrijf.

Voor de melkveehouderij is geen rekening gehouden met CO₂-vastlegging door gewassen (bijv. gras en maïs) en CO₂-emissie als gevolg van diesel- en elektriciteitsverbruik t.b.v. van teelt en oogst van gras en voedergewassen. Ook is geen rekening gehouden met de energie (en dus CO₂-emissie) die nodig is voor de productie en het transport van veevoer, kunstmest en de energie (en dus CO₂-emissie) voor transport van melk.

Voor de varkenshouderij en pluimveehouderij geldt dat geen rekening is gehouden met de energie (en dus CO₂-emissie) die nodig is voor de productie en het transport van veevoer en dieren.

Tot slot is geen rekening gehouden met de CO₂-productie door de dieren. Er wordt van uit gegaan dat deze productie afkomstig is van het voer dat de dieren opnemen en dat de geproduceerde CO₂ weer wordt opgenomen door planten. Dit wordt de 'kleine kringloop' genoemd.

1.4 CO₂-equivalenten

CO₂ is een van de broeikasgassen. Andere door de veehouderij geproduceerde zijn methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). Deze gassen hebben niet alle een even sterk effect op het broeikas effect. Het wordt uitgedrukt in zogenaamde CO₂-equivalenten, waarbij voor één kg CO₂ de factor 1 geldt. Voor 1 kg methaan geldt een wegingsfactor 21 en voor 1 kg lachgas de wegingsfactor 310. CO₂-emissie uit de veehouderij draagt voor minder dan 1% bij aan de totale CO₂-emissies. Voor methaan is de bijdrage bijna 40% en voor lachgas 65%. Hieruit blijkt dat CO₂ uit de veehouderij slechts een klein aandeel heeft aan de totale problematiek van broeikasgassen.



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN

2 Verbruik fossiele energie en CO₂-emissie in de veehouderij

2.1 CO₂-emissie per energiebron

Voor de inventarisatie van de directe en indirecte CO₂-emissie van de huidige stalsystemen is onderscheid te maken tussen de CO₂-emissies van aardgas, diesel en elektriciteit. Daarvoor is nodig het volumeverbruik van de fossiele energiebronnen te weten. Voor de omrekening van deze energiebronnen naar kg CO₂ gelden de omrekeningsfactoren die weergegeven zijn in tabel 1.

Tabel 1 Omrekeningsfactoren van fossiele energiebronnen naar CO₂-emissie

Energiebron	Eenheid	Energie-inhoud (MJ/eenh)	Specifieke emissiefactor (kg CO ₂ /MJ)	CO ₂ -emissie (kg/eenheid energiebron)
Aardgas	m ³	31,65 ¹	0,056 ²	1,7724
Diesel	l	36 ²	0,073 ²	2,628
Elektriciteit	kWh	3,6 ²		0,566

2.2 Melkvee

Uit het volumeverbruik per gemiddeld aanwezige melkkoe en de berekende getallen voor CO₂ per fossiele energiebron van tabel 1 is tabel 2 ontstaan.

Tabel 2 Verbruik en CO₂-emissie van elektriciteit en diesel in de melkveehouderij per gemiddeld aanwezige melkkoe

Energiebron per eenheid	Verbruik (€/gad)	Verbruik (eenheid/gad)	CO ₂ -emissie (kg/eenheid energiebron)
Elektriciteit (kWh)	55 ³	314,3	177,9
Gas (m ³)		39,7 ¹⁰	105
<i>Diesel (l)*</i>	<i>24,6³</i>	<i>61,4</i>	<i>161,3</i>
Totaal			283

* Emissie niet meegenomen in berekening totaal, omdat dieselverbruik moeilijk toe te schrijven is aan de stal

In de afbakening van het project is aangegeven dat de CO₂-emissie veroorzaakt door voederwinning en graslandverzorging niet is meegenomen in de totale emissies.

Bij de berekening van genoemde cijfers is uitgegaan van een melkveebedrijf met een gemiddelde melkproductie van 8.500 kg per melkkoe. Dit betekent per aanwezige melkkoe een emissie van 0,03 kg CO₂ per kg melk. Afhankelijk van minerale grond of veengrond bedraagt de emissie van methaan en lachgas per aanwezige melkkoe respectievelijk 0,8 of 1,3 kg CO₂-equivalenten per kg melk⁴. Dit betekent dat de directe en indirecte CO₂-emissie 2,3 - 3,6% uitmaakt van de totale emissie aan broeikasgassen per aanwezige melkkoe. De emissies naar de lucht waren in een andere studie¹: 9,4 kg N₂O, 190,5 kg CH₄ en 180 kg CO₂. Naar CO₂-equivalenten omgerekend betekent dit dat de directe en indirecte CO₂-emissie 4,5 % van de totale broeikasgasemissie is.

2.3 Zeugen

Tabel 3 Verbruik en CO₂-emissie van aardgas en elektriciteit in de zeughouderij per gemiddeld aanwezige zeug

Energiebron per eenheid	Verbruik (€/gad/jr)	Verbruik (eenheid/gad/jr)	CO ₂ -emissie (kg/eenheid energiebron/jr)
Elektriciteit (kWh)	35 ³	200	113,2
Gas (m ³)	41 ³	68,1	120,7
Totaal			234

Per gemiddeld aanwezige zeug wordt per jaar aan emissie uitgestoten: 234 kg CO₂ (elektriciteit- en aardgasverbruik bedrijf). Bij een biggenproductie van 24,5 stuks van 25 kg per gemiddeld aanwezige zeug, is de CO₂-emissie 0,038 kg per kg afgeleverd product.



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Voor de lachgasemissie van zeugen is geen literatuur aanwezig⁵. Eveneens geldt dit voor de methaanemissie.

2.4 Vleesvarkens

Tabel 4 Verbruik en CO₂-emissie van aardgas en elektriciteit in de vleesvarkenhoudery per gemiddeld aanwezig vleesvarken

Energiebron per eenheid	Verbruik (€/afgeleverd varken)	Verbruik (eenheid/gad/jr)	CO ₂ -emissie (kg/eenheid energiebron/jr)
Elektriciteit (kWh)	1,1 ³	19,2	10,85
Gas (m ³)	1,1 ³	5,6	9,87
Totaal			20,7

Per gemiddeld aanwezig vleesvarken wordt per jaar aan emissie uitgestoten: 20,7 kg CO₂ (elektriciteit- en aardgasverbruik bedrijf). Bij een gemiddeld geslacht gewicht van 91 kg en 3,05 afgeleverde varkens per varken per jaar, is de CO₂-emissie 0,08 kg per kg afgeleverd product.

In literatuur zijn waarden gevonden voor de emissies van 0,018 tot 0,11 kg N₂O^{5,6} en 0,94 tot 4,8 kg CH₄^{6,7}.

Omgerekend naar CO₂-equivalenten wordt dan aan directe en indirecte CO₂-emissie op het bedrijf 11,4% van de totale broeikasgasemissie van een vleesvarkensbedrijf uitgestoten.

2.5 Leghennen

Tabel 5 Verbruik en CO₂-emissie van aardgas en elektriciteit in de leghennenhoudery per gemiddeld aanwezig leghen

Systeem	Energiebron per eenheid	Verbruik (€/hen/ronde)	Verbruik (eenheid/gad/jr)	CO ₂ -emissie (kg/eenheid energiebron/jr)
Batterij	Elektriciteit (kWh) gas (m ³)	0,42 ³	2,1	1,18
Volière/ scharrel	Elektriciteit (kWh) gas (m ³)	0,33 ³	1,6	0,91
	Totaal			2,09

In leghennenstallen wordt geen verwarming toegepast. Daarom is er alleen indirecte emissie van CO₂ door het verbruik van elektriciteit. Bij een productie van 17,2 kg eieren (of 275 stuks) per jaar, is de CO₂-emissie 0,06 kg per kg afgeleverd product (of 0,003 kg per ei).

