

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 429

## Evaluatie van de CIGR methode voor de bepaling van het ventilatiedebiet uit stallen

December 2010



**LIVESTOCK RESEARCH**  
**WAGENINGEN UR**

## Colofon

### Uitgever

Wageningen UR Livestock Research  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

### Redactie

Communication Services

### Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

### Aansprakelijkheid

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

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

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.

### Abstract

In this study the calculation method used by the CIGR to determine the ventilation rate from animal houses (CO<sub>2</sub> mass balance method) was evaluated with measurement data for different animal categories.

### Keywords

CO<sub>2</sub> mass balance method, ventilation rate, evaluation CIGR method

### Referaat

ISSN 1570 - 8616

### Auteurs

J. Mosquera  
J.M.G. Hol  
C.M. Groenestein

### Titel

Evaluatie van de CIGR methode voor de bepaling van het ventilatiedebiet uit stallen  
Rapport 429

### Samenvatting

In dit onderzoek werd een analyse uitgevoerd om de rekenmethodiek van de CIGR voor het bepalen van het ventilatiedebiet in stallen (CO<sub>2</sub> massabalans methode) te evalueren op basis van beschikbare data voor verschillende diercategorieën.

### Trefwoorden

CO<sub>2</sub> massabalans methode, ventilatiedebiet, evaluatie CIGR methode



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN UR

Rapport 429

# Evaluatie van de CIGR methode voor de bepaling van het ventilatiedebiet uit stallen

J. Mosquera

J.M.G. Hol

C.M. Groenestein

December 2010



## Voorwoord

Om de emissies van ammoniak, broeikasgassen, geur en fijn stof uit stallen te kunnen bepalen moet het ventilatiedebiet bekend zijn. Meetmethoden die momenteel toegepast worden om het ventilatiedebiet te bepalen (meetventilatoren voor mechanisch geventileerde stallen; tracergas methode voor natuurlijk geventileerde stallen) zijn arbeidsintensief en vragen investeringen in meetapparatuur. Dat maakt deze bepalingen kostbaar en niet snel inzetbaar.

Een mogelijke aanpak om deze methode te vereenvoudigen is de CO<sub>2</sub>-massabalans methode, een indirecte bepaling van het ventilatiedebiet aan de hand van gemeten CO<sub>2</sub>-concentraties binnen en buiten de stal, en een schatting van de CO<sub>2</sub>-productie van de dieren door middel van een rekenmodel. Dit rekenmodel is afkomstig van het CIGR (International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering) die de totale CO<sub>2</sub>-productie van de dieren schat op basis van de warmteproductie die te berekenen is uit het gewicht van de dieren, voereigenschappen (energiewaarde, ruweiwit gehalte, voeropname), en de productie van melk, vlees en/of eieren.

In dit onderzoek werd een analyse uitgevoerd om de rekenmethodiek van de CIGR voor het bepalen van het ventilatiedebiet in stallen te evalueren met beschikbare gemeten ventilatie-data voor verschillende diercategorieën.

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Dr. J. Mosquera  
Projectleider  
Wageningen UR Livestock Research



## Samenvatting

Om de emissies van ammoniak, broeikasgassen, geur en fijn stof uit stallen te bepalen dient niet alleen de concentratie van deze componenten, maar ook het ventilatiedebiet te worden gemeten. Het product van de concentratie en de ventilatie is de emissie. Het bepalen van het ventilatiedebiet, ofwel de hoeveelheid lucht die de stal verlaat, is het moeilijkste deel van de meting. De methoden die momenteel toegepast worden om het ventilatiedebiet uit stallen te bepalen (meetventilatoren voor mechanisch geventileerde stallen; tracergas methode voor natuurlijk geventileerde stallen) zijn bovendien arbeidsintensief en vragen investeringen in meetapparatuur. Daarmee zijn deze methoden kostbaar en niet snel inzetbaar. Een mogelijke aanpak om deze methode te vereenvoudigen en versnellen is de CO<sub>2</sub>-massabalans methode, een indirecte bepaling van het ventilatiedebiet aan de hand van gemeten CO<sub>2</sub>-concentraties binnen en buiten de stal, en een schatting van de CO<sub>2</sub>-productie van de dieren door middel van een rekenmodel. Dit rekenmodel is afkomstig van het CIGR (International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering) die de totale CO<sub>2</sub>-productie van de dieren schat op basis van de warmteproductie die te berekenen is uit het gewicht van de dieren, voereigenschappen (energiewaarde, ruweiwit gehalte, voeropname), en de productie van melk, vlees en/of eieren.

In dit onderzoek werd een analyse uitgevoerd om de rekenmethodiek van de CIGR voor het bepalen van het ventilatiedebiet in stallen te evalueren met beschikbare data voor verschillende diercategorieën. De te onderzoeken diercategorieën waren: pluimvee, varkens en melkvee. Uitgangspunt bij de data-analyse was het vergelijken van de rekenmethodiek van de CIGR met beschikbare ventilatiebepalingen van afgeronde en lopende onderzoeken. Dit betrof debieten die waren gemeten met meetventilatoren of de tracergasmethode en debieten die waren afgeleid van de ventilatie-instellingen van de klimaatcomputer.

Uit deze studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Met de CIGR-methode kan het ventilatiedebiet voor mechanisch geventileerde stallen voor vleeskuikens, vleesvarkens, dragende zeugen en biggen goed bepaald worden.
- Het toepassen van de CIGR-methode vereist nauwkeurige registratie van de benodigde inputparameters (gewicht van de dieren, productie van melk/eieren, voeropname, energiewaarde voer).
- Voor natuurlijk geventileerde (melkvee-)stallen is momenteel geen goede referentiemethode beschikbaar om de toepasbaarheid van de CIGR-methode te evalueren.
- Om de CIGR-methode en de tracergas ratiomethode te evalueren is een referentiemethode voor het bepalen van het ventilatiedebiet noodzakelijk. Dit kan met de huidige stand der techniek alleen in een mechanisch geventileerde stal ten opzichte van de metingen met meetventilatoren.





## Summary

To determine the emissions of ammonia, greenhouse gases, odour and fine dust from animal houses, it is necessary to measure not only the concentration of these components, but also the ventilation rate. The emission is then calculated by multiplying the concentration and the ventilation rate. The determination of the ventilation rate is the most difficult part of the measurements. The methods used to determine the ventilation rate (fan-wheel anemometers for forced ventilation, tracer gas ratio method for naturally ventilated animal houses) are labour intensive and require use of costly measurement equipment. The CO<sub>2</sub> mass balance method has been suggested as a simple option to (indirectly) determine the ventilation rate. The calculation method, provided by the CIGR (International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering), calculate the production of CO<sub>2</sub> from the animals from the heat production. This can be calculated by using information about the weight of the animals, feed characteristics (energy value, crude protein, feed consumption), and the production of milk/meat/eggs from the animals.

In this study the calculation method used by the CIGR to determine the ventilation rate from animal houses was evaluated with existing data for different animal categories. The following categories were considered: poultry, pigs, dairy cattle. For the ventilation rate, existing data from closed and still on-going research was used. This includes ventilation rate measurements using fan-wheel anemometers, tracer gas (SF<sub>6</sub>), and the capacity of the fans provided by the climate-control system at the farm.

From the results of this study the following can be concluded:

- The CIGR method leads to a good estimate of the ventilation rate from animal houses with forced ventilation for broilers, fattening pigs, sows and piglets.
- The determination of the ventilation rate in animal houses with forced ventilation using the CIGR method requires accurate registration of the parameters used in the model (weight of the animals, feed characteristics (energy value, crude protein, feed consumption), and the production of milk/meat/eggs from the animals).
- There is no reference method available to measure the ventilation rate for naturally ventilated animal houses. It is therefore not possible to evaluate the applicability of the CIGR method to estimate the ventilation rate from naturally ventilated animal houses for dairy cattle.
- To validate the CIGR method, a reference method should also be applied. This requires testing the methods first on mechanically ventilated animal houses.



# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond.....	1
1.2	Doelstelling.....	1
1.3	Leeswijzer .....	2
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode .....</b>	<b>3</b>
2.1	Beschrijving CO <sub>2</sub> -massabalansmethode .....	3
2.2	Data-analyse .....	4
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>10</b>
	<b>Literatuur .....</b>	<b>11</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Om de emissies van ammoniak, broeikasgassen, geur en fijn stof uit stallen te bepalen dient niet alleen de concentratie van deze componenten, maar ook het ventilatiedebiet te worden gemeten. De emissie is namelijk het product van de concentratie en de ventilatie. Het bepalen van het ventilatiedebiet, ofwel de hoeveelheid lucht die de stal verlaat, is het moeilijkste deel van de meting. De keuzemogelijkheden in meetmethoden voor het meten van het ventilatiedebiet worden bepaald door het type bron (Van Ouwkerk, 1993; Mosquera e.a., 2002, 2005; Hofschreuder e.a., 2003). Bij metingen aan stallen met een gerichte uitlaat (bijvoorbeeld mechanisch geventileerde stallen) wordt aangenomen dat de verblijftijd van de lucht in de stal zodanig lang is, dat uit mest en dieren vervluchtigde gassen voldoende tijd hebben om homogeen te mengen met de stallucht. De onderdruk, die ontstaat door de aanzuigende kracht van de ventilatoren, zorgt ervoor dat alle lucht de stal via de ventilatiekanalen verlaat. Deze ventilatiekanalen zijn voorzien van meetventilatoren waarmee het ventilatiedebiet nauwkeurig kan worden bepaald. Mechanische ventilatie komt vaak voor in varkensstallen en pluimveestallen.

Voor natuurlijk geventileerde stallen met een goede interne menging van de stallucht kan het ventilatiedebiet worden bepaald met de tracergas ratiomethode (Van Ouwkerk, 1993; Huis in 't Veld e.a., 2001; Mosquera e.a., 2002). Dit ventilatiesysteem wordt meestal aangetroffen in melkveestallen, maar ook in varkensstallen wordt het toegepast.

De methoden om het ventilatiedebiet uit zowel mechanisch geventileerde stallen als natuurlijk geventileerde stallen te bepalen zijn arbeidsintensief en vragen investeringen in meetapparatuur. Daarmee zijn deze methoden kostbaar en niet snel inzetbaar. Een mogelijke aanpak om deze methode te vereenvoudigen is de CO<sub>2</sub>-massabalans methode, een indirecte bepaling van het ventilatiedebiet aan de hand van gemeten CO<sub>2</sub>-concentraties binnen en buiten de stal, en een schatting van de CO<sub>2</sub>-productie van de dieren door middel van een rekenmodel. Dit rekenmodel is afkomstig van het CIGR (International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering) die de totale CO<sub>2</sub>-productie van de dieren schat op basis van de warmteproductie, die bepaald kan worden uit het gewicht van de dieren, voereigenschappen (energiewaarde, ruweiwit gehalte, voeropname), en de productie van melk, vlees en/of eieren. In het vervolg wordt deze methode aangeduid met CIGR-methode.