De N₂O-emissie is 0,1% van de aanwezige stikstof in de mest (p.16, 99 en 100, Oenema et al., 2000). Dit komt overeen met 0,68 g/dp/jr N₂O-emissie voor dieptstallen, mestbandbatterijen met droging en volièrestallen.

Voor de overige stallen zoals gedeeltelijk rooster, volledig rooster, NH₃-arme grondhuisvesting wordt 0,88 g/dp/jr aan N₂O-emissie uitgestoten. Over emissie van methaan uit stallen voor leghennen zijn geen waarden bekend. Op basis van bovenstaande is de CO₂-emissie uit een batterij en volièrestal ongeveer 91% van de totale broeikasgasemissie. Voor een scharrelstal is dat ongeveer 88,5%.

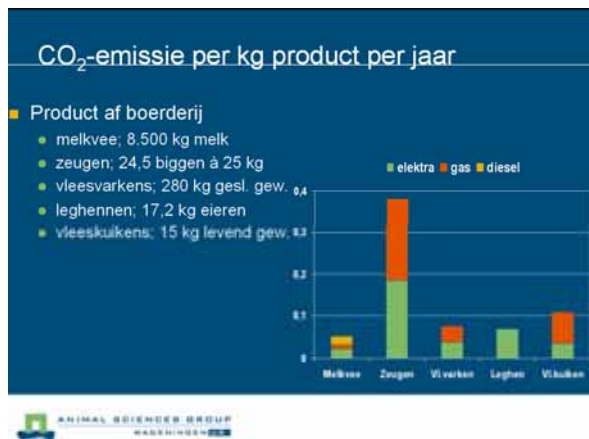
2.6 Vleeskuikens

Tabel 6 Verbruik en CO₂-emissie van aardgas en elektriciteit in de vleeskuikenhoudery per gemiddeld aanwezig vleeskuiken (systeem: traditioneel)

Energiebron per eenheid	Verbruik (€/cent/opgehokt kuiken/ronde)	Verbruik (eenheid/gad/jr)	CO ₂ -emissie (kg/eenheid energiebron/jr)
Elektriciteit (kWh)	2,4 ³	0,93	0,53
Gas (m ³)	5,51 ³	0,62	1,10
Totaal			1,63

De berekende CO₂-emissie per gemiddeld aanwezig vleeskuiken is 1,63 kg. Bij een aflevergewicht van 2,15 kg en 7 mestronden per jaar, is dit omgerekend een CO₂-emissie van ongeveer 0,1 kg per kg afgeleverd product.

Bij vleeskuikens is N₂O-emissie is 0,1% van de aanwezige stikstof in de mest. (p. 99 en 100, Oenema et al., 2000). Dit komt overeen met 0,54 g/dp/jr N₂O-emissie. Ook bij vleeskuikens is niets bekend over de emissie van methaan. De CO₂-emissie is dan omgerekend ongeveer 91% van de totale emissie van broeikasgassen.



2.7 Overzicht emissies per diercategorie

Als uitgegaan wordt van gemiddelde bedrijfsgroottes die per volwaardige arbeidskracht (vak) uitgeoefend kunnen worden, dan gelden de bedrijfsgroottes vermeld in tabel 7. Verder is in tabel 7 de berekende hoeveelheid CO₂ (in kg/bedrijf/jaar) weergegeven veroorzaakt door verbruik van elektriciteit, gas en diesel, evenals de totale emissie per bedrijf per jaar. Voor het aantal dieren is uitgegaan van de omvang van een Nederlands gezinsbedrijf, wat overeenkomt met ongeveer 1,3 VAK (Volwaardige ArbeidsKracht).

Tabel 7 CO₂-emissie per fossiele energiebron per bedrijfstype per jaar en totale CO₂-emissie per bedrijfstype per jaar

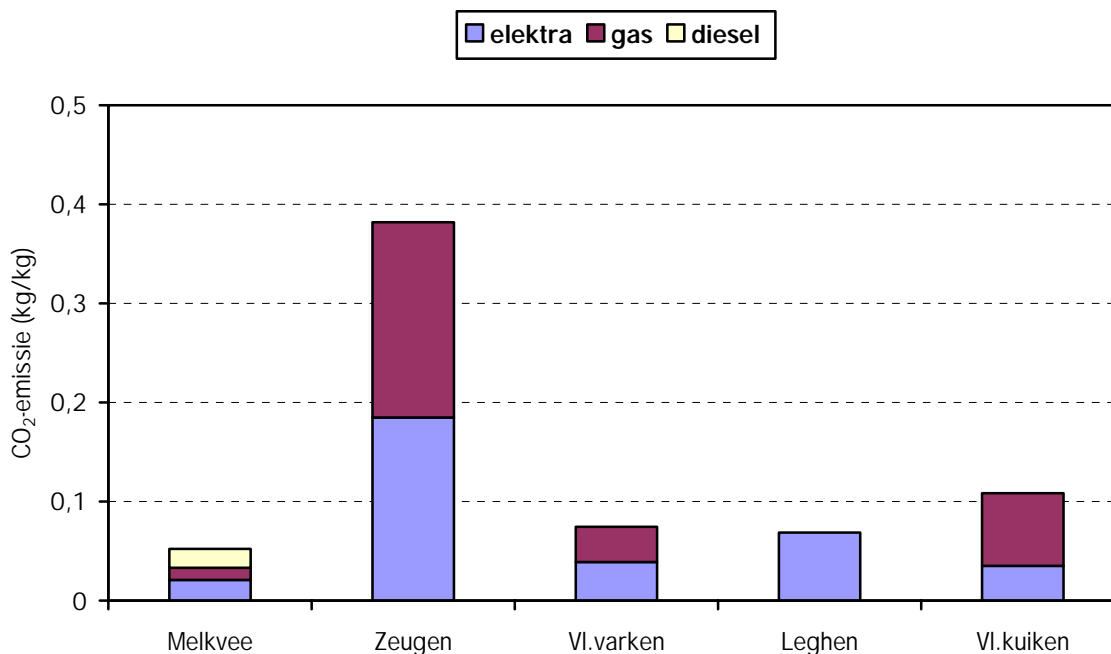
Bedrijfstype	Aantal dieren per bedrijf	kg CO ₂ /bedrijf/jaar afkomstig van			Totaal in kg CO ₂ /bedrijf/jaar
		Elektriciteit	Gas	Diesel	
Melkvee zonder jongvee	100	17.789	10.500	16.132	44.421
Zeugen, incl. biggen tot 25 kg	350	39.620	42.235		81.855
Vleesvarkens	3.000	32.553	29.623		62.176
Leghennen batterij	75.000	88.328			88.328
Leghennen volière	40.000	36.494			36.494
Vleeskuikens	90.000	47.270	98.577		145.847

Uit de berekende emissies per bedrijf valt op dat er grote verschillen zijn. De emissie van een vleeskuikenbedrijf is ruim 3x hoger dan van een melkveebedrijf. De oorzaak hiervan is het verbruik van gas voor het verwarmen van de stallen.

De totale emissie van CO₂ uit de stallen komt overeen met de emissie van 5 tot 20 huishoudens in Nederland, op basis van het gemiddelde verbruik van elektriciteit en gas.

Een andere mogelijkheid om te vergelijken is de CO₂-emissie per kg afgeleverd product te berekenen. In de vorige paragrafen zijn deze al genoemd. In figuur 1 zijn de emissies per kg afgeleverd product weergegeven. In deze vergelijking is de CO₂-emissie in de zeugenhouderij het hoogst. De andere sectoren zijn vergelijkbaar.