Door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is de vraag gesteld hoe accuraat de modellen van het CIGR zijn om een goede schatting van het ventilatiedebiet te maken. De zorg was ingegeven door het feit dat de input van voereigenschappen een belangrijke basis is voor de modelberekeningen en dat, vooral voor melkvee, de voereigenschappen minder strak omschreven zijn in geval van opname van ruwvoer en gras tijdens beweiden. Daarnaast kan een balansverschuiving optreden omdat strooisel en mest bronnen van CO<sub>2</sub> kunnen zijn door aerobe afbraak van organische stof. De vraag is of hier voldoende rekening mee gehouden wordt gezien de praktijk in de huidige veehouderij. Tenslotte is het de vraag of de veronderstelling dat de lucht ideaal gemengd is gerechtvaardigd is, wanneer het een zeer open stal betreft. Luchtinlaten kunnen dan ook als luchtuitlaten fungeren. Dat betekent dat de tracer die op verschillende punten in de stal is gebracht dicht bij de emitterende vloer wellicht niet representatief in de stallucht verdeeld wordt voordat deze wordt teruggemeten op een hoger punt in de stal.

## 1.2 Doelstelling

Doel van het onderzoek is om de schatting van het ventilatiedebiet op basis van de rekenregels van de CIGR methode te evalueren en indien mogelijk te valideren voor pluimvee, varkens en melkvee. Deze analyse zal bestaan uit een theoretische beschouwing van de CIGR methode en een data-analyse. De data-analyse houdt in dat de resultaten van de rekenmethodiek van de CIGR vergeleken wordt met beschikbare data van afgeronde en lopende onderzoeken. Dit zijn data gemeten met meetventilatoren, dan wel tracergas metingen. Ook is de CIGR-methodiek vergeleken met debieten die waren afgeleid van de ventilatie-instellingen van de klimaatcomputer.

### **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 worden de rekenregels uit de CIGR-methode beschreven, en een overzicht gegeven van de beschikbare data voor de analyse. In hoofdstuk 3 worden de resultaten uit deze analyse gepresenteerd. In hoofdstuk 4 worden de belangrijkste conclusies uit deze studie weergegeven.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Beschrijving CO<sub>2</sub>-massabalansmethode

De CIGR-methode is een CO<sub>2</sub>-massabalans methode die gebruik maakt van de wet van behoud van massa voor CO<sub>2</sub> om het ventilatiedebiet in de stal te bepalen. Deze methode is feitelijk een speciale vorm van de continu tracergasmethode. Het grootste verschil met tracergas-experimenten is dat gebruik wordt gemaakt van de natuurlijke CO<sub>2</sub>-productie in de stal die de dieren uitademen. Daarnaast kan CO<sub>2</sub>-productie ontstaan door afbraak van organische stof in (meng)mest, strooisel of opgeslagen voer. Een derde bron van CO<sub>2</sub> is die van verbranding van fossiele brandstoffen door eventueel aanwezige verbrandingsmotoren of verwarmingssystemen.

Bij de CIGR- methode wordt de gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie van de in- en uitgaande stallucht gemeten, en de CO<sub>2</sub>-productie op stalniveau voor de verschillende diercategorieën bepaald aan de hand van CIGR rekenregels (Tabel 1). Door de CO<sub>2</sub>-productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren in de stal kan de totale CO<sub>2</sub>-productie worden berekend. Het ventilatiedebiet V (m<sup>3</sup>/uur) wordt dan bepaald op basis van:

$$V = \frac{PCO_2}{[CO_2]_{stal} - [CO_2]_{buiten}}$$

Met

PCO<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub>-productie [m<sup>3</sup>/uur per dier]. Dit betreft de CO<sub>2</sub>-productie op stalniveau.

[CO<sub>2</sub>]<sub>stal</sub>: CO<sub>2</sub>-concentratie [ppm] van de uitgaande stallucht

[CO<sub>2</sub>]<sub>buiten</sub>: CO<sub>2</sub>-concentratie [ppm] van de ingaande stallucht

**Tabel 1** Rekenregels die volgens de CIGR-methodiek de CO<sub>2</sub> productie op stalniveau berekent (Van Ouwerkerk, 1999; CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008)

Diercategorie	
Vleeskuikens	$PCO_2 = 0,18 * 10,62 * m^{0,75} \quad m < 0,5 \text{ kg}$
	$PCO_2 = 0,185 * 10,62 * m^{0,75} \quad m > 0,5 \text{ kg}$
Leghennen	$PCO_2 = 0,18 * (6,8 * m^{0,75} + 25 * Y_2)$
Vleesvarkens	$PCO_2 = 0,2 * (5,09 * m^{0,75} + [1 - (0,47 + 0,003 * m)] * [ME - 5,09 * m^{0,75}])$ $ME = 12,55 * V_{opn} * EW * 1000 / (3,6 * 24)$
Biggen	$PCO_2 = 0,185 * (7,4 * m^{0,66} + [1 - (0,47 + 0,003 * m)] * [ME - 7,4 * m^{0,66}])$ $ME = 12,55 * V_{opn} * EW * 1000 / (3,6 * 24)$
Dragende zeugen	$PCO_2 = 0,18 * (4,85 * m^{0,75} + 8 * 10^{-5} * p^3 + 76 * 0,18)$
Melkkoeien	$PCO_2 = 0,2 * (5,6 * m^{0,75} + 22 * Y_1 + 1,6 * 10^{-5} * p^3)$
Droogstaande koeien	$PCO_2 = 0,2 * (5,6 * m^{0,75} + 1,6 * 10^{-5} * p^3)$
Drachtige pinken	$PCO_2 = 0,2 * (7,64 * m^{0,69} + Y_3 * \left[ \frac{23}{M} - 1 \right] * \left[ \frac{57,27 + 0,302 * m}{1 - 0,171 * Y_3} \right])$

Met:	
m:	gewicht van de dieren [kg]
ME:	metaboliseerbare energieopname [W]
Vopn:	voeropname [kg/dag]
EW:	energiewaarde varkensvoer, dimensieloos verhoudingsgetal
1000/(3,6*24):	conversiefactor, van MJ/dag naar W
M:	energiewaarde voer bij drachtige pinken [MJ/kg drogestof]
p:	draagtijd [dagen]
Y <sub>1</sub> :	melkproductie [kg/dag]
Y <sub>2</sub> :	eiproductie [kg/dag]
Y <sub>3</sub> :	gewichtstoename [kg/dag]

## 2.2 Data-analyse

Om te toetsen of de CO<sub>2</sub>-massabalans methode het ventilatiedebiet goed kan bepalen zijn de berekende debieten (volgens CIGR-methode) vergeleken met gemeten ventilatiedebieten op basis van:

1. Ventilatie-instelling van de klimaatcomputer.
2. Meetventilatoren.
3. Tracergas ratiomethode (SF<sub>6</sub>).

Ad 1. Dit betrof het op locatie aflezen van de ventilatie-instelling van de klimaatcomputer tijdens de metingen, uitgedrukt als percentage van de maximale capaciteit van de gebruikte ventilatoren of direct als ventilatiedebiet.

Ad. 2. Het ventilatiedebiet (m<sup>3</sup>/uur) werd met behulp van meetventilatoren (Van Ouwkerk, 1993; Mosquera e.a., 2002) continu tijdens de metingen geregistreerd en vastgelegd in een datalogger. Meetventilatoren zijn anemometers met een diameter gelijk aan de diameter van de ventilatiekoker. De meetventilator wordt aangedreven door de luchtstroom in de ventilatiekoker en is daardoor niet gekoppeld aan de motor van de ventilator. Voor het berekenen van het debiet werd gebruik gemaakt van een ijklijn waarin de relatie tussen de geregistreerde pulsen en het debiet was vastgesteld.

Ad. 3. De tracergas ratiomethode is uitgebreid beschreven in Van Ouwkerk (1993) en Mosquera e.a. (2002). De methode wordt toegepast in natuurlijk geventileerde stallen om de ammoniakemissie op stalniveau te bepalen. De methode is gebaseerd op de wet van behoud van massa. Dicht bij de emissiebron wordt een bekende hoeveelheid tracergas geïnjecteerd. Als het tracergas zich vervolgens vergelijkbaar gedraagt als het gas waarvan de emissie bepaald moet worden, dan kan de emissie van dat gas worden berekend uit de gemeten concentratieverhoudingen in de uitgaande stallucht.

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de beschikbare datasets afkomstig uit metingen op praktijkbedrijven, en de toegepaste meetmethode voor het bepalen van het ventilatiedebiet als referentie voor de CIGR-methode.



**Tabel 2** Datasets en gebruikte meetmethode voor het direct bepalen van het ventilatiedebiet

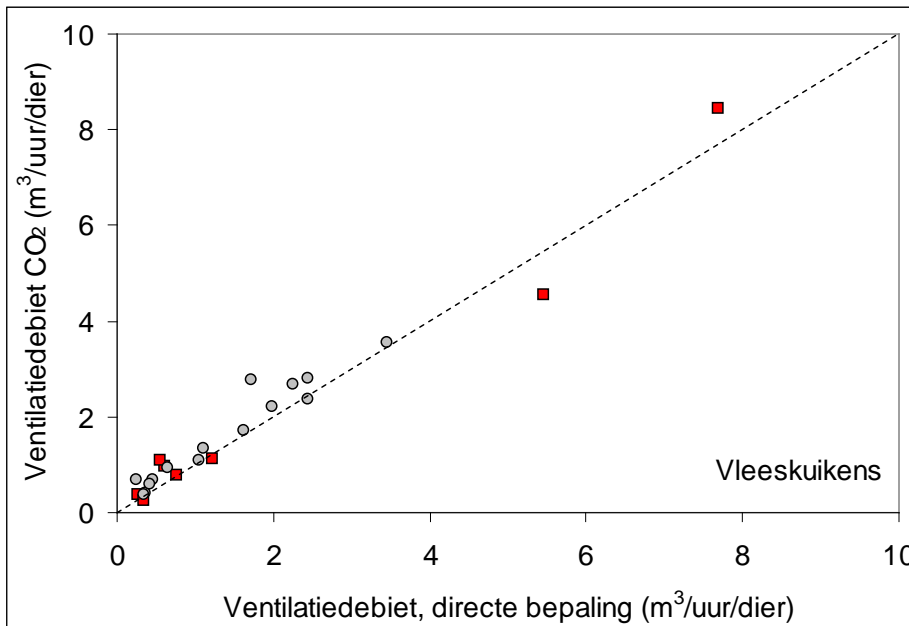
Locatie	Diercategorie	Aantal metingen	Referentiemethode ventilatiedebiet
P1	Vleeskuikens	7	Meetventilator
P2	Vleeskuikens	8	Meetventilator
P3	Vleeskuikens	4	Ventilatie-instelling klimaatcomputer
P4	Vleeskuikens	4	Ventilatie-instelling klimaatcomputer
V1	Vleesvarkens	4	Meetventilator
V2	Vleesvarkens	4	Meetventilator
V3	Vleesvarkens	5	Meetventilator
V4	Vleesvarkens	3	Meetventilator
V5	Vleesvarkens	3	Meetventilator
V6	Vleesvarkens	5	Meetventilator
V7	Dragende zeugen	5	Meetventilator
V8	Dragende zeugen	5	Meetventilator
V9	Dragende zeugen	5	Ventilatie-instelling klimaatcomputer
V10	Biggen	4	Meetventilator
V11	Biggen	4	Meetventilator
V12	Biggen	6	Meetventilator
M1	Melkvee	3	Tracergas ratiomethode (SF <sub>6</sub> )
M2	Melkvee	2	Tracergas ratiomethode (SF <sub>6</sub> )
M3	Melkvee	6	Tracergas ratiomethode (SF <sub>6</sub> )
M4a	Melkvee	3	Tracergas ratiomethode (SF <sub>6</sub> )
M4b	Melkvee	17	Tracergas ratiomethode (SF <sub>6</sub> )
M4c	Melkvee	8	Tracergas ratiomethode (SF <sub>6</sub> )