Figuur 1 CO₂-emissie per kg afgeleverd product



Reductie energieverbruik

Trias Energetica



3 Efficiënte installaties
2 Duurzaam opwekken
1 Vraag beperken

 ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGeningenUR

Toelichting maatregelen (belangrijkste)

- Verlichting
 - keuze lamptype; LED-verlichting?
 - meer daglicht
 - minder indirecte CO₂-emissie
- Warmte/koude-opslag
 - geen directe verbranding
 - lager ventilatieniveau
 - minder directe CO₂-emissie
 - minder indirecte CO₂-emissie

 ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGeningenUR

Toelichting maatregelen (belangrijkste)

- Warmtewisselaar
 - hergebruik warmte bij:
 - afkoelen melk / opwarmen reinigingswater
 - minder indirecte CO₂-emissie
 - verwarmen stal
 - minder directe CO₂-emissie

 ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGeningenUR

3 Verminderen CO₂-emissie

Voor het bereiken van een zo duurzaam mogelijke energievoorziening heeft de TU Delft een strategie ontwikkeld, die ook bekend staat onder de term 'Trias Energetica'. Het begrip werd in 1996 geïntroduceerd door Novem. Als strategie is dit uitgewerkt door TU Delft, waardoor er nadruk kwam te liggen op de volgorde van de opeenvolgende stappen.

1. Beperk de energievraag (goed geïsoleerd en luchtdicht bouwen, warmteterugwinning).
2. Gebruik duurzame energiebronnen (bodemwarmte, zonne-energie, wind, etc.)
3. Gebruik eindige energiebronnen efficiënt (hoog rendement).

Bij de stappen worden eerst zoveel mogelijk maatregelen uit stap 1 genomen. Wanneer dit niet meer verantwoord gedaan kan worden, dan worden zoveel mogelijk maatregelen genomen uit stap 2 en tenslotte een eventuele restvraag met stap 3.

3.1 Beperken energievraag

Maatregelen die genomen kunnen worden om de energievraag te beperken (stap 1), staan vermeld in tabel 8. Een aantal hiervan worden daarna toegelicht.

Tabel 8 Maatregelen die in veestallen genomen kunnen worden om de energievraag te beperken

	Melkvee	Zeugen	Vleesvarkens	Leghennen batterij	Leghennen volière	Vleeskuikens
Isoleren		x	x			x
Licht	x	x	x	x	x	x
Warmte/koude-opslag		x				x
Frequentieregelaar	x	x	x	x	x	x
HR-ketel		x				x
Luchtkoeling		x	x	x	x	x
Warmtewisselaar	x	x	x			x
Ventilatietechniek		x	x	x	x	x
Microklimaat		x	x			x
Warmte rondpompen		x	x			x

Frequentieregelaars, die de snelheid of het toerental van een apparaat regelen, worden toegepast over een breed gebied in industrie en landbouw, zoals bijvoorbeeld voor het regelen van het toerental van ventilatoren en daarmee de luchtstroom in stallen of het regelen van de waterdoorstroming met behulp van de snelheid/ het toerental van pompen. Omdat in alle staltypen geventileerd wordt, zijn frequentieregelaars zinvol. Een frequentieregelaar kan tot 70% op het elektriciteitsverbruik besparen.

Bedrijven met zeugen, vleesvarkens en vleeskuikens zijn het meest gebaat bij maatregelen om isolatie, warmte/koude-opslag, microklimaat, een warmtewisselaar en warmte rondpompen toe te passen. Dit omdat bij deze bedrijfstypen het meeste gas wordt gebruikt voor verwarming. Bij warmte/koude-opslag wordt de teruggewonnen warmte tijdens het koelen in de zomer weer gebruikt op bij lage buitentemperaturen de stal te verwarmen. De warmte wordt meestal opgeslagen in een grondbed, of in het grondwater dieper in de grond. Deze techniek is uitstekend te combineren met een warmtepomp, waardoor geen andere verwarmingssystemen meer nodig zijn. De directe CO₂-emissie op een bedrijf is daarmee vervallen. Wel zal het elektriciteitsverbruik mogelijk toenemen. Dit wordt echter weer gecompenseerd door het koelen van de binnenkomende lucht, waardoor er minder wordt geventileerd.

Door met een microklimaat te werken hoeft een kleinere ruimte op een hoge(re) temperatuur gebracht en gehouden te worden. Dit geeft een besparing op gasverbruik. Dit laatste is ook het geval bij het gebruik van een warmtewisselaar. Het opwarmen van binnenkomende lucht met afgevoerde lucht kan bij vleeskuikens en zeugen tot 60% besparing op het gasverbruik betekenen.

Een laatste eenvoudige manier om warmte van de dieren te benutten is het rondpompen van water in de vloeren van hokken. Daarbij wordt warmte van zwaardere dieren afgevoerd en gebruikt om de vloer bij lichtere dieren op te warmen.

Toelichting maatregelen (belangrijkste)

- Windmolen
 - grootschalig (groepen van bedrijven)
 - bedrijfsniveau (zelfvoorzienend)
 - **minder indirecte CO₂-emissie**



- Houtkachel
 - ook andere brandstoffen (stro, Miscanthus)
 - hogere emissies fijn stof / NO_x
 - **minder directe CO₂-emissie**




Toelichting maatregelen (belangrijkste)

- Biogas
 - ook positief effect op methaanemissie
 - overschot aan warmte; symbiose?
 - **minder indirecte CO₂-emissie**
 - **minder directe CO₂-emissie**



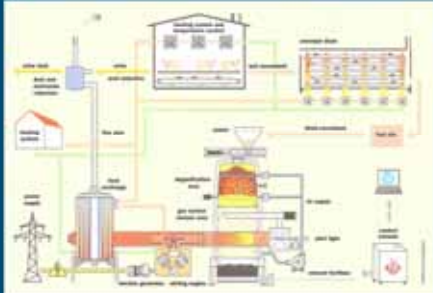
- Mestvergassing
 - vooral bij droge mest (scheiden/drogen)
 - overschot warmte?
 - **minder indirecte CO₂-emissie**
 - **minder directe CO₂-emissie**

→ meer info



Mestvergassing

(klik hier voor uitgebreide (Engelse) toelichting door leverancier. Druk op «Esc» om te stoppen.)




Toelichting maatregelen (belangrijkste)

- Zonne-energie
 - elektrisch; opwekken elektriciteit
 - **minder indirecte CO₂-emissie**



- thermisch; opwarmen water
- zowel tapwater als verwarming stallen
- combineren met WK-opslag
- **minder directe CO₂-emissie**




Bij stallen met geforceerde ventilatie is het nuttig te letten op de toegepaste ventilatietechniek. Dit zijn alle in tabel 8 genoemde staltypen, met uitzondering van melkveestallen. In de varkenshouderij zijn grondbuisventilatie, aanvoer via grondkanalen en koeling van ingaande lucht met (grond)waterkoeling de meest aantrekkelijke systemen voor koeling. Door koeling in de zomer kan de maximale ventilatiebehoefte bij zeugen met 50% worden verlaagd en hiermee verlaagd het gemiddelde ventilatieniveau en dus ook het elektriciteitsverbruik hiervoor. Door het betere stalklimaat kunnen de technische resultaten ook enigszins verbeteren⁸. De verwachting is dat dit ook in de pluimveehouderij met name geldt voor vleeskuikens.

3.2 Inzet duurzame energie

Wanneer de maatregelen om de energievraag te beperken genomen zijn, is daarna te denken aan het gebruik van duurzame energiebronnen. Een overzicht van de mogelijkheden staat in tabel 9.