Voor de CIGR-methode werd de CO<sub>2</sub> concentratie van de in- en uitgaande lucht bepaald in een verzamelmonster (voor een periode van 24 uur) van de in- en uitgaande stallucht met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A; detector: HWD).

De tweezijdige paarsgewijze t-toets (Weiss, 2000) werd toegepast om te bepalen of verschillen tussen methoden (CIGR-methode vs. referentiemethoden) voor het bepalen van het ventilatiedebiet uit stallen significant waren. In onderhavig onderzoek werd een significantieniveau van 95% gehanteerd. Dit resulteert in 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor het verschil in ventilatiedebiet bepaald met verschillende methoden.

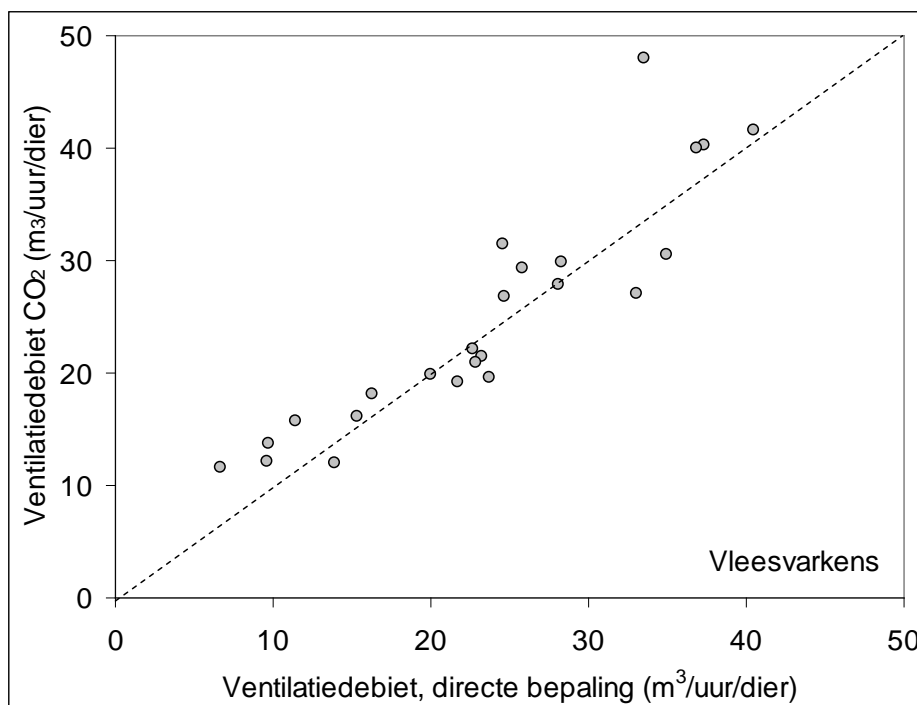
### 3 Resultaten en discussie

In Figuur 1 is het berekende ventilatiedebiet (CIGR-methode) uitgezet tegen de gemeten waarden, zowel uit meetventilatoren als uit de ventilatie-instellingen van de klimaatcomputer, in vleeskuikensstallen. Een tweezijdige paarsgewijze t-toets geeft significante verschillen aan. Dit wordt verklaard door de kleine variatie in de metingen, waardoor kleine verschillen significant kunnen zijn. Echter, de regressiecoëfficiënt (Tabel 3) wijkt niet significant af van 1. Dit betekent dat de hypothese "CIGR-methode = metingen" bevestigd wordt. Op basis van deze resultaten kan geconcludeerd worden dat de CIGR-methode het ventilatiedebiet bij mechanisch geventileerde vleeskuikenstallen goed kan bepalen.



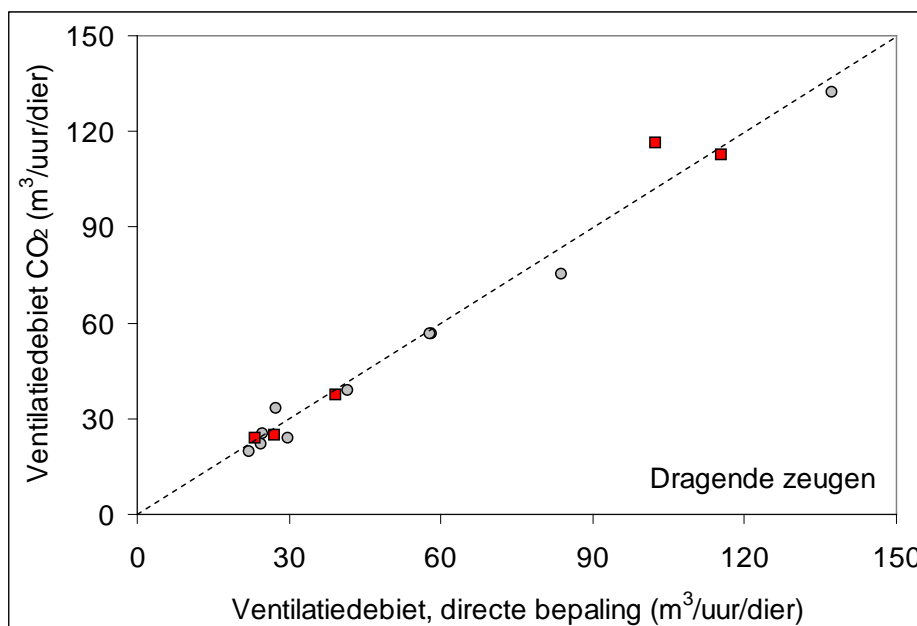
**Figuur 1** Ventilatie-debiet bepaald met de CIGR-methode vs. metingen op praktijkbedrijven (vleeskuikens) met meetventilatoren (○) of via de ventilatie-instellingen van de klimaatcomputer (■). De ideale relatie ( $y=x$ ) wordt in de figuur als stippellijn weergegeven.

Voor vleesvarkensstallen (Figuur 2) werd de CIGR-methode alleen vergeleken met gemeten data van meetventilatoren. De verschillen tussen de CIGR-methode en gemeten ventilatie-debieten waren niet significant op basis van een tweezijdige paarsgewijze t-toets. De variatie in de data is weliswaar groter dan die van de vleeskuikens-dataset, maar ook hier laat regressieanalyse (Tabel 3) zien dat de regressiecoëfficiënt niet significant afwijkt van 1. Deze resultaten bevestigen de hypothese dat de CIGR-methode het ventilatie-debiet voor mechanisch geventileerde vleesvarkensstallen goed kan bepalen.



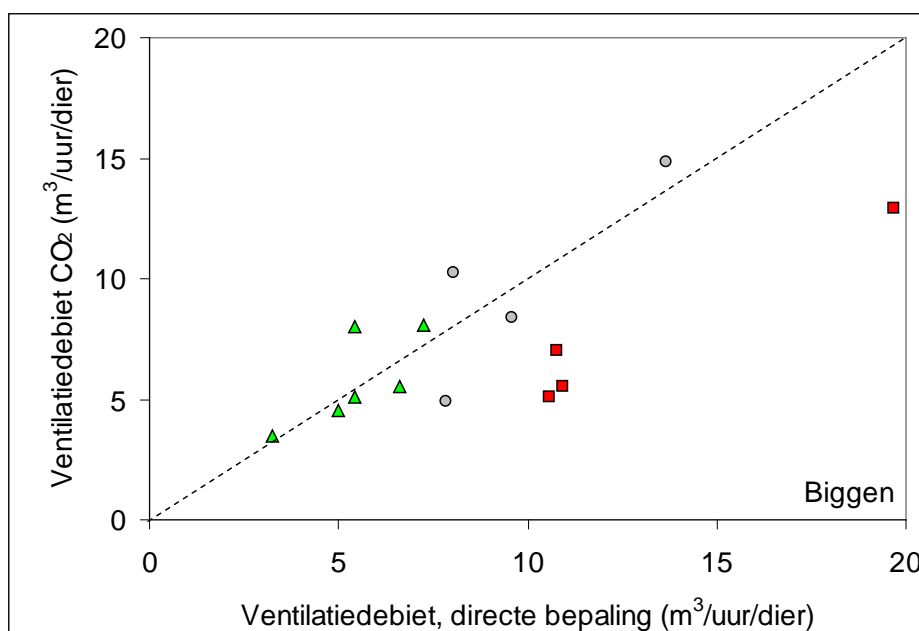
**Figuur 2** Ventilatie-debiet bepaald met de CIGR-methode vs. metingen op praktijkbedrijven (vleesvarkens) met meetventilatoren (○). De ideale relatie ( $y=x$ ) wordt in de figuur als stippellijn weergegeven.

Voor dragende zeugen (Figuur 3) is de variatie in de metingen klein ten opzichte van de vleesvarkens-dataset, en vergelijkbaar met die van de vleeskuikens-dataset. De tweezijdige paarsgewijze t-toets laat in dit geval geen significante verschillen zien tussen metingen en de CIGR-methode. De regressieanalyse (Tabel 3) geeft aan dat de regressiecoëfficiënt niet significant van 1 afwijkt. Deze resultaten bevestigen de conclusie dat het ventilatie-debiet voor mechanisch geventileerde stallen met dragende zeugen goed geschat kan worden met de CIGR-methode.