Tabel 9 Gebruik van duurzame energiebronnen in veestallen voor reductie energieverbruik en CO₂-emissie

	Melkvee	Zeugen	Vleesvarkens	Leghennen batterij	Leghennen volière	Vleeskuikens
Windmolen	x	x	x	x	x	x
Biomassakachel		x				x
Biogas	x	x	x			
Mestvergassing	(x)*	(x)*	(x)*	x	x	x
Warmtepomp		x				x
Zon; elektrisch	x	x	x	x	x	x
Zon; thermisch	x	x				x

* Om mestvergassing hier mogelijk te maken moet de mest eerst worden gescheiden en gedroogd

Grote windmolens, maar vooral ook kleine windmolens zouden ingezet kunnen worden om goedkope duurzame energie op te wekken. Vooral bij bedrijfstypen die veel energie vragen (elektrisch en warmte) is dit interessant. Het elektriciteitsverbruik zou dan volledig gedekt kunnen worden door de productie van de molen. De indirecte CO₂-emissie is daarmee niet meer aanwezig.

Het voordeel van biomassakachels is dat CO₂ bespaard kan worden ten opzichte van fossiele energiebronnen. Hierbij is te denken aan kachels die hout (snippers of pellets) of een geteeld gewas (bijv. Miscanthus) als brandstof gebruiken. De directe CO₂-emissie van de verwarming voor de stallen is daarmee volledig te vervangen door hernieuwbare CO₂-emissie.

Het gebruik van biogas, dat als product uit vergisting van mest ontstaat, lijkt het meest interessant bij de melkvee- en varkenshouderij. Dit omdat runder- en varkensdrijfmest vergist worden in tegenstelling tot pluimveemest. Bij vergisting kan voldoende energie worden opgewekt om de behoefte van een bedrijf te dekken. Veelal is er zelfs een overschot aan warmte.

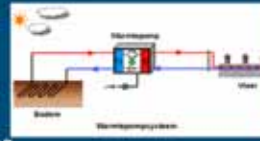
Mestvergassing wordt alleen toegepast bij mestsoorten met een hoger drogestofgehalte, zoals pluimveemest. Bij toepassing in runder- en varkensdrijfmest zal het drogestofgehalte eerst moeten worden verhoogd door scheiden en drogen. De vraag is of dit vanuit het oogpunt van energie interessant is. Als de energiebehoefte hiervoor gehaald kan worden uit het proces en/of de warmte uit de stallen, is het geheel CO₂-neutraal.

Veelbelovend zijn systemen die (veel) zonne-energie absorberen. Te denken is aan zonnecellen op daken. Mooier nog zou zijn om hiervoor gehele zonnedaken, gevels en erfverharding te gebruiken. Momenteel zijn er prototypes van de laatste systemen op de markt. Bij deze systemen is het vereist om te bouwen met speciale materialen die geschikt zijn om veel energie te absorberen en/of door te laten. Met andere woorden: het moeten systemen zijn met een hoge warmtegeleidingscoëfficiënt. De speciale materialen vereisen een minimale energie voor fabricage ten opzichte van de huidige bouwmaterialen.

Toelichting maatregelen (belangrijkste)

- Warmtepomp
 - verbruikt zelf elektriciteit
 - wel erg efficiënt
 - combineren met WK-opslag
 - **minder directe CO₂-emissie**

- Verlichting
 - LED (zie eerder)



Toelichting maatregelen (belangrijkste)

- WKK
 - meestal in combinatie met biogas
 - vervanger verwarmingsketel
 - overschot warmte?
 - **minder indirecte CO₂-emissie**



3.3 Energie efficiënt gebruiken

De 3^e stap van de Trias Energetica geeft de aanbeveling eindige efficiënte energiebronnen te gebruiken. Hieronder valt het gebruik van efficiënte installaties (tabel 10).

Tabel 10 Gebruik van efficiënte installaties voor reductie energieverbruik en CO₂-emissie

	Melkvee	Zeugen	Vleesvarkens	Leghennen batterij	Leghennen volière	Vleeskuikens
Warmtepomp		x				x
LED-verlichting	x			x	x	x
WKK		x				x
Nieuw type CV-ketel	x	x	x	x	x	x
Gedrag dieren						

Een warmtepomp is vooral goed toepasbaar in stallen met vloerverwarming. Hoewel een warmtepomp zelf veel elektriciteit verbruikt is er uiteindelijk een reductie van energieverbruik en daarmee van CO₂-emissie. Vooral als de warmtepomp wordt gecombineerd met de opslag van warmte en koude in de grond.

In stallen waar veel gebruik gemaakt wordt van verlichting (melkvee en pluimvee) zal toepassing van verlichting met een zuinig stroomverbruik moeten worden gestimuleerd, zoals LED-verlichting. De ontwikkeling van deze lampen gaat steeds verder en de betaalbaarheid van lampen met voldoende lichtopbrengst is binnen handbereik. Ook het gebruik van systemen van warmtekrachtkoppeling (WKK) zal moeten worden gestimuleerd, vooral bij die staltypen waarbij veel aardgas voor verbruikt. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met bedrijven die qua omvang voldoende groot zijn. Anders is clustering van bedrijven een optie voor aanschaf van één WKK. Een nieuw innovatief type CV-ketel is zinvol voor alle bedrijfstypen. In deze ketel wordt niet alleen warmte geproduceerd, maar ook elektriciteit. In totaal zal de energiebehoefte afnemen en daarmee neemt de CO₂-emissie ook af.

Tenslotte kan het gedrag van dieren een positief effect hebben op beperking van het energieverbruik. Te denken is aan het tegen elkaar aan gaan liggen van dieren (bijv. biggen), waarbij gebruik wordt gemaakt van elkaars lichaamswarmte. Eerder is wel eens gekeken naar de mogelijkheid dieren zelf elektriciteit op te laten wekken. Dit was echter niet haalbaar. De opbrengst was dermate laag dat hiermee niet verder is gegaan.

Nieuwe stalontwerpen

- Vanuit behoefte dieren
- Welzijn verbeteren is veelal uitgangspunt
- Zoveel mogelijk gebruik maken van natuurlijke hulpbronnen



Nieuwe stalontwerpen: melkvee

Natureluur (mobilele melkrobot)

- geen stal meer nodig?
- diesel voor aggregaat

?? kg/gad/jr

0 kg/gad/jr

550 kg/gad/jr



Nieuwe stalontwerpen: melkvee

Vrijloopstal

- meer kans op CO₂ en CH₄ uit strooisel

?? kg/gad/jr

0 kg/gad/jr



Nieuwe stalontwerpen: melkvee

Splitlevelstal

?? kg/gad/jr

0 kg/gad/jr



4 Effect nieuwe stalontwerpen en ontwikkelingen

Voor diverse veehouderijsectoren wordt nagedacht over nieuwe concepten om stallen in te richten. Veelal zijn deze initiatieven ontstaan op basis van de wens om dieren welzijnsvriendelijker te huisvesten. Daarbij wordt dan ook meestal nagedacht over hoe het energieverbruik kan worden beperkt en ook hoe emissies van ammoniak, geur en fijn stof in ieder geval binnen de huidige grenzen van de regelgeving blijven. Hierna zijn voor de voor dit onderzoek relevante diergroepen enkele ontwikkelingen geschetst, met daarbij het effect op de CO₂-emissie.

4.1 Nieuwe stalontwerpen melkvee

Robotmelken

Stallen waarbij gemolken wordt met de melkrobot blijken niet meer energie te gebruiken dan bij een traditionele melkstal⁹. Een gelijkwaardige melkstal met ruime melkleidingen heeft een vacuümpomp nodig van 4 kW. Als deze 4 uur draait, kost dit 16 kW per dag, vergelijkbaar met een 1 kW-pomp van een robot die 16 uur draait.

Een frequentieregelaar, die bij de huidige modellen robots standaard is, verlaagt het toerental van de motor, waardoor de motor minder energie verbruikt. Hierdoor neemt het stroomverbruik met ca. 60% af. Verder is de koeling van melk efficiënter te realiseren met een warmtewisselaar of met een voorcoeler. De investering is in 1 tot 4 jaar terug te verdienen⁹. In totaal gezien zal de CO₂-emissie van een stal met melkrobots dus vergelijkbaar zijn met die van een stal met een traditionele melkstal.

Een aparte ontwikkeling bij het toepassen van de melkrobot is die van de mobiele melkrobot. Hiervoor is inmiddels een prototype ontwikkeld; de Natureluur. Met de inzet van deze machine is het mogelijk koeien in de wei te melken. Als het goed functioneert zou een bedrijf zonder stal mogelijk kunnen zijn. Een eenvoudig afdak tegen de regen en een plaats waar in de winter het voer wordt verstrekt zou dan voldoende zijn. Wel is er nog koeling nodig voor de opgeslagen melk. Nadeel van het geheel is wel dat er een behoorlijke hoeveelheid CO₂ vrij komt van de dieselmotor die het stroomaggregaat aandrijft. Schatting is dat dit ongeveer 48 liter is per 2.000 kg melk. Dit komt uiteindelijk op een emissie van 550 kg CO₂ per gemiddeld aanwezig koe per jaar. Dit is meer dan nu aan elektriciteit en gas samen (zie par. 2.2).

Automatisch voeren

Het automatisch voeren kan met een aantal systemen gebeuren. Bij ASG is onderzoek verricht aan het Lely-voersysteem. Niet duidelijk is hoeveel energieverbruik per robot gerealiseerd wordt en of er een afname is van het energieverbruik.

Melk verwerken op bedrijfsniveau

Dit kan voordelen opleveren met het oog op energiebesparing doordat de transportkosten van melk behoorlijk verminderen. Wel moet nog bekeken worden hoeveel nodig is voor verwerking op bedrijfsniveau. Met andere woorden: het is niet duidelijk of dit energiebesparing oplevert of niet.

Vrijloopstal

In deze stal lopen de dieren vrij rond op een dikke laag strooisel. Er zijn dus geen ligboxen meer en er is ook geen mestkelder aanwezig. Het materiaal van de stal is meestal vrij eenvoudig. Of er in een dergelijke stal minder energie wordt verbruikt ten opzicht van een ligboxenstal is niet bekend. De processen die de meeste energie verbruiken (melken, verlichting) zijn ook in deze stal aanwezig en zullen niet afwijkend zijn. Een negatief aspect aan dit staltype kan zijn dat uit het strooisel meer CH₄ en CO₂ vrij komt.

Splitlevelstal

Tijdens een van de ontwerpessies voor nieuwe rundveestallen is het idee ontstaan van een 'Splitlevelstal'. De stal kent verschillende zones voor activiteiten en tevens is het dak begroeid met gras, zodat het ook goed landschappelijk inpasbaar is. In een niveau onder maaiveld (koeler?) is een ruistruimte. Daarboven is de ruimte waar de dieren gevoerd worden. De melkstal is apart opgesteld en ook bereikbaar vanuit de weides rondom de stal. Er is geen schatting bekend van het energieverbruik van een dergelijke staluitvoering. Maar ook hier geldt dat melken en verlichting nodig blijven.

Nieuwe stalontwerpen: zeugen

Stroballen

- meer kans op CO₂ en CH₄ uit strooisel

?? kg/gad/jr

0 kg/gad/jr

ged + gemiddeld aanwezig dar



Nieuwe stalontwerpen: zeugen

Outdoorsystemen

- meer CO₂ door trekkergebruik

0 kg/gad/jr

?? kg/gad/jr

ged + gemiddeld aanwezig dar



Nieuwe stalontwerpen: vleesvarkens

Comfort Class

- uit dierenwelzijn
- maximaal gebruik natuurlijke bronnen
- andere emissies gelijk

0 kg/gad/jr

ged + gemiddeld aanwezig dar



Nieuwe stalontwerpen: vleesvarkens

Com4 (Hendrix/UTB)

- gesloten stal (lucht)
- optimaal klimaat
- hergebruik warmte
- snelle afvoer mest, lagere emissies

?1 kg/gad/jr

0 kg/gad/jr

ged + gemiddeld aanwezig dar



Nieuwe stalontwerpen: vleesvarkens

Kempfarm

- scheiden mest en urine
- snelle afvoer mest, lagere emissies
- goede luchtkwaliteit

?1 kg/gad/jr

0 kg/gad/jr

ged + gemiddeld aanwezig dar



Nieuwe stalontwerpen: leghennen

Rondeel (Houden van Hennen)

- welzijn
- natuurlijke hulpbronnen
- andere emissies gelijk

<1 kg/gad/jr

0 kg/gad/jr

ged + gemiddeld aanwezig dar



Nieuwe stalontwerpen: leghennen

Plantage (Houden van Hennen)

- welzijn
- natuurlijke hulpbronnen
- andere emissies gelijk

<1 kg/gad/jr

0 kg/gad/jr

ged + gemiddeld aanwezig dar



4.2 Nieuwe stalontwerpen zeugen

Strostal

In een strostal zijn de dieren (de naam zegt het al) los in groepen gehuisvest in een dikke laag stro. Het stro wordt regelmatig aangevuld. In deze vorm van huisvesting worden meestal alleen de dragende zeugen gehouden. Voor deze dieren is normaal al geen verwarming nodig, maar bij dit systeem zeker niet. Omdat meestal ook natuurlijke ventilatie wordt toegepast is het elektriciteitsverbruik lager en daarmee ook de indirecte CO₂-emissie. Als gevolg van processen kan in het strobed echter CO₂ en CH₄ ontstaan, met als gevolg een toename van de emissie van deze gassen.

Outdoorsystemen

In Engeland en Denemarken worden zeugen soms buiten gehouden in groepen met een simpel onderkomen om te schuilen tegen slecht weer. Deze vorm van huisvesting vraagt natuurlijk geen enkele vorm van elektriciteit en verwarming en veroorzaakt daarmee ook geen CO₂-emissie. Voor de aan- en afvoer van voer en stro is er wel de inzet van een trekker. Over het dieselvebruik dat hierbij ontstaat is echter niets bekend.

4.3 Nieuwe stalontwerpen vleesvarkens

Comfort Class

Deze stalvorm is gebouwd rond de wensen en het gedrag van een vleesvarken. Op het Praktijkcentrum voor de biologische varkenshouderij te Raalte is een eerste uitvoering gebouwd. Daarbij is gebruikt gemaakt van speciale bouwmaterialen, waaronder een lichtdoorlatend zeil als dakbedekking. Verder wordt er natuurlijk geventileerd. Er is daardoor alleen een beetje elektriciteit nodig voor de voerinstallatie. In verhouding tot een reguliere vleesvarkenstal is de CO₂-emissie daardoor nihil.

Com4stal

Deze stal is ontworpen door de firma Hendrix/UTD. De stal is gericht op het realiseren van een optimaal klimaat en een lage ammoniakemissie (door onder andere snelle mestafvoer uit de stal). Daarvoor wordt alle lucht centraal aangevoerd en gekoeld of opgewarmd. De afgevoerde lucht wordt door een luchtwater geleid en daarna gekoeld en hergebruikt. In totaal wordt er minder lucht naar buiten geblazen dan bij een reguliere vleesvarkenstal. Door gebruik te maken van warmte- en koudeopslag in de grond is het energieverbruik laag. Wat het totale energieverbruik is van de stal ten opzichte van een reguliere stal is (nog) niet bekend.