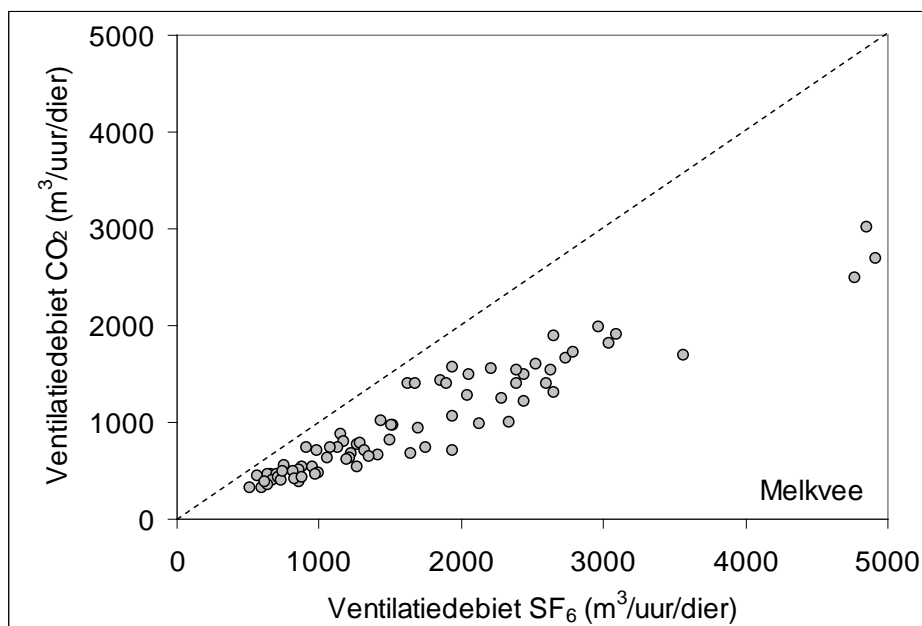
**Figuur 3** Ventilatie-debiet bepaald met de CIGR-methode vs. metingen op praktijkbedrijven (dragende zeugen) met meetventilatoren (○) of via de ventilatie-instellingen van de klimaatcomputer (■). De ideale relatie ( $y=x$ ) wordt in de figuur als stippellijn weergegeven.

De dataset voor biggen (Figuur 4) laat een groot variatie in de metingen zien ten opzichte van de andere diercategorieën. Daarnaast laat een van de gemeten locaties (locatie V10) een afwijkende beeld zien ten opzichte van de andere twee biggen locaties (V11 en V12). Het is niet helemaal duidelijk wat de reden is voor deze onderschatting van het ventilatiedebiet met de CIGR-methode. Het vermoeden bestaat dat dit te maken heeft met een minder nauwkeurige schatting van de inputgegevens (gewicht van de dieren, voeropname, energiewaarde voer) door de varkenshouder van V10 ten opzichte van de andere twee locaties. Daarom is ook een regressieanalyse (Tabel 3) uitgevoerd zonder de data uit locatie V10. Het blijkt dat De CIGR-berekening een onderschatting geeft van het ventilatiedebiet wanneer alle beschikbare data wordt gebruikt. Zonder locatie V10 wijkt de regressiecoëfficiënt echter niet af van 1. Op basis hiervan zou geconcludeerd kunnen worden dat de CIGR-methode het ventilatiedebiet voor mechanisch geventileerde biggenstallen goed kan bepalen, mits de inputparameters voor de CIGR-methode nauwkeurig worden bepaald. Het is echter niet hard te maken dat de schattingen van de varkenshouder van locatie V10 onnauwkeurig waren. Duidelijk is wel dat hier tijdens de metingen aandacht voor moet zijn.



**Figuur 4** Ventilatie-debiet bepaald met de CIGR-methode vs. metingen op praktijkbedrijven (biggen) met meetventilatoren. Metingen op bedrijf V10 (■) laten een afwijkende beeld zien (onderschatting van het ventilatiedebiet door de CIGR-methode) ten opzichte van de locaties V11 (o) en V12 (▲). De ideale relatie ( $y=x$ ) wordt in de figuur als stippellijn weergegeven.

Er zijn op dit moment geen methoden beschikbaar die het ventilatiedebiet van natuurlijk geventileerde stallen direct kunnen bepalen. Voor melkvee is daarom gekozen om de  $\text{CO}_2$ -massabalans methode met de interne tracergas ( $\text{SF}_6$ ) ratiomethode te vergelijken (Figuur 5). Uit de regressieanalyse (Tabel 3) bleek dat de regressiecoëfficiënt significant afwijkt van 1: het ventilatiedebiet volgens de CIGR-methode is 40% lager dan volgens de tracergas ratiomethode. Dit kan veroorzaakt worden omdat de CIGR-methode niet betrouwbaar is, maar ook door het feit dat een deel van de bij de vloer geïnjecteerde  $\text{SF}_6$  niet representatief teruggemeten wordt, maar voortijdig door de grote luchtin-, dan wel uitlaten de stal verlaten heeft. Door de te lage teruggemeten  $\text{SF}_6$ -concentratie wordt het debiet groter ingeschat dan het daadwerkelijk is. De "injectie" van  $\text{CO}_2$  door de mest, strooisel en de dieren is meer evenredig in de stal met een betere garantie voor ideale menging. Voor de  $\text{CO}_2$ -massabalans methode is daarentegen van belang, met name bij natuurlijk geventileerde stallen, om de achtergrondconcentratie voor  $\text{CO}_2$  nauwkeurig te bepalen. Het gebruik van een vast lage waarde ( $\sim 400$  ppm) voor de achtergrondconcentratie kan leiden tot een overschatting van het verschil  $[\text{CO}_2]_{\text{stal}} - [\text{CO}_2]_{\text{buiten}}$  (1) in hoofdstuk 2.1), met als gevolg een onderschatting van het ventilatiedebiet. Om zowel de  $\text{CO}_2$ -massabalans methode als de tracergas ratiomethode te valideren is een referentiemethode voor het bepalen van het ventilatiedebiet noodzakelijk. Dit kan alleen als beide methoden toegepast en gevalideerd worden in mechanisch geventileerde stallen met metingen door meetventilatoren.