Kempfarm

Bij deze stal hangen de hokken in een stalen geraamte. Het ontwerp is vooral gericht op een snelle en gescheiden afvoer van de mest. Wat betreft de ventilatie en verlichting wordt tot nog toe gebruik gemaakt van dezelfde technieken als in een reguliere stal. Het energieverbruik, en daarmee de CO₂-emissie, zal daarom niet veel lager zijn.

4.4 Nieuwe stalontwerpen leghennen

Rondeel/Plantage

In het project Houden van Hennen, waarbij de wensen van dier, veehouder en consument zijn verwoord in een lijst met eisen waaraan een leghennenstal moet voldoen, zijn deze twee ontwerpen gepresenteerd. Beide zijn gericht op het zoveel mogelijk gebruik maken van de natuurlijke hulpbronnen. Dat betekent onder andere zo weinig mogelijk energie verbruiken. Dit kan door het toepassen van natuurlijke ventilatie en de hennen uitloop te geven. De stallen zijn zoveel mogelijk voorzien van lichtdoorlatende materialen. Het resultaat met betrekking tot de CO₂-emissie is dat deze veel lager zal zijn dan voor traditionele stallen voor leghennen.

Op 'De Lankerenhof' in Voorthuizen heeft een biologische pluimveehouder zelf stallen ontworpen die zijn gebaseerd op de ideeën van Houden van Hennen. Het zijn lichte ruime stallen, voorzien van natuurlijke ventilatie en uitloop. Er is alleen elektriciteit nodig voor de voer- en watervoorziening, de beluchting van de mest en het verzamelen van de eieren.

Nieuwe stalontwerpen: vleeskuikens

Patio + VBS

- uitbroeden in de stal
- andere emissies gelijk

<0,5 kg/gad/jr



<1 kg/gad/jr

gad = gemiddeld samenlijf die



Nieuwe stalontwerpen: vleeskuikens

TerraSea

- hergebruik warmte
- minder ventilatie
- luchtwater
- andere emissies lager

<0,5 kg/gad/jr



0 kg/gad/jr

gad = gemiddeld samenlijf die



4.5 Nieuwe stalontwerpen vleeskuikens

Patio + VBS

Normaal worden kuikens uitgebroed in een broederij. Het broedproces bestaat uit twee fasen: het voorbroeden tot ongeveer 18 dagen en het uitbroeden van 18 tot en met 21 dagen. Door pluimveehouders is geprobeerd of het mogelijk was om de laatste fase in de stal te laten plaatsvinden. Dit is opgepakt door de firma Vencomatic die dit verder heeft ontwikkeld tot de Patio. Een systeem met etages waarin de zogenaamde broedladen worden geplaatst. Daarop komen de kuikens uit het ei, waarna ze op een band met strooisel terecht komen. Daar is voer en water aanwezig. De kuikens blijven ongeveer 10-14 dagen in dit systeem. Dan worden ze overgeplaatst naar een andere stal. Dit kan een traditionele stal zijn, maar ook het Vencomatic Broiler System (VBS). Dit laatste is ook een systeem met etages. De dieren zitten op een band met daarop strooisel. De verse lucht komt direct bij de dieren. De lucht wordt centraal de stal binnen gelaten en ook centraal uit de stal geblazen. Hierdoor is behandeling mogelijk. Door de lucht te koelen is minder ventilatiecapaciteit nodig dan normaal.

Wat het effect is op het energieverbruik door de laatste fase van het bedrijf uit te voeren en dat te koppelen aan het huisvesten van de dieren in een relatief kleine ruimte, is niet bekend. Het systeem is nog nieuw en nauwelijks in de praktijk toegepast. Bekend is dat de laatste fase van het broeden geen warmte vraagt, maar warmte oplevert. Verder zal doordat de ruimte kleiner is er minder warmte nodig zijn tijdens de eerste 10 dagen. Het geheel zou dan mogelijk minder energie vragen en daarmee minder CO₂-emissie veroorzaken.

Terra Sea

Een heel ander stalontwerp is het Terra Sea. Dit systeem is gericht op optimale klimaatomstandigheden bij de dieren, in combinatie met het zoveel mogelijk beperken van emissies uit de stal. De stal wordt voorzien van extra luchtgangen. In de ene wordt de lucht voorgeconditioneerd (verwarmd of gekoeld) en in de andere wordt al een deel van het stof uit de lucht gehaald. Vanuit deze laatste gang gaat de lucht door een luchtwasser. Voor het opwarmen van de stal wordt gebruik gemaakt van de warmteproductie van de dieren zelf. Hiervoor wordt de warmte uit de luchtwasser en uit de vloer van de stal gehaald en opgeslagen in de grond. Ook de warmte die vrijkomt bij het koelen van de binnenkomende lucht wordt hier opgeslagen. De warmte wordt weer gebruikt voor het opwarmen van de vloer en de binnenkomende lucht aan het begin van de volgende ronde. Het opwarmen van het water gebeurt door middel van warmtepompen.

Door de manier van verwarmen is er geen directe verbranding meer in de stal, dus geen directe CO₂-emissie. Voor de warmtepompen is wel extra energie nodig, maar door de binnenkomende lucht te koelen is de ventilatiecapaciteit beperkt. Samen zal dit uitkomen in een vergelijkbaar energieverbruik ten opzichte van een traditionele stal. Exacte cijfers zijn hierover nog niet bekend, omdat dit systeem nog maar in één stal is toegepast.

Ontwikkelingen in de sectoren

- **Biologische houderij**
 - optimaal benutten natuurlijke hulpbronnen
 - lager energieverbruik
 - hogere emissie ammoniak



Ontwikkelingen in de sectoren

- **Symbiose (Nieuw Gemengd Bedrijf)**
 - zelfvoorzienend voor energie
 - minder CO₂-emissie



Ontwikkelingen in de sectoren

- **Volwaardkip**
 - optimaal benutten natuurlijke hulpbronnen
 - gebruik bestaande stallen
 - met uitloop
 - minder CO₂-emissie



Ontwikkelingen in de sectoren

- **Megabedrijven**
 - energieverbruik optimaliseren binnen grenzen welzijn en milieu
 - toepassen luchtwasser;
 - minder ammoniak / fijn stof / geur
 - meer CO₂-emissie



Ontwikkelingen in de sectoren

- **Zomerstalvoeding**
 - energieverbruik optimaliseren binnen grenzen welzijn en milieu
 - minder ammoniak vanwege Besluit Huisvesting
 - meer CO₂-emissie van diesel door voer in stal



4.6 Ontwikkelingen in de sectoren

Hierna zijn enkele van de belangrijkste ontwikkelingen geschetst in de veehouderijsectoren die een mogelijke invloed hebben op de CO₂-emissie. Ze zijn niet direct te koppelen aan een nieuw stalontwerp. Veelal wordt gebruik gemaakt van bestaande stalsystemen. Deze stalsystemen zullen voldoen aan de eisen van wetgeving met betrekking tot welzijn en emissies van ammoniak.

Biologische veehouderij

Een niche ontwikkeling in de agrarische sector is die van de biologische veehouderij. Op deze bedrijven wordt getracht zoveel mogelijk gebruik te maken van natuurlijke hulpbronnen. Daarin past ook de gedachte om het energieverbruik zo laag mogelijk te houden. Daarmee is de CO₂-emissie op deze bedrijven veelal ook lager dan op traditionele bedrijven. In een studie van Thomassen wordt dit bevestigd voor de melkveehouderij¹⁰. Echter tegenover de lagere CO₂-emissie staat vaak dat deze bedrijven hogere andere emissies zoals ammoniak veroorzaken¹⁰. Biologische bedrijven zijn tot nu toe ook vrijgesteld van het toepassen van emissiearme technieken met betrekking tot ammoniak.

Symbiose

Het toepassen van technieken om energie te produceren uit mest (vergisting en vergassing) geeft dat er een energieoverschot ontstaat op bedrijven. Dit overschot kan gebruikt worden in andere agrarische activiteiten, of mogelijk openbare gebouwen. Door vraag en aanbod goed op elkaar af te stemmen kan uiteindelijk een energieneutraal geheel worden gecreëerd, zonder emissie van CO₂ uit verbranding van fossiele brandstoffen. Een voorbeeld van een dergelijke samenwerking is het initiatief Nieuw Gemengd Bedrijf. Hierin werken varkens- en pluimveehouders samen om een energieneutraal bedrijf neer te zetten. Er zijn diverse schakels van de beide sectoren aanwezig.

Volwaardkip

Dit 'merk' vleeskuiken wordt op de markt gezet als een tussensegment. Het is een traag groeiend dier, wat gehouden wordt in traditionele stallen. Wel is er vanaf 3 weken leeftijd uitloop beschikbaar. Dit laatste zorgt ervoor dat het energieverbruik voor onder andere verlichting lager zal zijn. Ook is de behoefte aan ventilatie mogelijk lager, of wordt meer gebruik gemaakt van natuurlijke ventilatie. In totaal gezien zal het energieverbruik lager zijn en daarmee de CO₂-emissie.

Megabedrijven

Er is veel discussie in Nederland naar aanleiding van plannen voor grote varkens- en pluimveebedrijven. In diverse rapporten staan de gevolgen beschreven van dit type bedrijven op de omgeving. In het rapport 'State of the art megabedrijven intensieve veehouderij' geven Van der Peet et al kort weer wat het effect kan zijn van dit soort bedrijven op de diverse emissies¹¹. Aangegeven wordt onder andere dat deze bedrijven beter in staat zijn om emissiearme technieken toe te passen. Eén van deze technieken is de luchtwasser. Een luchtwasser geeft echter een hoger energieverbruik, met als gevolg meer indirecte CO₂-emissie. Het verlagen van de ammoniakemissie heeft dus een toename van de CO₂-emissie tot gevolg. De bedrijven zullen echter zoeken naar een optimalisatie van kosten (dus ook energieverbruik) waarbij ze voldoen aan alle huidige wetgeving.

Een andere mogelijkheid die deze bedrijven hebben is dat eerder alternatieve (duurzame) energiebronnen rendabel zijn. De technieken zoals beschreven in hoofdstuk 3 zijn eerder toepasbaar dan op traditionele gezinsbedrijven.

Zomerstalvoeding

Een specifieke ontwikkeling in de melkveehouderij is het doorlopend op stal houden van de koeien; zomerstalvoeding. Bedrijven die dit toepassen streven overwegend naar een optimalisatie van de kosten. Het verbruik van elektriciteit zal daarom niet of nauwelijks verschillen van traditionele huisvesting. Gevolg van deze manier van houden van de dieren is wel dat er meer diesel verbruikt wordt, omdat het voer allemaal in de stal moet worden gebracht. In deze studie is echter het dieselverbruik buiten beschouwing gelaten. In de ammoniakwetgeving is aangegeven dat bij het op stal houden van melkvee een emissiearme huisvestingstechniek moet worden toegepast. De emissie van ammoniak zal daarom lager zijn.

5 Inventarisatie huidig onderzoek met CO₂-beperkende maatregelen

Er is wereldwijd veel aandacht voor de emissies van broeikasgassen. Ook binnen het onderzoek in de veehouderij. In tabel 11 is een overzicht gegeven van op dit moment bekende projecten die een link hebben met de reductie van CO₂-emissie. Of direct of indirect. Dit laatste dan in de vorm van het verlagen van de energiekosten. De projecten zijn met name projecten uitgevoerd binnen de Animal Sciences Group van Wageningen UR. Daarnaast zullen nog vele andere projecten zijn. Of deze ook gericht zijn op CO₂-emissie is niet zeker. Dit vanwege het feit dat CO₂ uit de veehouderij een relatief geringe bijdrage heeft in het broeikasgaseffect.

Tabel 11 Overzicht projecten met een link naar CO₂-emissie in de veehouderij bij ASG-WUR

Initiatief	Persoon	Doel
Biobased	Meijer	Vervangen fossiele brandstoffen
LCA	vd Zijp/de Boer	Toetsing duurzaamheidsconcepten veehouderij
Mineralen & Milieu	Groenestein/Schoumans	Emissiereductie
Nij Bosma Zathe	Durksz	Energie maken
Berekeningen Stimuland	Roetert/de Haan	Reductie energie/emissie
Caring Dairy (Cono)	Wemmenhove	Reductie energie/emissie
Mestvergisting	van Dooren	Energie maken
GHG	Vellinga	Emissie beeld in 2050
Overijssel zelfvoorzienend	InaP, vd Vegte	Biologische landbouw zelfvoorzienend
Maatregelen energie	PPO, PRI, van Schooten	Maatregelen voor reductie biologisch
ROB SenterNovem	Vellinga	Maatregelen reductie broeikasgassen.
Pensemissie	Bannink	Emissie op koe-pensniveau (mest&mineralen)
Emissie Wur-Lelystad	Klop	Emissieniveaus Lelystad bepalen (Acres)
Biogasinstallaties Sterksel	Smolders/Timmerman	Energie neutraal
Energieleaffles	Ellen	Info over energiebesparingstechnieken varkenshouderij
Progr. Gecomb. Luchtw.	Ogink/Melse	Emissiereductie en energieverbruikverlaging luchtwassers

CO₂-neutrale stal haalbaar?

- Ja.
- Voor alle diercategorieën.
- Maar alleen door inzet van alternatieve energiebronnen zoals:
 - windmolens
 - biogas
 - mestvergassing

6 Toepassing technieken; CO₂-neutraal haalbaar?

In hoofdstuk 3 zijn diverse technieken beschreven op basis van de 'Trias Energetica' die een bijdrage kunnen leveren aan het verlagen van de directe en indirecte CO₂-emissie op veehouderijbedrijven. Wat de bijdrage is in de mogelijke reductie is daarbij, voor zover bekend, ook aangegeven. In onderstaande tabellen is van de genoemde technieken per sector een schatting gegeven van de mogelijke reductie van CO₂-emissie.

Tabel 12 Schatting reductie CO₂-emissie toepasbare technieken op korte termijn (<5 jaar)

	Melkvee	Zeugen	Vleesvarken	Leghennen	Vleeskuiken
Isoleren		<5%	<5%		<5%
Verlichting	<5%			5-10%	<5%
WK-opslag + Warmtepomp		±50%			20-50%
Frequentieregelaar		±35%	±35%	±35%	±35%
HR-ketel		±10%			±10%
Luchtkoeling		±20%	±15%	±10%	±20%
Warmtewisselaar		±30%	±20%		±30%
Windmolen*	>100%	±50%	±50%	>100%	±35%
Biogas**	>100%	>100%	>100%		
Houtkachel		±50%			±65%

* Hierbij is uitgegaan van gemiddeld meer opgewekte elektriciteit dan nodig op bedrijfsniveau

** Hierbij is uitgegaan van volledige benutting opgewekte elektriciteit en een overschot aan warmte dat buiten bedrijf wordt afgezet

Tabel 13 Schatting reductie CO₂-emissie toepasbare technieken op lange termijn (>5 jaar)

	Melkvee	Zeugen	Vleesvarken	Leghennen	Vleeskuiken
Mestvergassing**			>100%	>100%	>100%
Zon; elektrisch	75%	75%	75%	75%	75%
Zon; thermisch		±30%			±30%

** Hierbij is uitgegaan van volledige benutting opgewekte elektriciteit en een overschot aan warmte dat buiten bedrijf wordt afgezet

Het gaat in de tabellen steeds om of de techniek een reductie geeft van het elektriciteits- of het gasverbruik, of beide. Soms is dat dan 100% van dat verbruik, een andere keer maar slechts een deel. Het percentage is dan wel steeds een percentage van de totale emissie van het bedrijf, zoals aangegeven in hoofdstuk 2.