**Figuur 5** Relatie tussen het ventilatiedebiet gemeten op praktijkbedrijven (melkvee) op basis van de tracer gas (SF<sub>6</sub>) ratiomethode, en bepaald met behulp van de CO<sub>2</sub> massabalans methode. De ideale relatie (y=x) wordt in de figuur als stippellijn weergegeven.

**Tabel 3** Resultaten regressieanalyse voor de metingen op praktijkbedrijven

Diercategorie	Gemiddeld en (95%-betrouwbaarheidsinterval)	
	MV	KC
<b>Vleeskuikens</b>		
Regressiecoëfficiënt	1,01 (0,85:1,18)	1,00 (0,82:1,18)
Intercept	0,23 (-0,05: 0,50)	0,08 (-0,52:0,69)
R <sup>2</sup>	0,93	0,96
<b>Vleesvarkens</b>		
Regressiecoëfficiënt	0,97 (0,77:1,17)	---
Intercept	1,93 (-3,08:6,94)	---
R <sup>2</sup>	0,82	---
<b>Dragende zeugen</b>		
Regressiecoëfficiënt	0,95 (0,87:1,02)	1,00 (0,80:1,34)
Intercept	0,24 (-4,45:4,94)	-2,65 (-22,25:16,95)
R <sup>2</sup>	0,99	0,98
<b>Biggen (zonder V10)</b>		
Regressiecoëfficiënt	1,02 (0,55:1,48)	---
Intercept	-0,03 (-3,64:3,58)	---
R <sup>2</sup>	0,73	---
<b>Biggen (alle data)</b>		
Regressiecoëfficiënt	0,56 (0,22:0,91)	---
Intercept	2,41 (-0,97:5,79)	---
R <sup>2</sup>	0,47	---
<b>Melkvee</b>		
Regressiecoëfficiënt	0,57 (0,52:0,61)	---
Intercept	46,6 (-32,82:126,00)	---
R <sup>2</sup>	0,90	---

## 4 Conclusies

Uit deze studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Met de CIGR-methode kan het ventilatiedebiet voor mechanisch geventileerde stallen voor vleeskuikens, vleesvarkens, dragende zeugen en biggen goed bepaald worden.
- Het toepassen van de CIGR-methode vereist nauwkeurige registratie van de benodigde inputparameters (gewicht van de dieren, productie van melk/eieren, voeropname, energiewaarde voer).
- Voor natuurlijk geventileerde (melkvee-)stallen is momenteel geen goede referentiemethode beschikbaar om de toepasbaarheid van de CIGR-methode te evalueren.
- Om de CIGR-methode en de tracergas ratiomethode te evalueren is een referentiemethode voor het bepalen van het ventilatiedebiet noodzakelijk. Dit kan met de huidige stand der techniek alleen in een mechanisch geventileerde stal ten opzichte van de metingen met meetventilatoren.

## Literatuur

- CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S.; K. Sällvik).
- Hofschreuder, P., J. Mosquera, J.M.G. Hol, N.W.M. Ogink. 2003. Ontwerp van nieuwe meetprotocollen voor het meten van gasvormige emissies in de landbouw. Report 008. Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen, the Netherlands.
- Huis in 't Veld, J.W.H., G.J. Monteny, R. Scholtens. 2001. Research into the ammonia emission from livestock production systems no. XLVII: Naturally ventilated cubicle-housing system with a grooved floor for dairy cattle in the summer period (in Dutch). Report IMAG, Wageningen, the Netherlands.
- Mosquera, J., P. Hofschreuder, J.W. Erisman, E. Mulder, C.E. van 't Klooster, N. Ogink, D. Swierstra, N. Verdoes. 2002. Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. Wageningen, IMAG rapport 2002-12.
- Mosquera, J., G.J. Monteny, J.W. Erisman. 2005. Overview and assessment of techniques to measure ammonia emissions from animal houses: the case of the Netherlands. Environmental Pollution 135, 381-388.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp, A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.
- Van Ouwkerk, E.N.J. (ed). 1993. Meetmethode NH<sub>3</sub>-emissies uit stallen, Werkgroep 'Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen'. Wageningen, DLO, Onderzoek inzake de mest en ammoniakproblematiek in de veehouderij nr. 16.
- Van Ouwkerk, E.N.J. 1999. ANIPRO. Klimaat- en energiesimulatiesoftware voor stallen. IMAG Nota V99-109.
- Weiss, N.A., 2000. Elementary statistics (4<sup>th</sup> edition). Addison-Wesley.



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl) | [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)