Voorbeeld: een windmolen kan alle elektriciteit leveren voor een bedrijf. De indirecte CO₂-emissie van het bedrijf wordt daarmee 0. Als er ook verwarming nodig is, blijft dat deel van de emissie over. Als die emissie de helft is van de huidige emissie, is de uiteindelijke reductie op bedrijfsniveau 50%. De waarden zijn sterk afgerond om niet te nauwkeurig te willen zijn.

CO₂-neutraal haalbaar?

Op basis van bovenstaande inschattingen kan worden gezegd dat een CO₂-neutraal bedrijf mogelijk is. Dit geldt voor alle genoemde sectoren. Echter zoals uit tabellen 12 en 13 blijkt alleen als de energie op het bedrijf zelf wordt opgewekt. Zolang een bedrijf de energie uit fossiele brandstoffen haalt, is er geen sprake van een CO₂-neutrale stal.

Op basis van het antwoord hiervoor, is aan te geven welke kennis nog nodig is voordat een CO₂-neutrale stal 'gemeengoed' zal worden in de sector. Veel kennis zal daarbij nodig zijn over het afstemmen van de diverse technieken die energiebesparend werken en technieken die energie opwekken op het bedrijf. Kennis van de technieken zelf is voldoende aanwezig, het gaat in deze met name om de toepasbaarheid in de agrarische sector.

Stimulering

Om het toepassen van de technieken te stimuleren, of het onderzoek naar de onderlinge afstemming, zal vooral financiële ondersteuning een goed middel zijn. Voor de technieken op zich zijn al wel stimuleringsmaatregelen beschikbaar, zoals VAMIL/MIA, EIA, SDE en Groenregelingen. Mogelijk niet voor toepassing in de landbouw, wat dan een toevoeging kan zijn aan de huidige regelingen.

Wat in ieder geval belangrijk is, is om de technieken mogelijk te maken binnen de huidige regelgeving, of de regelgeving aan te passen zodat een techniek (rendabel) kan worden toegepast (zoals de witte lijst voor co-vergisting). Afdwingen van toepassing via wet- en regelgeving is ook een mogelijkheid, maar zal op veel weerstand kunnen rekenen.

Bijlagen

Bijlage 1 CO₂-productie per diercategorie

CO₂ producties worden veelal herleid uit warmteproducties. De warmteproducties weerspiegelen de verbranding van nutriënten (koolhydraten, vetten en eiwitten). Voor onderhoud, groei, en melkproductie zijn energie- en nutriëntenbehoeftes bekend. In het verleden zijn in klimaatrespiratiecellen de relaties hard vastgesteld. Bij vleeskuikens en vleesvarkens neemt de CO₂-productie tijdens het groeitraject sterk toe. Daarom is bij oplopende gewichten de CO₂-productie weergegeven en daarna een gemiddelde over het totale groeitraject gegeven.

Tabel CO₂-productie per diercategorie (uitgedrukt per dier in kg CO₂ per dag)*; voor zover relevant zijn gewichten en leeftijden vermeld.

Diercategorie	Gewicht (kg)	Leeftijd (dagen)	FPCM kg/dag	CO ₂ kg/dag	CO ₂ kg/jaar
melkkoe	625		30	13,3	4854,5
melkkoe	600		30	13,1	4781,5
melkkoe	575		30	12,9	4708,5
melkkoe	625		25	12,3	4489,5
melkkoe	600		25	12,1	4416,5
melkkoe	575		25	11,9	4343,5
vleesvarken	20			0,83	303,0
vleesvarken	40			1,44	525,6
vleesvarken	60			1,75	638,8
vleesvarken	80			1,98	722,7
vleesvarken	100			1,99	726,4
vleesvarken	120			2,01	733,7
vleesvarken	20-120			1,7	620,5
zeug met biggen	270			4,3	1569,5
drachtige zeug	250			2,9	1058,5
drachtige gelt	170			2,2	803,0
leggen, batterij	2,00			0,10	36,5
leggen, batterij	2,25			0,11	40,2
leggen, batterij	2,50			0,12	43,8
leggen, scharrel	2,00			0,11	40,2
leggen, scharrel	2,25			0,12	43,8
leggen, scharrel	2,50			0,13	47,5
vleeskuiken	0,05	1		0,0099	3,6
vleeskuiken	0,17	8		0,024	8,8
vleeskuiken	0,39	15		0,046	16,8
vleeskuiken	0,70	22		0,072	26,3
vleeskuiken	1,09	29		0,099	36,1
vleeskuiken	1,53	36		0,129	47,1
vleeskuiken	2,02	43		0,158	57,7
vleeskuiken	gemiddeld			0,077	28,1

* Inclusief CO₂ productie vanuit mest en urine; dit is gemiddeld ca 4% van totale CO₂

Literatuur

1. Blonk, H., C. Alvarado, A. De Schryver, *Milieuanalyse vleesproducten Bijlagen*. 2007. p. 37-102.
2. *Cijfers en tabellen, SenterNovem*. Utrecht.
3. *Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2007-2008, Handboek 2*. Augustus 2007.
4. Schils, R.M.L., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers, M.H. de Haan, *Broeikasgasmodule BBPR*. 2006, Animal Sciences Group/Praktijkonderzoek: Lelystad. p. 51.
5. Oenema, O., G.L. Velthof, N. Verdoes, P.W.G. Groot Koerkamp. G.J. Monteny, A. Bannink, H.G. van der Meer., K.W. van der Hoek, *Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen*. 2000, Alterra van Wageningen UR: Wageningen. p. 185.
6. Aarnink, A.J.A., J. Huis in 't Veld, A. Hol, I. Vermeij, *Kempfarm vleesvarkensstal: milieu-emissies en investeringskosten*. 2007: Lelystad.
7. Monteny, G.J., A. Bannink, and D. Chadwick, *Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry*. Agriculture Ecosystems & Environment, 2006. 112: p. 163-170.
8. M.C.J. Smits, M.C.J., R.W. Melse, A.C. Smits and N.W.M. Ogink, *Bouwsteen stallen. Quick scan van opties voor vermindering van ammoniak- en geuremissie uit vleeskalverstallen in de Agrarische Enclave Uddel Elspeet*. 2005, Agrotechnology & Food Innovations Wageningen UR: Wageningen. p. 51.
9. Grolleman, J., *Kritische kijk op energieverbruik. Energieverbruik robot niet hoger dan bij traditioneel melken*, in *Veeteelt*. april 2006. p. 30-32.
10. Thomassen, M.A., K.J. van Calker, M.C.J. Smits, G.L. Iepema, I.J.M. de Boer. *Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands*. Agricultural Systems 96 (2008), p. 95-107.
11. Peet, G. van der, K. Eilers, C. van der Peet-Schwering. 2008. *State of the art megabedrijven intensieve veehouderij*. ASG-WUR, Lelystad.